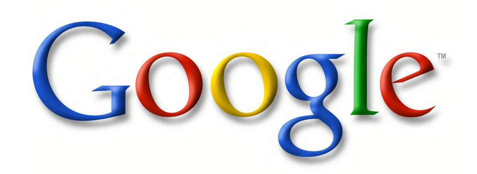
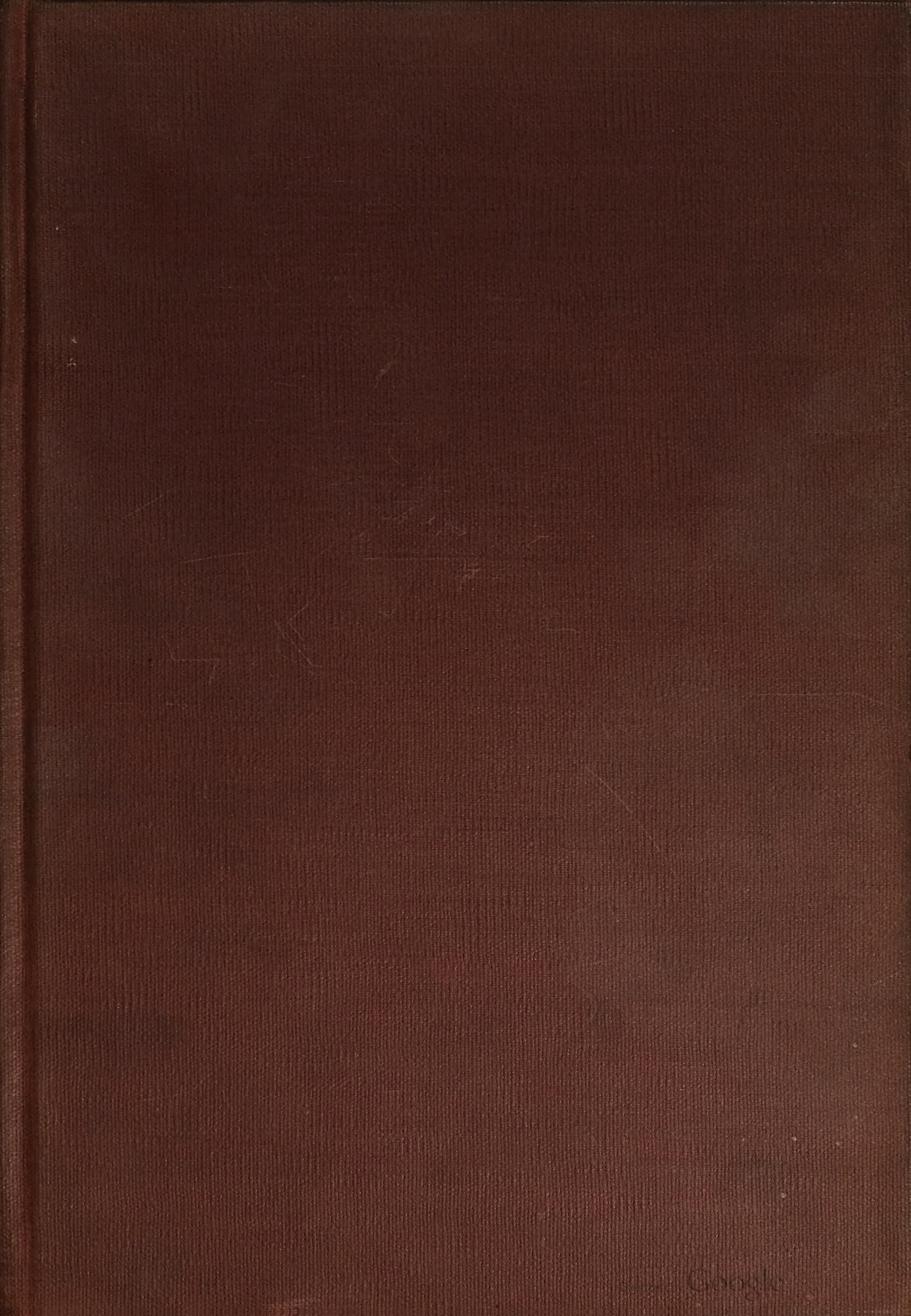
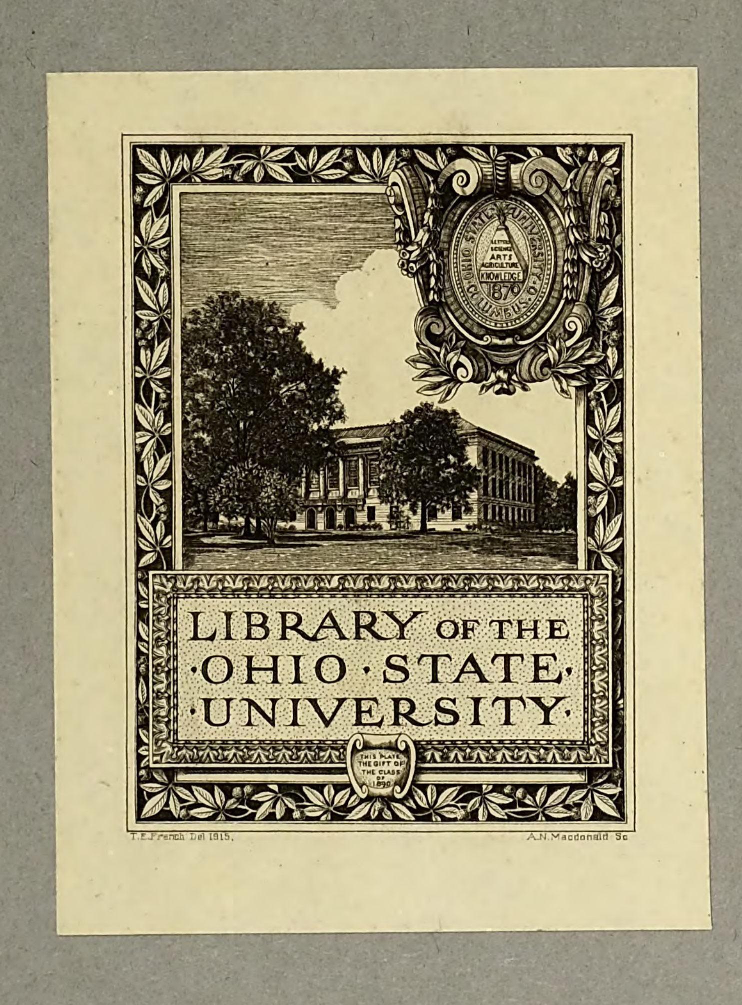
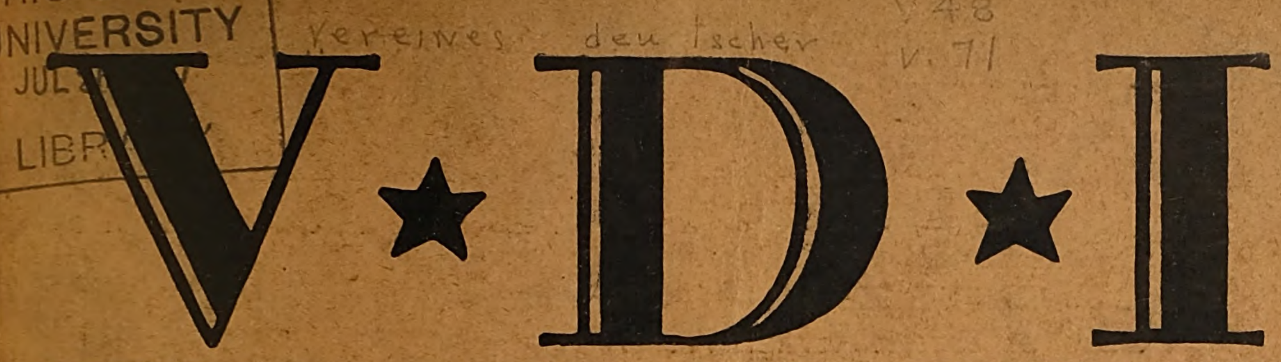





LIBRARY OF THE
·OHIO·STATE·
·UNIVERSITY·
T.E.French Del 1915.
A.N.Macdonald Sc



ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

Bd. 71 | Berlin, 2. Juli 1927 | Nr. 27

Literaturfahne nebst Bezugbedingungen, Anzeigenpreisen, Anschriften, Nachweis der im Anzeigenteil angekündigten Erzeugnisse und Beilagenverzeichnis unmittelbar vor Textbeginn

Vorankündigung von Aufsätzen siehe Anzeigenseite 47.

Namenverzeichnis

* = Abbildung im Text; A = Aufsatz; B = Buchbesprechung; Z = Zuschrift oder Berichtigung

Die Seitenzahlen des ersten Halbjahres sind in aufrechten Lettern, diejenigen des zweiten Halbjahres in schrägen Lettern — Kursiv — gedruckt.

Band I: Heft 1 bis 26 Seite 1 bis 940. Band II: Heft 27 bis 53 Seite 941 bis 1912.

Sachverzeichnis

* = Abbildung im Text; A = Aufsatz; B = Buchbesprechung; Z = Zuschrift oder Berichtigung.

Die Seitenzahlen des ersten Halbjahres sind in aufrechten Lettern, diejenigen des zweiten Halbjahres in schrägen Lettern — Kursiv — gedruckt.

Band I: Heft 1 bis 26 Seite 1 bis 940. Band II: Heft 27 bis 53 Seite 941 bis 1912.

Tafelverzeichnis

Textblattverzeichnis

Kunstblattverzeichnis

Fachhefte

Inhalt der im Jahre 1927 herausgegebenen

Mitteilungen über Forschungsarbeiten

auf dem Gebiete des Ingenieurwesens



VDI-Nachrichten

Aus dem Inhalt des Jahrganges 1927

In Anbetracht der großen Zahl der Beiträge und Mitteilungen in den VDI-Nachrichten kann nachstehend nur ein Teil der Beiträge nachgewiesen werden.

* bedeutet Abbildung im Text. W bedeutet Aufsatz in der Beilage „Wirtschaft".

Nr.

Graphische Darstellungen in der Beilage „Wirtschaft"

Fachbeilagen

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 71 SONNABEND, 2. JULI 1927 NR. 27

Feuerwehr-Drehleitern mit Kraftantrieb

Von Oberreg.-Rat Heinrichs, Berlin-Grünau

Die drei z. Zt. gebräuchlichen Feuerwehr-Drehleitern werden in ihrer neuesten Ausführung besprochen. Dabei werden besonders eingehend die selbsttätige Seiteneinstellung und die selbsttätige Kippsicherung behandelt.

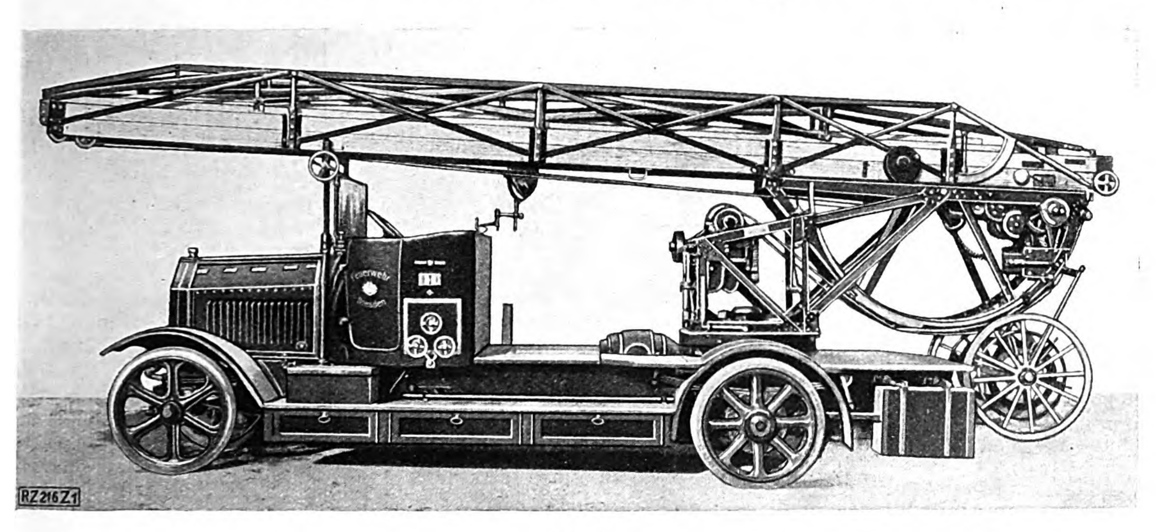


Abb. 1
Feuerwehr-Drehleiter mit Kraftantrieb, Bauart Kieslich

Allgemeines

Der Bau von Drehleitern ist bei der jetzigen Vervollkommnung dieser Geräte ein besonders schwieriges Sondergebiet geworden, das ausgiebige praktische Erfahrung erfordert und mit dem sich zur Zeit nur noch drei Firmen beschäftigen: Gebr. Kieslich in Patschkau (Schlesien), C. D. Magirus in Ulm und Carl Metz in Karlsruhe. Kieslich wählt den elektrischen Antrieb der Leiterbewegungen. Der in das Fahrgestell eingebaute Bezinmotor ist über ein ausschaltbares Vorgelege mit einer Dynamomaschine gekuppelt, und für die drei Leiterbewegungen (Aufrichten, Ausziehen und Drehen) ist je ein Elektromotor vorgesehen, der seine Energie von der Dynamomaschine erhält. Magirus und Metz arbeiten nach einem andern Grundsatz; sie treiben die Leiter vom Fahrgetriebe aus rein mechanisch über ein auf dem Drehgestell angeordnetes Wechselgetriebe an. Die neuesten Bauarten dieser drei Leitern sind in Abb. 1 bis 3 schaubildlich dargestellt.

Die Aufgaben, die die Drehleitern zu erfüllen haben, sind vielfache. Die Leitern sollen den Angriff gegen Brände in höheren Stockwerken oder die Rettung von Menschen aus höheren Stockwerken ermöglichen, wenn dies über das Treppenhaus nicht möglich ist. Sie müssen daher in ausgezogenem Zustand eine Länge haben, die der Höhe von Großstadthäusern mindestens gleichkommt. Sie müssen bei jeder Auszuglänge und bei den üblichen Neigungen sowohl an eine Mauer angelehnt als auch im Freistand einer vorgeschriebenen Belastung gewachsen sein, wobei auch die Belastungsstöße durch das Besteigen und durch den Gegendruck beim Spritzen, ferner Windkräfte und Verdrehungskräfte zu berücksichtigen sind, soweit dies möglich ist. Der Mindestraddruck, den das der Last abgewandte Rad bei den verschiedenen Neigungen, Belastungen und Auszuglängen noch haben muß, ist in dem Normenblatt FEN 105 festgelegt.

Es muß ferner die Möglichkeit gegeben sein, die Leiter in ihrer Ebene quer zu verschwenken, um sie entgegen der Geländeneigung senkrecht stellen zu können, und um sie auch — ein allerdings in der Praxis seltener Fall — auf ebenem Gelände aus der Senkrechten herausschwenken zu können, wenn man sie an das Gebäude seitlich anlehnen will. Die Leiter muß über den vollen Kreis gedreht werden können.

Wenn man die Leiter im Freistand benutzen muß, soll dies nur bei der steilsten Neigung, d. i. bei 75 bis 78° geschehen, und ferner ist zur Sicherung gegen seitlichen Wind die Leiter durch Halteleinen, die an der Spitze befestigt sind und seitlich gehalten werden, zu verspannen. Auch der Rückstoß, den ein Strahlrohr mit weiter Mündung und hohem Wasserdruck durch den ausströmenden Strahl erfährt, ist erheblich. Durch einen solchen an der Leiterspitze auftretenden Rückstoß tritt, wenn das Rohr nach rückwärts oder seitwärts gehalten wird, eine Zusatzbeanspruchung der Leiter ein, die in letzterem Falle besonders gefährlich ist.

In Berlin ist deshalb die Verwendung von Drehleitern im Freistand grundsätzlich verboten. Die Leiter muß aber stets nach dem Ausziehen noch etwa 10 bis 20 cm von der Anlagefläche entfernt bleiben, so daß sie erst durch die Belastung zum Anliegen kommt, und zwar mit beiden Holmen gleichmäßig. Ein Schlauch soll stets in der Mitte der Leitersprossen, zwei Schläuche sollen längs den Holmen verlegt werden, und die Leiter darf nur belastet werden:

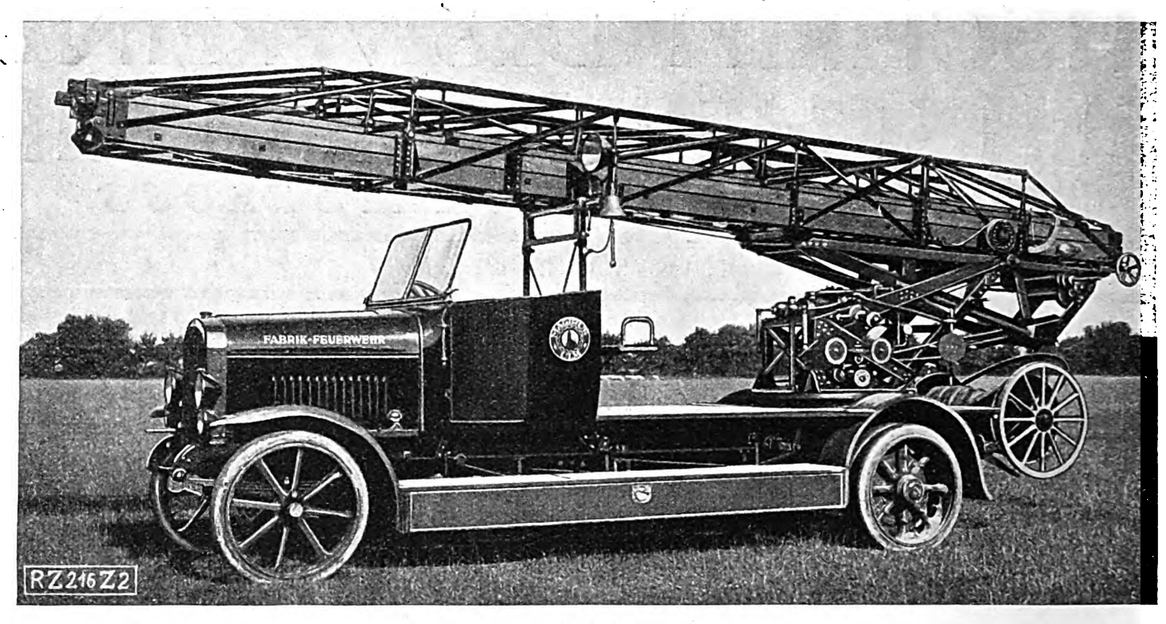


Abb. 2
Feuerwehr-Drehleiter mit Kraftantrieb, Bauart Magirus

im Freistand bei steilster Stellung und bei Windstille mit vier Mann (je ein Mann auf jedem Leiterteil) oder mit zusammen nur zwei Mann auf einem Leiterteil oder mit nur einem Mann und einem Strahlrohr bis 15 mm Mundstückweite; bei angelehnter Leiterspitze und dann selbsttätig sich einstellendem richtigem Verhältnis von Auszug und Neigung mit drei Mann (je ein Mann auf einem Leiterteil) oder mit zusammen nur zwei Mann auf einem Leiterteil oder mit zusammen zwei Mann auf verschiedenen Leiterteilen und einem Schlauch bis 75 mm Dmr. sowie einem Strahlrohr bis 18 mm Mundstückweite.

Das Fahrgestell

Die Konstruktion des Fahrgestells lehnt sich an die üblichen Lastwagen-Bauarten an, es ist nur zum Zweck einer günstigen Lagerung des Drehgestells der Leiter verhältnismäßig breit. Kräftige Unterzüge und Querversteifungen dienen zur Verstärkung und zur Sicherung gegen Verwinden des Rahmens beim Drehen und Ausziehen der Leiter. Der dem normalen Reihenbau entnommene Motor von etwa 70 PS Leistung erzeugt den Antrieb für das Fahrzeug und für die Betätigung der Leiter. Das Fahrgetriebe ist gegen das Leitergetriebe blockiert und umgekehrt. Über der Hinterachse ist der Drehkranz für das Leitertraggestell auf dem Wagenrahmen und den Querträgern angebracht.

Wenn man die Leiter benutzen will, muß die Federung der Hinterachse ausgeschaltet werden. Zu diesem Zweck sind selbsttätig wirkende Federabstellungen vorgesehen, die aber auch von Hand betätigt werden können.

Das Drehgestell und das Leitertraggestell

Das Drehgestell für die Leiter baut sich auf der Hinterachse zwischen dem Wagenrahmen und den eigens dazu eingebauten Querträgern auf. Die beiden Drehkränze bestehen aus Stahlguß. Die in ihnen angebrachten Kugellaufrillen nehmen die in einem Käfig geführten Gußstahlkugeln auf. Der obere Drehkranz ist mit Flanschen zum Anbau des Leitertraggestells versehen. Zu seiner Verankerung dienen bei Magirus Rollen, die zwecks Nachstellung auf exzentrischen Bolzen sitzen und auf der unteren Fläche der inneren Führungsschiene am unteren Drehkranz gleiten. Am Befestigungsflansch des unteren Drehkranzes ist innen eine Verzahnung angebracht, in die das Antriebritzel des Drehgetriebes eingreift.

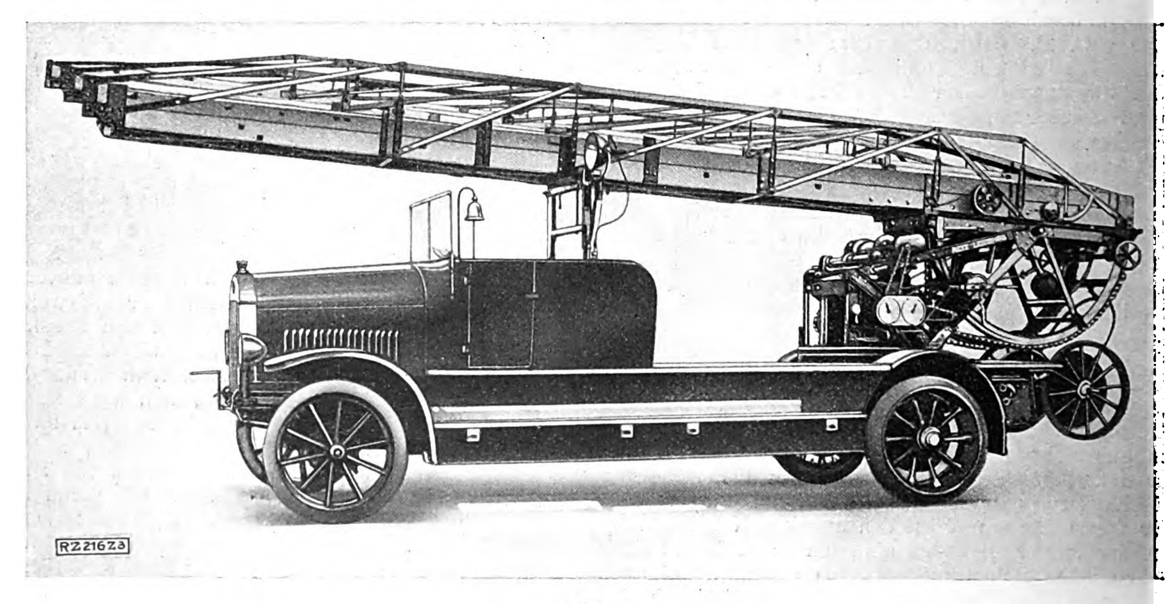


Abb. 3
Feuerwehr-Drehleiter, Bauart Metz

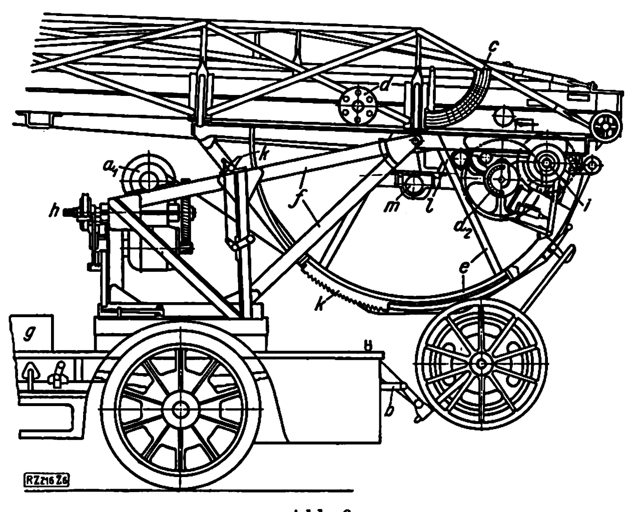


Abb. 6
Gesamtanordnung der Getriebe bei der Drehleiter von Kieslich

- a_1 Aufrichtgetriebe
- a_2 Auszuggetriebe
- b Wagenfederabstellung
- c Gradbogen für Neigungswinkel, Auszug und Ausladung
- d Halteleine
- e Aufrichtbogen
- f Leitertraggestell
- g Dynamomaschine
- h Handantrieb zum Aufrichten
- i „ „ Auszug
- k Zahnstangenfeststellung
- l, m Abhängigkeitsschalter

Bei Kieslich dienen für die Rundführung zwei wagerechte, den oberen Drehkranz von unten und oben abstützende Rollenkränze, deren Laufbahn allseitig abgeschlossen ist.

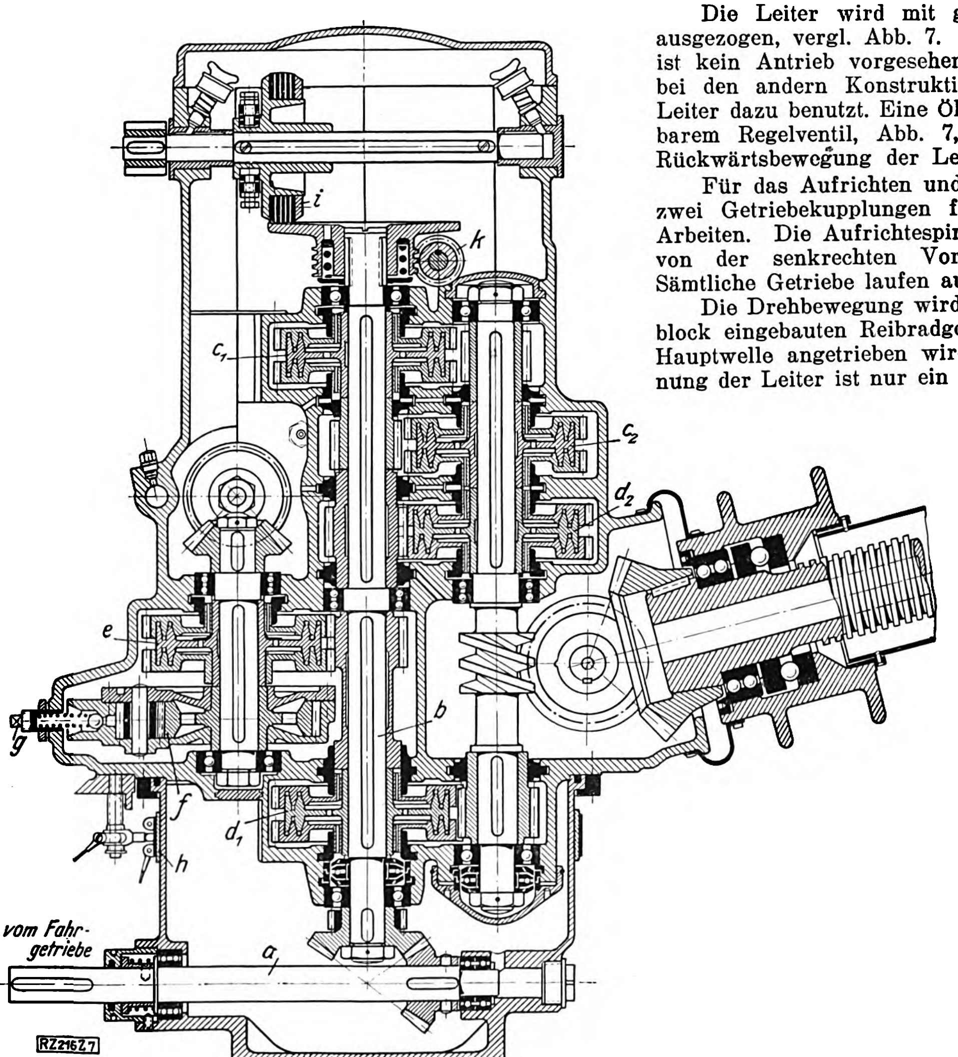


Abb. 7
Leitergetriebe (Magirus)

- a Welle vom Fahrgetriebe
- b Hauptwelle des Getriebeblocks
- c_1 Kupplung zum Neigen, schnell
- c_2 „ „ „ , langsam
- d_1 „ „ Aufrichten, schnell
- d_2 „ „ „ , langsam
- e „ „ Ausziehen
- f Öldruckbremse zum Einlassen
- g Einstellung des Ventils zum Regeln des Öldrucks
- h Schleifring zur Stromzuführung für die Seiteneinstellung
- i Reibradgetriebe zum Drehen
- k Getriebeschnecke zur maschinellen Seiteneinstellung

Der maschinelle Antrieb der Leiter und der Leitergetriebeblocks

Vom Zusatzgetriebe des Fahrgetriebes aus führt bei der Magirus- und der Metz-Leiter eine auf Kugellagern laufende und mit Gelenken versehene Welle zum Leitergetriebeblock. In diesem sind die Antriebvorrichtungen für sämtliche Leiterbewegungen zusammengefaßt. Der Getriebeblock ist in der Mitte des oberen Drehkranzes fest angebracht und in ein Gehäuse eingeschlossen. Der obere Teil des Getriebegehäuses ist gegen den unteren drehbar, Abb. 7. In den unteren Teil mündet die vom Fahrgetriebe kommende Antriebwelle ein, von der mittels eines Kegelräderpaares die senkrecht stehende Hauptwelle (Königswelle) des Getriebeblocks angetrieben wird, Abb. 7. Das untere Getriebegehäuse dient zugleich als Sammel- und Vorratbehälter für das Öl.

Als Kupplungselement werden von Magirus mittels Drucköl geschaltete Reibkupplungen besonderer Bauart verwendet, die den Vorteil leichter Schaltbarkeit haben. Zum Schalten wird Öldruck von 2,5 bis 3 at angewendet, der durch eine im unteren Teil des Getriebegehäuses angeordnete Zahnradpumpe erzeugt wird (vergl. Abb. 12). Die einzelnen Kupplungsteile sitzen in öldicht abgeschlossenen Kammern, in die durch Steuerhähne Öl unter Druck zu- oder abgeführt werden kann. Wird eine solche Kammer mit Drucköl gefüllt, so werden dadurch die mit Zahnkränzen versehenen Kupplungsscheiben mit ihren Keilrillen beiderseitig so lange in die Mitnehmerscheibe gepreßt, bis der Druck durch den Steuerhahn wieder abgelassen wird. Die Vorgelegewellen werden dadurch mit der Hauptantriebwelle gekuppelt. Es sind, wenn zunächst von der Seiteneinstellung völlig abgesehen wird, fünf solcher Kupplungsorgane mit Übersetzungsgetrieben im Leitergetriebeblock eingebaut.

Die Leiter wird mit gleichmäßiger Geschwindigkeit ausgezogen, vergl. Abb. 7. Für das Einlassen der Leiter ist kein Antrieb vorgesehen, sondern es wird, wie auch bei den andern Konstruktionen, das Eigengewicht der Leiter dazu benutzt. Eine Ölbremse mit von außen einstellbarem Regelventil, Abb. 7, verhindert eine zu schnelle Rückwärtsbewegung der Leiter.

Für das Aufrichten und Ablegen der Leiter dienen je zwei Getriebekupplungen für schnelles und langsames Arbeiten. Die Aufrichtespindel wird durch eine Schnecke von der senkrechten Vorgelegewelle aus angetrieben. Sämtliche Getriebe laufen auf Kugellagern und im Ölbade.

Die Drehbewegung wird mittels eines in den Getriebeblock eingebauten Reibradgetriebes, Abb. 7, das von der Hauptwelle angetrieben wird, hervorgerufen. Zur Bedienung der Leiter ist nur ein Mann nötig.

An dem Magirusschen Steuerbock, Abb. 4, sind die Hebel zum Ausziehen und Einlassen, zum Aufrichten und Neigen und zum Drehen der Leiter vereinigt.

Außer diesen Bedienungshebeln sind noch wie bei allen Leitern Handantriebe für das Aufrichten, Ausziehen und Drehen vorgesehen, die im Falle des Versagens der maschinellen Einrichtung eine Bedienung von Hand ermöglichen.

Der jeweilige Stand der aufgerichteten und ausgezogenen Leiter ist aus den Getriebeskalen ersichtlich, die sich auf den vor den Triebachsen des Aufrichte- und Auszuggetriebes unter Zwischenschaltung einer Übersetzung sitzenden Kreisscheiben befinden. Die beiden Steuerhähne, Abb. 4 und 11, regeln die Druckölzufuhr zu dem Aufrichte- und dem Auszuggetriebe. Außerdem kann die Neigung mit der zulässigen Auszuglänge noch an dem auch bei Metz und Kieslich vorgesehenen Gradbogen mit Lot am Fuße der Unterleiter, Abb. 4 bis 6, abgelesen werden. Ein am Bedienungsstand angebrachtes Manometer zeigt den Öldruck für die Getriebekupplungen an. Zur Vergaserregelung am Bedienungsstand ist ein leicht zugänglicher Stellhebel am hinteren Wagenrahmenende angebracht.

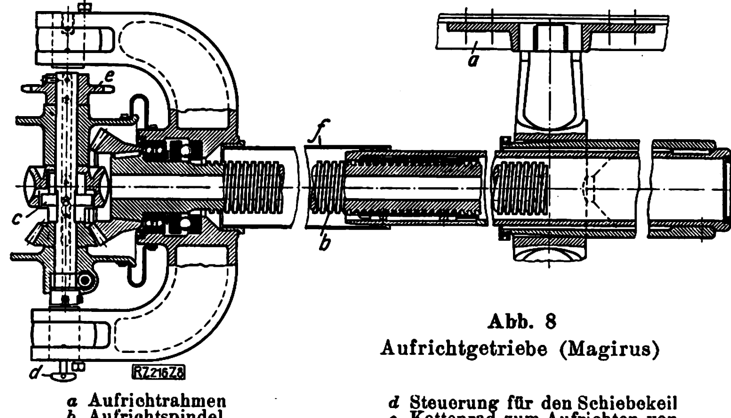


Abb. 8
Aufrichtgetriebe (Magirus)

a Aufrichtrahmen
b Aufrichtspindel
c Schiebekeil zur Ausschaltung des Getriebes beim Aufrichten von Hand
d Steuerung für den Schiebekeil
e Kettenrad zum Aufrichten von Hand
f Schutzrohr

Der Metzsche Getriebekasten enthält zum Unterschied von Magirus sämtliche Getriebe (also auch das Auszuggetriebe), so daß die Handantriebe aller drei Leiterbewegungen dicht beieinander sind. Die durch Öldruck betätigten Kupplungen sind als Lamellenkupplungen ausgebildet. Für das Aufrichten, Neigen und Ausziehen können je zwei Geschwindigkeiten geschaltet werden, das Drehen erfolgt im Rechts- und Linksgang mit veränderlicher Geschwindigkeit. Der Steuerbock, Abb. 5, die kreisförmigen Getriebeskalen und die übrigen Bedienungseinrichtungen entsprechen im wesentlichen denen der Magirus-Leiter.

Bei der Kieslichschen Leiter, Abb. 1, sind die für die Leitergetriebe erforderlichen Anlaßapparate unter dem Führersitz angeordnet. Sie werden durch die drei an der Außenseite des Führersitzes angebrachten Handräder betätigt. Jede Leiterbewegung kann in vier verschiedenen Geschwindigkeiten ausgeführt werden, die durch eine an jedem Handrad angebrachte Skala gekennzeichnet sind. Es ergibt sich aus dem elektrischen Antrieb mit seinem leichten Abstufen der Geschwindigkeiten, seiner einfachen Änderung des Drehsinns und seiner einfachen Schaltung der Bremssteuerung, daß die Getriebe bei der Kieslich-Leiter verhältnismäßig einfach sind.

Damit man die Leiter genau steuern und ein Nachlaufen der Motoren verhindern kann, erhalten sämtliche Vorgelege Innenbackenbremsen, die selbsttätig durch Federung und Bremslüftmagnete so betätigt werden, daß die Bremse angezogen wird, wenn die Leitungen und der Magnet stromlos werden. In die drei Stromkreise sind Höchststromauslöser eingebaut, die den Motor sofort ausschalten, wenn dessen Leistung eine bestimmte einstellbare Grenze überschreitet, so daß also die Bewegungen der Leiter sofort stillgesetzt werden, wenn sich dieser ein äußeres Hindernis entgegenstellt. Durch Zurückdrehen des Anlassers in die Nullstellung wird der Auslöser wieder eingeschaltet und die Zuleitung geschlossen. Die Bremse springt bei allen drei Getrieben nur ein, wenn der Schalthebel auf „Motorbetrieb" steht, und diese Stellung muß er gewöhnlich haben, so daß er nur bei Handbetrieb umgeschaltet wird.

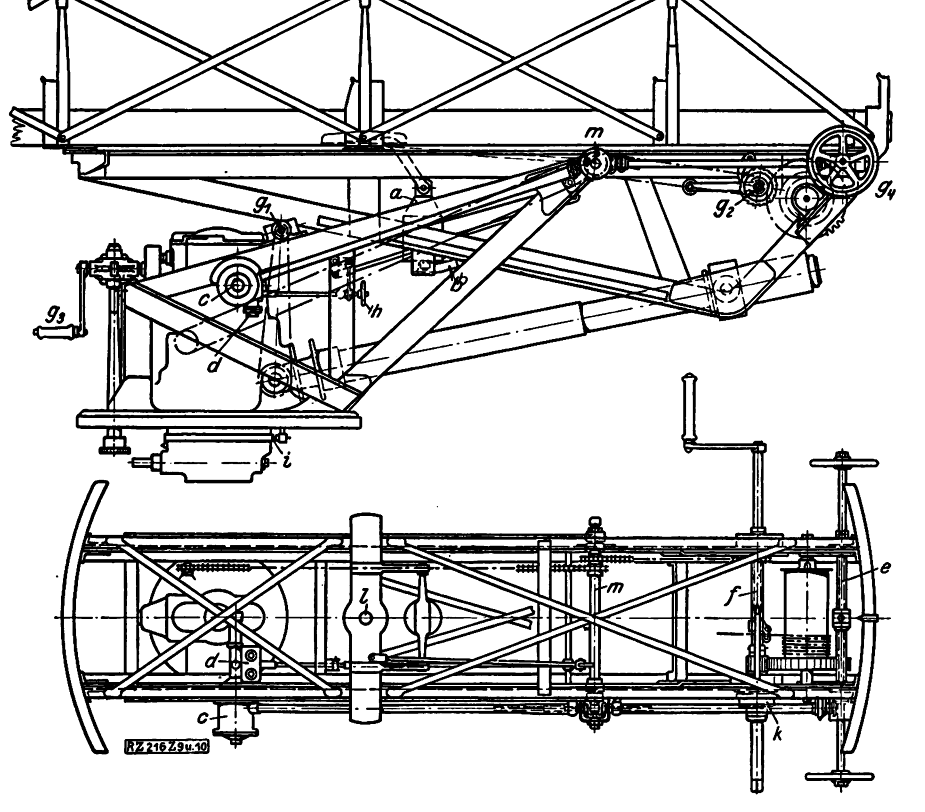


Abb. 9 und 10
Auszug und maschinelle Seiteneinstellung (Magirus)

a Lotgehäuse zur selbsttätigen Steuerung der Seiteneinstellung
b Rückführung
c Getriebe zur maschinellen Seiteneinstellung
d Elektromagnet dafür
e Spindel zur Seiteneinstellung
f „ „ Seilführung
g_1 Handantrieb zum Aufrichten
g_2 „ „ Auszug
g_3 „ „ Drehen
g_4 „ zur Seiteneinstellung
h Handsteuerung zur maschinellen Seiteneinstellung
i Schleifkontakt
k Lamellenbremse
l Drehachse der Leiter
m Kippachse „ „

a_1 Nockenscheibe zum Umschalten des Aufrichtgetriebes auf langsamen Gang bei 70° und Endstellung
a_2 Nockenscheibe zum Umschalten des Neigegetriebes bei 70° und Endstellung
b_1, b_2, d_1, d_2 Gestänge zum Umschalten von Aufricht- und Neigegetriebe bei 70° oder 5° und Endstellung
c_1 Steuerstange zum Aufrichten
c_2 " " Auszug
c_3 " " Drehen
e_1 Steuerhahn für das Aufrichtgetriebe
e_2 " " " Auszuggetriebe

Schnitt *A—B*

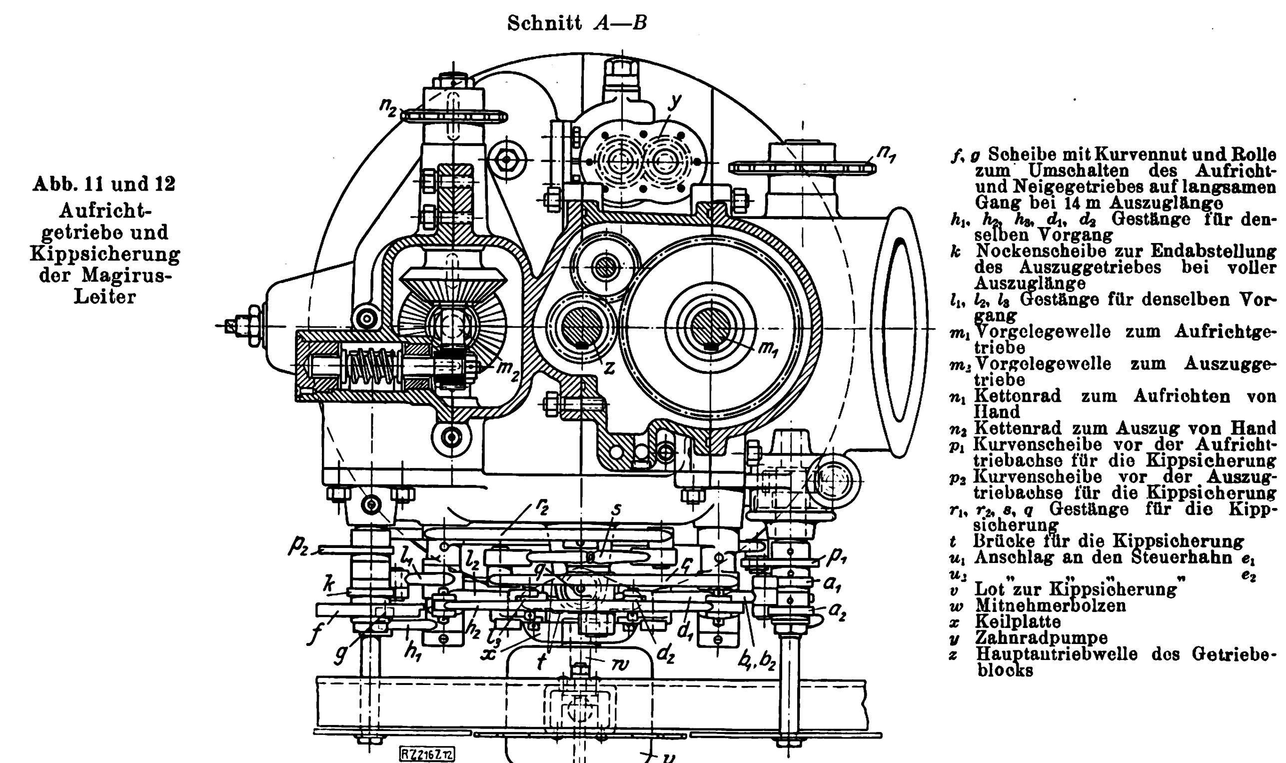


Abb. 11 und 12 Aufrichtgetriebe und Kippsicherung der Magirus-Leiter

f, g Scheibe mit Kurvennut und Rolle zum Umschalten des Aufricht- und Neigegetriebes auf langsamen Gang bei 14 m Auszuglänge
h_1, h_2, h_3, d_1, d_2 Gestänge für denselben Vorgang
k Nockenscheibe zur Endabstellung des Auszuggetriebes bei voller Auszuglänge
l_1, l_2, l_3 Gestänge für denselben Vorgang
m_1 Vorgelegewelle zum Aufrichtgetriebe
m_2 Vorgelegewelle zum Auszuggetriebe
n_1 Kettenrad zum Aufrichten von Hand
n_2 Kettenrad zum Auszug von Hand
p_1 Kurvenscheibe vor der Aufrichttriebachse für die Kippsicherung
p_2 Kurvenscheibe vor der Auszugtriebachse für die Kippsicherung
r_1, r_2, s, q Gestänge für die Kippsicherung
t Brücke für die Kippsicherung
u_1 Anschlag an den Steuerhahn e_1
u_2 " " " " e_2
v Lot zur Kippsicherung
w Mitnehmerbolzen
x Keilplatte
y Zahnradpumpe
z Hauptantriebwelle des Getriebeblocks

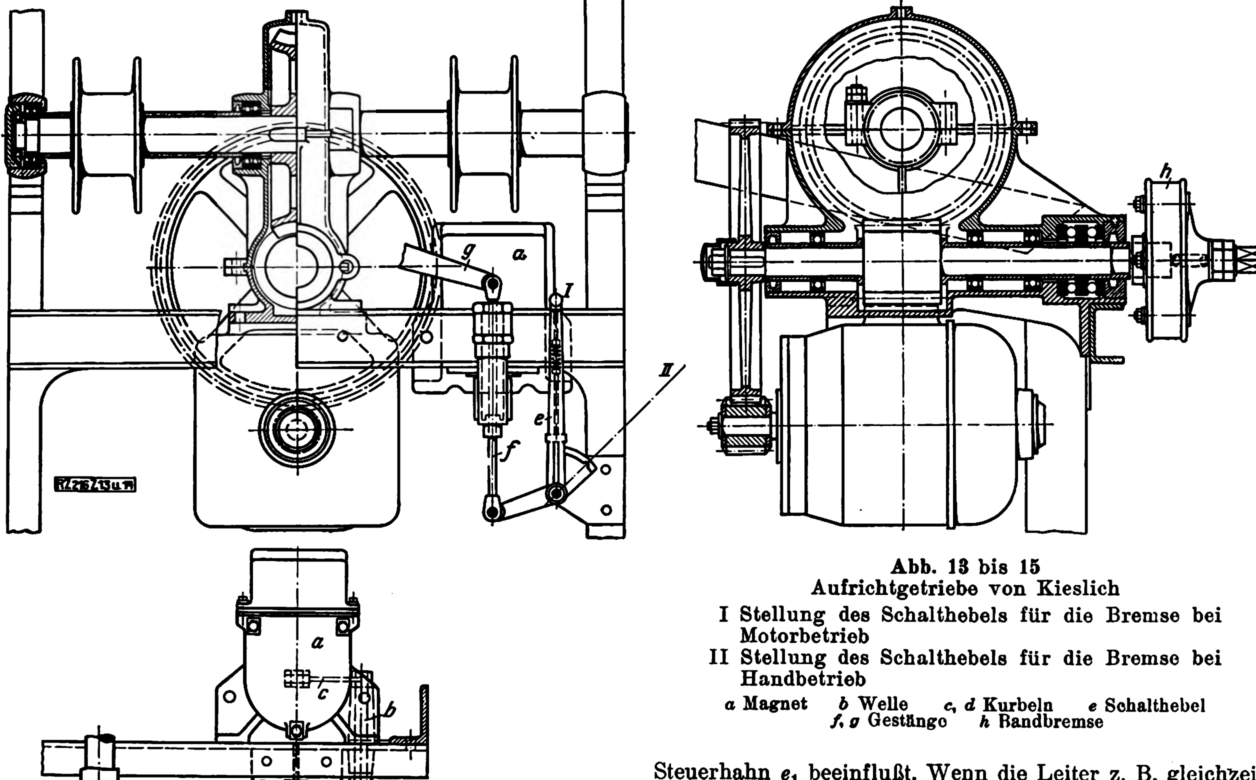


Abb. 13 bis 15
Aufrichtgetriebe von Kieslich
I Stellung des Schalthebels für die Bremse bei Motorbetrieb
II Stellung des Schalthebels für die Bremse bei Handbetrieb
a Magnet *b* Welle *c*, *d* Kurbeln *e* Schalthebel *f*, *g* Gestänge *h* Bandbremse

Bei abgelegter Leiter sind Auszug und Drehbewegung gesperrt, so daß vor Einleitung einer dieser beiden Bewegungen die Leiter erst aus dem Stützbock herausgehoben sein muß.

Das Aufrichtgetriebe

Im Leitertraggestell ist der Aufrichtrahmen mit der Leiter um eine wagerechte Achse drehbar gelagert. Bei Magirus dient als Aufrichtorgan eine kräftige Spindel, die mit dem oberen Drehkranz gelenkig verbunden ist und durch ein Winkelräderpaar von einer Vorgelegewelle des Getriebeblocks aus angetrieben wird. Nach Einschaltung eines Schiebekeils, Abb. 8, des Schneckenrades zum Spindelantrieb kann das Aufrichtgetriebe von Hand mittels Kurbel betrieben werden, vergl. g_1 Abb. 9 und 10. Die Mutter der Aufrichtspindel ist im Aufrichtrahmen doppelseitig gelagert, und zwar derart, daß der die Spindelmutter tragende Teil mit seinen Zapfen bei niedergelegter Leiter in zur Spindelachse gleichgerichteten Schlitzen ruht. Dieses Spiel, das bei abgelegter Leiter zwecks Fernhaltung von Stößen auf die Spindel während der Fahrt unbedingt erforderlich ist, wird beim Aufrichten der Leiter durch eine Sperrvorrichtung sofort blockiert, so daß die Leiter beim Aufrichten und Ablegen sicher und unnachgiebig geführt ist.

Außerdem wird stets selbsttätig für die letzten 5° der Aufricht- und Neigbewegung, also für das Aufrichten bei 70° und für das Neigen bei 5°, der schnelle Gang in den langsamen umgeschaltet. Das geschieht, Abb. 11 und 12, durch die beiden vor der Triebachse für das Aufrichten sitzenden Nockenscheiben a_1, a_2, die durch das Hebelgestänge b_1, b_2, d_1, d_2 den Steuerhahn e_1 auf den langsamen Gang umschalten und schließlich auch die Endabstellung veranlassen.

Um bei einer Leiterauszuglänge von mehr als etwa 14 m das Aufrichten oder Neigen der Leiter nur mit dem langsamen Gang zuzulassen, was für ein sicheres Manövrieren zweckmäßig erscheint, ist auf der Triebachse für den Auszug noch die Scheibe *f* angeordnet, die durch die Rolle *g* und das Hebelgestänge h_1, h_2, h_3, d_1, d_2 den Steuerhahn e_1 beeinflußt. Wenn die Leiter z. B. gleichzeitig ausgezogen und mit dem schnellen Gang aufgerichtet wird, wie es der Zeitersparnis wegen oft geschieht, so wird mit Erreichung einer bestimmten Auszuglänge, also etwa bei 14 m Auszug, die Rolle *g* in die mit der Scheibe *f* um den gleichen Mittelpunkt liegende Nut gelangen. Dabei wird durch das bezeichnete Hebelgestänge der Steuerhahn e_2 so verdreht, daß auf den langsamen Gang umgeschaltet wird. Die Endabstellung geschieht dann in der oben bereits geschilderten Weise. Soll umgekehrt die Leiter geneigt werden, so läßt sich dies während des Gleitens der Rolle *g* in der Kurvennut der Scheibe *f* nur mit niedriger Geschwindigkeit ausführen, da der Hebel h_3 an seinem oberen Ende nur bis zum Ende des in h_2 vorgesehenen Schlitzes schwingen kann, wobei die kurze Schwingung der Hahnverstellung von null auf den langsamen Gang entspricht. Verläßt aber die Rolle die Kreisnut, d. h. ist das Einschieben der Leiter bis zu einem bestimmten Punkt (14 m) vorgeschritten, so kann man den Hahn e_1 ohne Behinderung in die dem schnellen Gang entsprechende Lage drehen, und die letzte Stufe des Neigens geht mit erhöhter Geschwindigkeit vor sich. Die in Abb. 11 angegebene Stellung wird von der Scheibe *f* also bei abgelegter Leiter eingenommen. Die Scheibe bleibt bei der Aufrichtbewegung stehen und wird nur infolge der Auszugbewegung im Sinne des Uhrzeigers gedreht. Die Rolle *g* ist, wenn sie nicht in der Kreisnut geführt wird, frei und ohne Anlage an die innere Kurve der Scheibe *f*.

Metz und Kieslich verwenden statt der einen Spindel die beiden altbewährten Aufrichtbogen, bei denen also der Hebelarm der aufrichtenden Kraft verhältnismäßig groß und stets derselbe ist. Während Kieslich aber die beiden Stahldrahtgurte nur an einem Ende mit dem Aufrichtbogen fest verbindet, Abb. 6, sind die in Antriebritzel eingreifenden Gallschen Ketten der Metzschen Konstruktion an beiden Enden des Aufrichtbogens angeschlossen, so daß hier ein etwaiges Aufbäumen der Leiter durch Wind oder durch Gegendruck des Wasserschlauches ebenso wie bei Magirus mit Sicherheit vermieden ist. Das Metzsche Aufrichtgetriebe hat im übrigen den üblichen Schneckenantrieb. Kurz vor Erreichen der Endneigung von 78°, und zwar bei 75°, und ebenso kurz vor Beendigung des Ablegens schaltet sich auch hier das Getriebe selbsttätig auf den langsamen Gang um. Hierzu dient eine Scheibe, die mit dem Aufrichtgetriebe durch Kettenübertragung mitläuft und im gegebenen Augenblick den Steuerhahn zwangläufig schaltet.

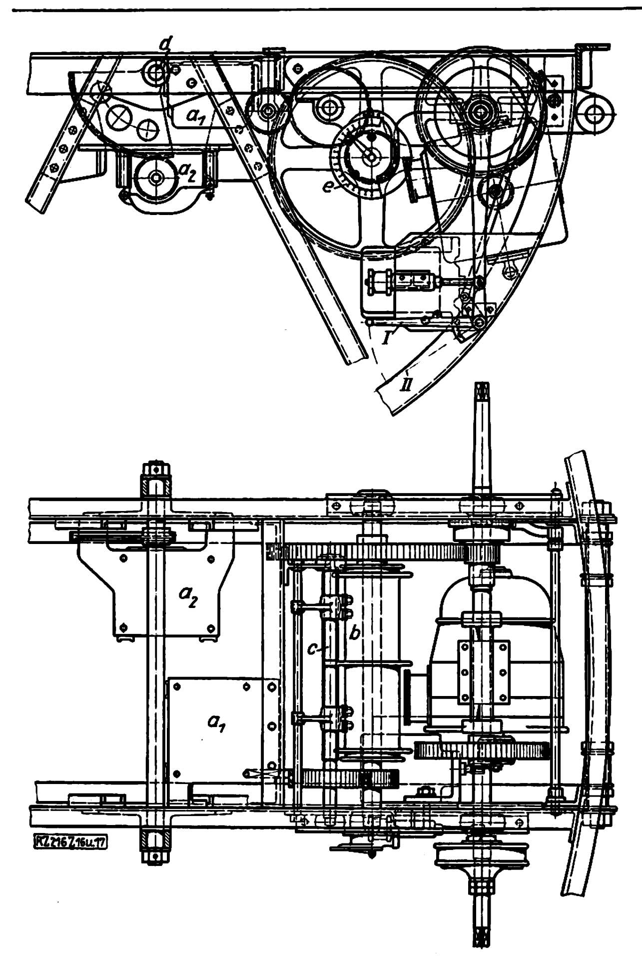


Abb. 16 und 17
Auszuggetriebe Kieslich

a_1, a_2 Abhängigkeitsschalter
b Seilführungsrollen
c Seilführungsspindel
d Aufrichtwelle
e Kreisteilung zum Anzeigen der jeweiligen Auszuglänge
I Stellung des Schalthebels der Bremse bei Motorbetrieb
II Stellung des Schalthebels der Bremse bei Handbetrieb

Das Kieslichsche Aufrichtegetriebe nach Abb. 13 bis 15 bedarf keiner näheren Erläuterung. Man erkennt den selbstsperrenden Schneckenantrieb, seine Betätigung durch den Motor oder von Hand und die elektrisch betätigte Bremsanordnung mit Magnet *a*, Welle *b* mit Kurbeln *c* und *d*, Schalthebel *e*, Gestänge *f*, *g*, Bremse *h*. Für den Handantrieb hat das Getriebe eine Reibungsbremse mit Selbsthemmung. Das Getriebe wird bei 78° Neigung selbsttätig ausgeschaltet. Zur Entlastung der Gurte bei aufgerichteter Leiter dient je eine an jedem Aufrichtbogen angeordnete Zahnstange, die in eine Klinke am Leitertraggestell eingreift, vergl. Abb. 6.

Das Auszuggetriebe

Das Auszuggetriebe ist bei Magirus im Aufrichtrahmen eingebaut, Abb. 9 und 10, wo es gleichzeitig einen Teil des Gewichtes des langen Leiterarms ausgleicht. Es wird vom Getriebeblock aus mittels Kettenräder und Gallscher Gelenkketten angetrieben. Da das Auszuggetriebe mit dem Aufrichtrahmen und der Leiter die Aufrichtbewegung mitmacht, ist der Antrieb des Auszuggetriebes über die Drehachse des Aufrichtrahmens geleitet. Mit einer von der Antriebkette getriebenen Vorgelegewelle ist die Seiltrommel zum Leiterauszug verbunden. Das auf die Vorgelegewelle aufgeschnittene Gewinde dient als Fördergewinde für die Seilführung. Sämtliche Lager sind als Kugellager ausgebildet. Die Vorgelegewelle dient auch zugleich zum Handantrieb des Getriebes für den Leiterauszug, der durch zwei Handkurbeln betätigt werden kann. Eine eingebaute Lamellenbremse regelt in diesem Fall die Einziehgeschwindigkeit. Die Leiter wird mittels Stahldrahtseilen, die in die einzelnen Leitern flaschenzugartig eingebaut sind, ausgezogen oder eingelassen. Zur Endabstellung bei Erreichung der vollen Auszuglänge dient wieder eine Nockenscheibe *k*, die durch das Hebelgestänge l_1, l_2, l_3 auf den Steuerhahn e_2 einwirkt, Abb. 11 und 12.

Metz ordnet die Auszugwinde, wie schon gesagt, grundsätzlich in dem Getriebeblock auf dem Drehgestell an. Sie ist ebenfalls mit Schneckenantrieb versehen, und die Energie wird aus dem Getriebekasten unmittelbar ohne Kette übertragen. Der Steuerhahn des Auszuggetriebes wird derart beeinflußt, daß die Leiter wegen der Rückhaltebügel nicht früher als bei einer Neigung der Leiter von 15° ausgezogen werden kann und daß auch bei beendetem Auszug das Getriebe selbsttätig abgestellt wird, nachdem kurz zuvor (etwa 1 m vor der Endlage) der schnelle Gang selbsttätig auf den langsamen umgeschaltet worden ist. Das einfache, unter der Sprossenmitte verlaufende Seil aus verzinktem Stahldraht ist über die Drehachse am Kopf des Leitertraggestells geführt und verläuft (bei der vierteiligen Leiter dreiteilig) von da über die Rolle am Kopf der unteren Leiter zum Fuß der nächsten Leiter. Das nächste Seil ist am Kopf der unteren Leiter befestigt und über die Rolle am Kopf der zweiten Leiter zum Fuß der dritten Leiter geführt und so fort.

Kieslich baut das Auszuggetriebe wie Magirus in den Aufrichtrahmen ein. Es ist in Abb. 16 und 17 dargestellt. Die für den Handbetrieb wieder vorgesehene selbsthemmende Reibbremse wird beim Umlegen des Schalthebels vom maschinellen zum Handbetrieb zwangläufig eingeschaltet. Der Zeiger an der Kreisteilung, Abb. 16, zeigt die jeweilige Länge der ausgezogenen Leiter an. Beim Erreichen der Endlage wird das Getriebe wieder selbsttätig abgestellt. Zum Ausziehen dienen Drahtseile, die doppelt, d. h. neben jedem der beiden Leiterholme unter den Sprossen geführt sind, anstatt unter der Sprossenmitte wie bei den anderen Konstruktionen. Es wird also für jeden Leiterteil nur ein Seil verwandt, dieses aber doppelt herumgeführt. Die beiden Enden des untersten Auszugseils sind dabei auf der gemeinsamen Seiltrommel festgelegt. [B 216] (Schluß folgt.)

Salzgehaltprüfung bei britischen Wasserrohr-Schiffskesseln

Die britische Firma Crockatt hat ihre elektrischen Salzgehaltmesser, die auf Schiffen der britischen Kriegsmarine und auf Handelschiffen mit Wasserrohrkesseln benutzt werden, neuerdings durch einen Ausgleichteil verbessert, so daß innerhalb des normalen Temperaturbereiches der Salzgehalt unmittelbar abgelesen werden kann und die Ablesung nicht wie bisher nach einer Eichtafel oder dergl. berichtigt zu werden braucht. Die Wirkung des Gerätes beruht darauf, daß die Leitfähigkeit des Wassers für den elektrischen Strom mit steigendem Salzgehalt zunimmt. Die normalen Geräte haben einen Ablesungsbereich von 0 bis 70 g Salzgehalt auf 1 m³ Wasser. Für besonders empfindliche Kessel, vor allem für Kessel mit ungewöhnlich hohem Druck, werden Salzgehaltmesser mit zehnfacher Empfindlichkeit benutzt.

Bei derartigen Kesselanlagen überwacht man neuerdings nicht nur den Salzgehalt des Kesselwassers, sondern auch den des Speisewassers. Da Salz und andre Unreinigkeiten nur mit dem Speisewasser in die Kessel gelangen können, wird eine Verunreinigung auf diese Weise viel schneller festgestellt, als wenn erst das ganze Kesselwasser mit Salz angereichert wird. Außer der Anzeigeskala, die an jedem beliebigen Platz im Kessel- oder Maschinenraum angebracht werden kann, sind Warnungslampen vorgesehen, die schon bei geringem Salzgehalt aufleuchten, und Warnungsklingeln, die bei höherem Salzgehalt in Tätigkeit treten. Daß man dem Vorbeugen einer Versalzung von Hochdruck-Kesselanlagen in Großbritannien höchste Bedeutung beimißt, geht auch daraus hervor, daß die zu solchen Anlagen gehörigen Kondensatoren geteilt werden, und daß man das aus jedem Kondensator zurückgeführte Speisewasser für sich auf den Salzgehalt prüfen kann. Diese Anordnung ermöglicht, den Teil des Kondensators, der Undichtigkeiten zeigt, sofort abzuschalten und dadurch ohne Störung des Betriebes ein Verschmutzen der Kesselanlage zu verhindern. („Fairplay" 5. Mai 1927 S. 233) [N 549] C.

Festigkeit halbkreisförmiger Platten und Dampfturbinen-Leiträder

Von Dr. sc. techn. Huggenberger, Zürich[1])

Nach einem Hinweis auf die mathematische Lösungsmöglichkeit der Festigkeitsaufgaben halbkreisförmiger Platten werden die eingehend ausgeführten Versuche zur Bestimmung der verformten Mittelfläche und des Auflagedruckes kurz beschrieben. Die an der Hand von Versuchsergebnissen ausgearbeiteten praktischen Verfahren zur Ermittlung der größten Durchbiegung halbkreisförmiger Platten und Leiträder werden angedeutet.

Die Leiträder von Dampfturbinen werden im allgemeinen nicht aus einem Stück ausgeführt. Formeln für die genaue Form der durchgebogenen Mittelfläche, die größte Durchbiegung und die größte Spannung sind selbst für die halbkreisförmige Platte gleichbleibender Dicke nicht bekannt. Ein Bild über die Formänderung und Verteilung der Spannungen kann nur die Lösung der partiellen Plattendifferentialgleichung vierter Ordnung mit Berücksichtigung der Randbedingungen geben. Da dieses Rechenverfahren schwierig ist, wurde versucht, die Aufgabe nach dem Verfahren von Ritz näherungsweise zu lösen, dabei wurde ebenfalls kein zufriedenstellendes Ergebnis erreicht. Hiernach wurden für die Ausarbeitung eines praktisch brauchbaren Rechenverfahrens eingehende Versuche mit kreisförmigen und halbkreisförmigen Platten stets gleicher und veränderlicher Dicke, mit und ohne Nabenloch, sowie mit kreisförmigen und halbkreisförmigen Leiträdern ausgeführt.

Verformung der Plattenmittelfläche

Zur Feststellung der verformten Mittelfläche der Platte und des Leitrades diente die in Abb. 1 und 2 dargestellte Einrichtung. Um den Fall der freiaufliegenden Platte möglichst restlos zu verwirklichen, ruht die Platte *a*, Abb. 2, mit ihrer unteren Randfläche auf einem Gummiring mit 10×10 mm² Querschnitt, der seinerseits auf einem zweiten Gummiring *g* von 40×40 mm² liegt. Die Platte wird gegen den Deckelrand *e* durch einen auf der Plattenseite leicht abgerundeten 8×8 mm²-Eisenring *j* abgestützt, so daß die Platte längs einer kreisförmigen Linie aufliegt. Das durch den Druckraum fließende Wasser wird mit Hilfe eines Regelhahns auf den gewünschten Druck abgedrosselt. Pressungen bis zu 0,15 at wurden mit Hilfe einer Wassersäule, höhere Drücke mit einer Quecksilbersäule gemessen, wobei das Gewicht der Platten und Taststäbe berücksichtigt wurde. Mit Hilfe der Taststäbe wurden die sich in 104 Meßstellen, Abb. 3, einstellenden Auslenkungen nach der Deckelaußenseite übertragen und mittels eines Mikrometers von dem feststehenden Tische *d*, Abb. 2, auf $^1/_{100}$ mm genau gemessen. Die bei der kreisförmigen Platte ermittelten Auslenkungen ζ stimmten gut mit den aus den bekannten Gleichungen berechneten Werten überein.

[1]) Auszug aus Heft 280 der Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, herausgegeben vom Verein deutscher Ingenieure.

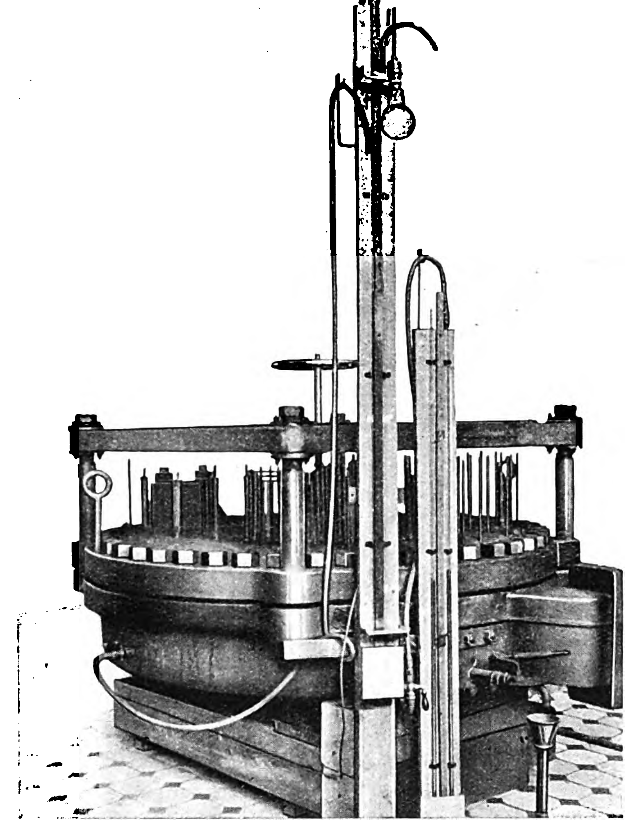


Abb. 1
Versuchseinrichtung zur Messung der Durchbiegungen

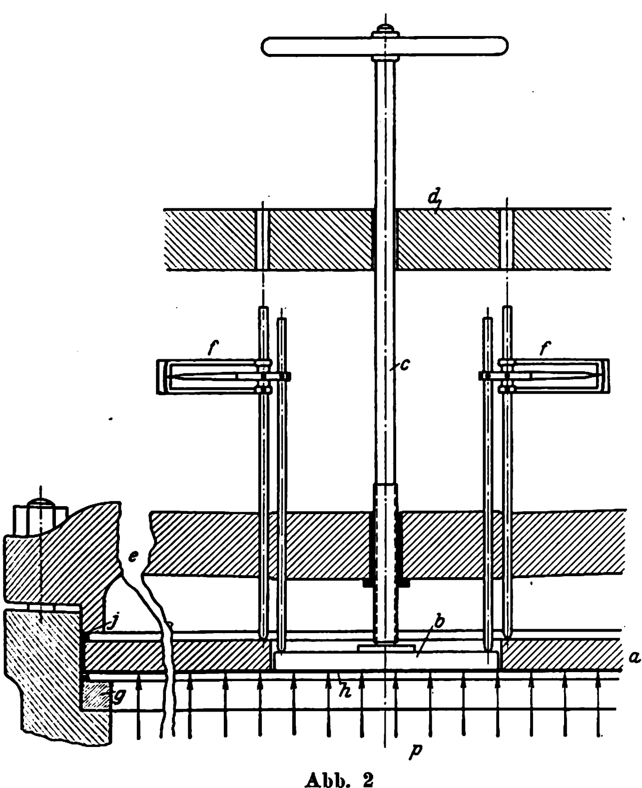
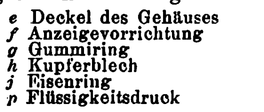


Abb. 2
Einrichtung zur Untersuchung halbkreisförmiger Platten

a frei aufliegende durchlochte Platte
b Druckplatte
c Druckspindel mit Handrad
d Meßtisch



e Deckel des Gehäuses
f Anzeigevorrichtung
g Gummiring
h Kupferblech
j Eisenring
p Flüssigkeitsdruck

Bei der kreisförmigen Platte mit Nabenloch, der halbkreisförmigen Platte und bei Leiträdern schließt ein 0,5 mm dickes Kupferblech *h*, Abb. 2, den Druckraum ab. Die gemessenen Verschiebungen ζ normal zur Mittelfläche sind als Beispiele in Abb. 4 bis 9 für die halbkreisförmige Eisenplatte gleichbleibender Dicke mit Nabenloch wiedergegeben.

Bemerkenswert ist der für halbkreisförmige Platten kennzeichnende lineare Verlauf der Schnittlinien, in denen die verformte Mittelfläche durch Ebenen senkrecht zum freien Durchmesser geschnitten wird. Die verformte Mittelfläche kann somit praktisch als Regelfläche angesehen werden, deren Erzeugungsgerade stets parallel zum Halbmesser $\varphi = \frac{\pi}{2}$ ist, Abb. 3, und die ebene halbkreisförmige Randlinie sowie den verformten freien Durchmesser als Leitkurven hat. Bei der halbkreisförmigen Platte mit dem Nabenlochhalbmesser b tritt die größte Durchbiegung in den Eckpunkten $r = b$, $\varphi = 0$ und

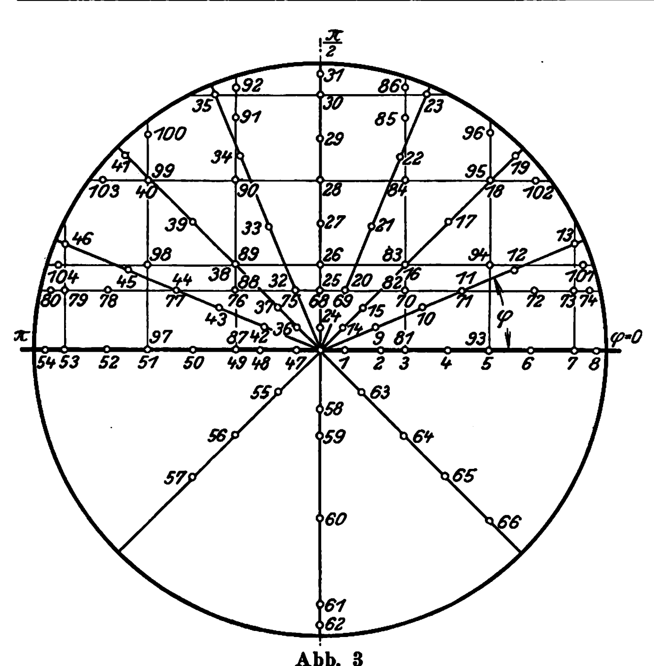


Abb. 3
Verteilplan der Meßstellen nach Polarkoordinaten (r, φ) und rechtwinkligen Koordinaten (x, y)

π auf, während sich die größte Spannung im Punkte $r = b$, $\varphi = \frac{\pi}{2}$ einstellt. Die Versuchergebnisse lehren, daß durch Halbieren der vollen Platte die größte Durchbiegung etwa auf den 2½fachen und die größte Spannung auf den rd. 1⅓fachen Wert ansteigt. Halbiert man hingegen eine gelochte, kreisförmige Platte, so wächst die größte Durchbiegung auf den doppelten Betrag, während die größte Spannung annähernd gleich bleibt.

Verlauf des Auflagedruckes

Durch eine Reihe schwieriger und zeitraubender Versuche gelang es, die wirkliche Verteilung des Auflagedruckes zu bestimmen. Abb. 10 stellt einen Schnitt durch die Versuchseinrichtung dar. Der halbkreisförmige Rand der Platte a wird in Abständen von je 96 mm durch zweckmäßig ausgebildete Bolzen f gestützt.

Die Feinmeßgeräte k, an denen man $^1/_{1000}$ mm ablesen und $^1/_{10\,000}$ mm schätzen kann, werden in drei aufeinanderfolgenden Stützpunkten aufgestellt, so daß die Nase des Tasthebels den polierten Rand der Plattenoberfläche senkrecht über dem Bolzen f berührt. Nachdem die Zeigerstellung vermerkt ist, wird der mittlere Stützbolzen durch die Wage g, h, o, p angehoben, so daß das gabelförmige Unterlagblech u, das zwischen dem Bunde des Bolzens und dem Rande des Deckels e liegt, entfernt werden kann. Der Auflagedruck ruht nun auf der Wage, die soweit belastet wird, bis die Zeiger und damit der Plattenrand die ursprüngliche Lage wieder einnehmen.

Die gemessene Belastung in kg ist nicht zu verwechseln mit dem theoretischen Auflagegegendruck, der sich auf die Längeneinheit bezieht. Nachdem der Auflagedruck ermittelt ist, wird das Unterlagblech u wieder eingelegt und die Wägeeinrichtung entfernt. Die Zeiger der Tastapparate müssen ihre ursprüngliche Lage wieder einnehmen. In Abb. 11 sind als Beispiele die gemessenen Auflagedrücke für eine halbkreisförmige Eisenplatte ohne Nabenloch von gleichbleibender Dicke (10,8 mm) und veränderlicher Dicke mit Nabenloch über der abgewickelten Randlinie in den Stützpunkten 1 bis 13 als Ordinaten aufgetragen. Die Ordinatenendpunkte sind durch einen Kurvenzug verbunden.

Die Versuche mit mehreren Platten führten zu den folgenden bemerkenswerten Ergebnissen:

In den Eckpunkten (Stützpunkt Nr. 1, $\varphi = 0, \pi$) tritt der größte Auflagedruck als Einzelkraft auf. Er beträgt

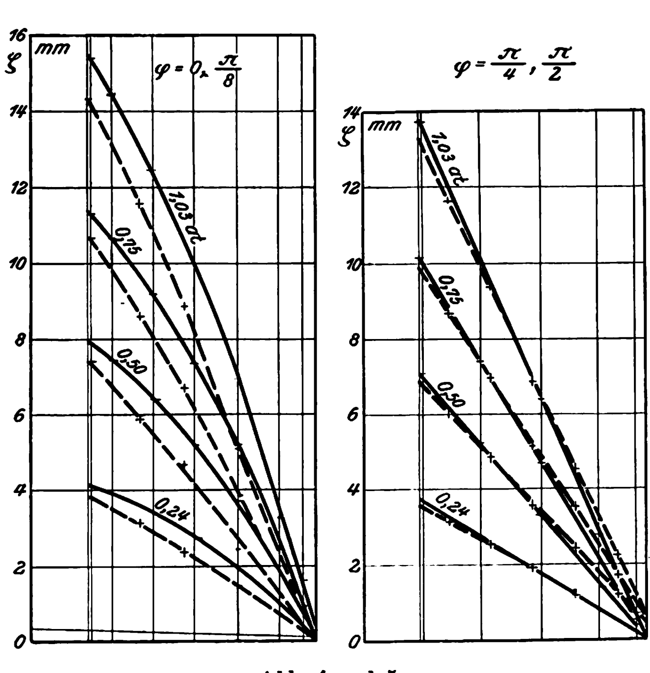


Abb. 4 und 5
Durchbiegung in radialer Richtung (φ = konst)

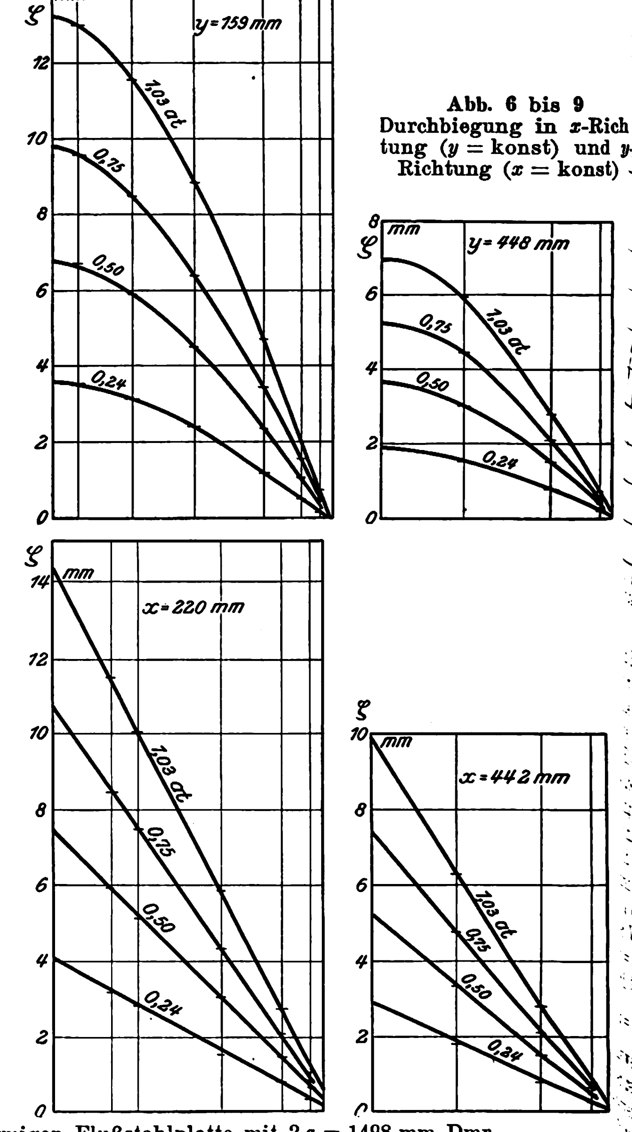


Abb. 6 bis 9
Durchbiegung in x-Richtung (y = konst) und y-Richtung (x = konst)

Abb. 4 bis 9. Durchbiegungen einer halbkreisförmigen Flußstahlplatte mit $2a = 1498$ mm Dmr., Nabenloch von $2b = 300$ mm Dmr. und gleichbleibender Dicke $2h = 25{,}9$ mm

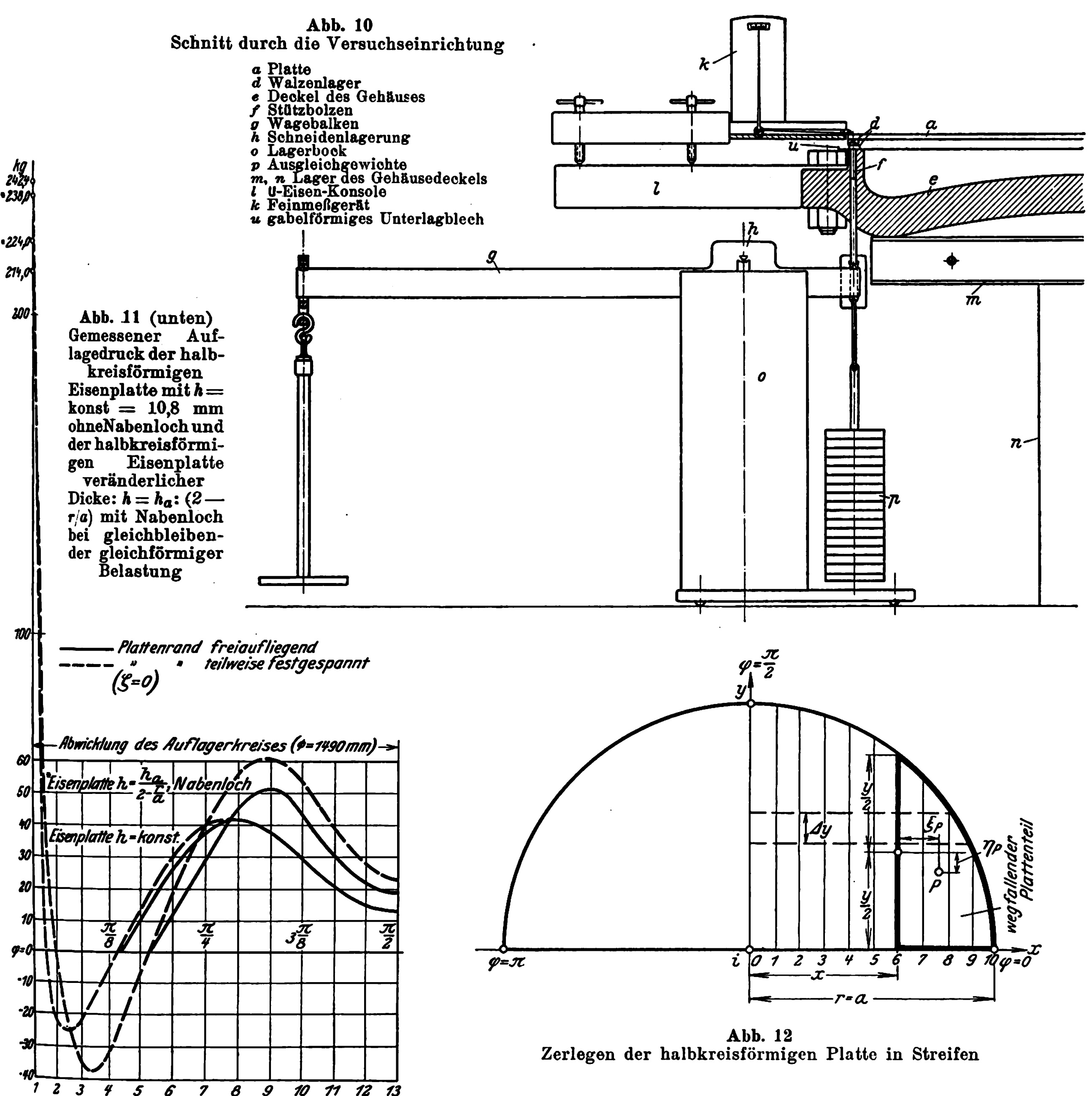


Abb. 10
Schnitt durch die Versuchseinrichtung

Abb. 11 (unten) Gemessener Auflagedruck der halbkreisförmigen Eisenplatte mit h = konst = 10,8 mm ohne Nabenloch und der halbkreisförmigen Eisenplatte veränderlicher Dicke: $h = h_a : (2 - r/a)$ mit Nabenloch bei gleichbleibender gleichförmiger Belastung

Abb. 12
Zerlegen der halbkreisförmigen Platte in Streifen

rd. ¼ der gesamten Belastung. Während die beiden Eckpunkte ($\varphi = 0$ und π) liegen bleiben, hebt sich der unmittelbar anschließende Plattenrand von seiner Unterlage ab. Die Reichweite des sich abhebenden Plattenrandes (wie z. B. für die Eisenplatte gleicher Dicke aus Abb. 11 ersichtlich ist, bis über Stützpunkt 4 hinaus) nimmt mit wachsender Belastung zu, jedoch immer langsamer, so daß sich von einer bestimmten Belastung an die Reichweite nicht mehr merklich ändert. Die Reichweite des sich abhebenden Plattenrandes erstreckt sich, vom Endpunkte gemessen, bis auf ¼ der halbkreisförmigen Auflagelinie. Im Gebiete stetiger Verteilung erreicht der gemessene Auflagedruck bei $\varphi = 52°$ einen Höchstwert, der für je 10° Zentriwinkel rd. 3 vH der gesamten Belastung beträgt. Im Punkt $\varphi = \frac{\pi}{2}$ weist der gemessene Auflagerdruck einen Kleinstwert auf, der für je 10° Zentriwinkel rd. 1 vH der gesamten Belastung ausmacht. Die bis dahin als selbstverständlich angenommene Randbedingung $\zeta = 0$ trifft tatsächlich nicht zu und ist durch eine Funktion $\zeta(\varphi)$ zu ersetzen, Abb. 11. Für den Fall, daß am Rand überall $\zeta = 0$ ist, wurden ebenfalls Versuche ausgeführt, gestrichelte Linien in Abb. 11.

Zeichnerische Ermittelung der größten Durchbiegung für halbkreisförmige Platten gleichbleibender und veränderlicher Dicke ohne und mit Nabenloch

Der Kenntnis der größten Durchbiegung kommt eine besonders hohe Bedeutung zu, weil ein Überschreiten des kleinen Spielraumes zwischen Leit- und Laufrad die Betriebsicherheit gefährden kann. Nach Aussagen von Fachmännern sind Leiträder mit Spannungsrissen im Betriebe bis zum Einbau des Ersatzes geduldet worden, wenn die größte Durchbiegung das gegebene Spiel nicht überschritt. Ausgehend von den angeführten Versuchsergebnissen soll nun ein zeichnerisches Verfahren zur Ermittlung der größten Durchbiegung entwickelt werden. Da der Halbmesser $r = 0$, $\varphi = \frac{\pi}{2}$, Abb. 12, praktisch als Gerade angesehen werden darf, denken wir uns das vom Auflager befreite, durch Flüssigkeitsdruck belastete Plattenviertel längs dieser Geraden eingespannt und bringen am Rande die Auflagerkräfte an. Wir zerlegen das Plattenviertel in Streifen parallel zur y-Achse. Betrachten wir beispielsweise den Schnitt x in Abb. 12, so wirkt im Schwerpunkt des wegfallenden Plattenteiles mit den Koordinaten ξ_P, η_P der resultierende Flüssigkeitsdruck P und in der Randnähe im Punkte S mit den Koordinaten ξ_s, η_s der resultierende Auflagerdruck S_r. Reduzieren wir diese Kräfte nach

der Schnittmitte mit den Koordinaten $x, \frac{y}{2}$, so erhalten wir eine Einzelkraft als Summe von P und S_r, ein Biegungsmoment $B = S_r \xi_s - P \xi_p$, und ein Drehmoment $T = S_r \eta_s + P \eta_p$. Infolge des Biegungsmomentes verbiegt sich jeder Streifen um eine zur y-Achse parallele Drehachse. Die in dieser Weise verformte Mittelfläche hat die Gestalt einer Zylinderfläche, und der verformte freie Durchmesser kann im Sinne der Balkenbiegetheorie als elastische Linie angesprochen werden, deren Winkeländerung $\Delta \alpha$ nach der Gleichung

$$\Delta \alpha = \frac{B}{J E} \Delta x \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

zu ermitteln ist, wo J das Trägheitsmoment bedeutet. Die elementare Konstruktion der Biegungslinie an Hand dieser Gleichung ergibt z. B. den in Abb. 13 dargestellten Verlauf und damit die größte Auslenkung ζ_B. Die Begrenzungslinien des Streifens verdrehen sich unter dem Einflusse des Drehmomentes T. Der Verdrehungswinkel $\Delta \vartheta$ befolgt einen der Biegungsgleichung (1) ähnlichen Ausdruck

$$\Delta \vartheta = \frac{T}{K G} \frac{\Delta x}{2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2),$$

worin K als „Drehwiderstand" das polare Trägheitsmoment des Kreisquerschnittes vertritt. Der Schubmodul G ist mit dem Elastizitätsmodul E durch die bekannte Gleichung $G = E : 2\,(1 + \nu)$ verknüpft. Mit Hilfe der Analogie von Drehbeanspruchung[1]) und „Seifenhautbiegung"[2]) von Prandtl erhält man unter der Annahme, daß der Spannungshügel als Parabelfläche angesehen werden darf, zur Berechnung des Drehwiderstandes für langgestreckte, schmale Querschnitte zuverlässige Formeln.

Man ermittelt die Randlinien der Platte, indem man die Einzelbeträge zusammenzählt, was am übersichtlichsten durch zweckmäßig angelegte Zahlentafeln geschieht. Infolge der Verdrehung heben sich die Punkte am Durchmesser, während sich die Punkte am Umfang senken. Für das genannte Beispiel beträgt die größte Auslenkung nach Abb. 13 mit $a = 74{,}85$ cm und $h_0 = 2{,}0$ cm $\zeta = \zeta_B + \zeta_T = 2{,}06\,p$, während der Versuch $1{,}94\,p$, d. h. einen um 7 vH kleineren Wert ergab; a bedeutet hierbei den Halbmesser des Auflagerkreises und h_0 die halbe Dicke der Platte in der Mitte. Die theoretische Auflagerlinie liegt in gleicher Weise wie die Trennungslinie in Abb. 15 in der Ebene ABC und erscheint somit im Aufriß, Abb. 13, als Ellipse, die sich in diesem Beispiele mit der berechneten Auflagerlinie deckt. Selbst in den Fällen, wo sich zwischen der berechneten und der theoretischen Auflagerlinie Abweichungen ergeben, stimmt die ermittelte größte Durchbiegung mit dem Versuchswert gut überein.

[1]) Vergl. Föppl, Bd. 5 (1920) Seite 168.
[2]) Vergl. Griffith, The use of the soap films in solving torsion problems, „Engineering" Bd. 104 (1917) S. 652.

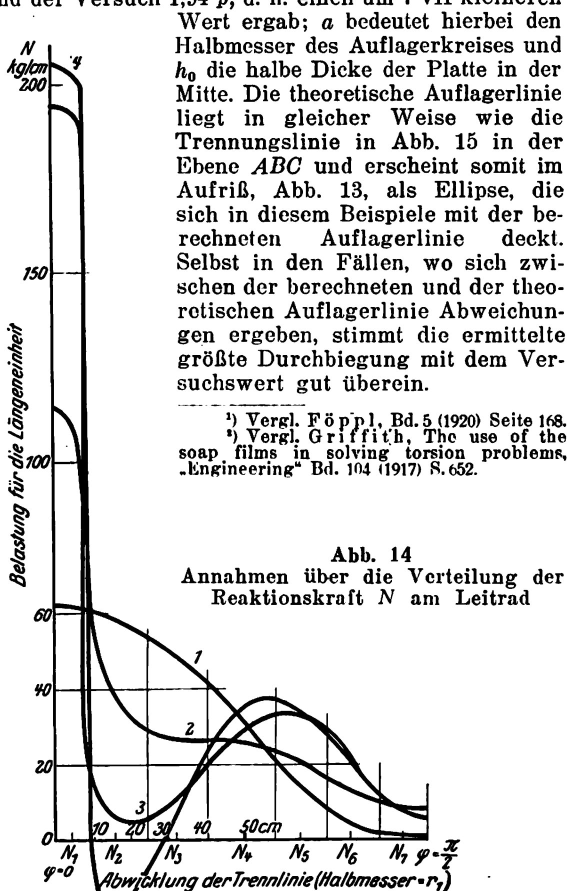


Abb. 14
Annahmen über die Verteilung der Reaktionskraft N am Leitrad

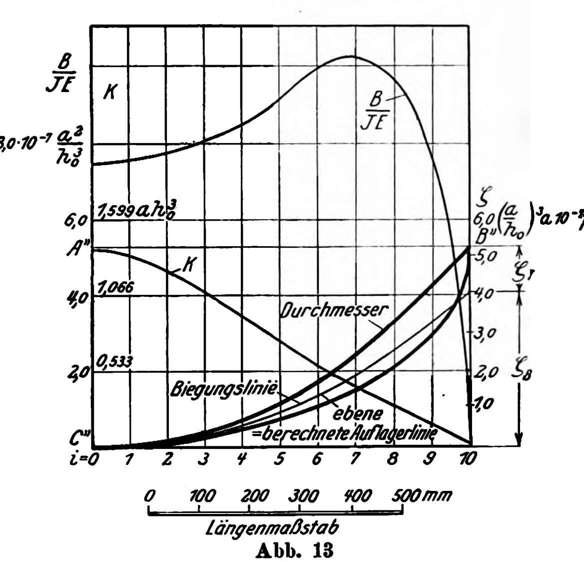


Abb. 13
Rechnerische Bestimmung der verformten Randlinien und der größten Durchbiegung einer Gußeisenplatte veränderlicher Dicke $h = h_0 : (1 + r^2/a^2)$ ohne Nabenloch

Zeichnerische Ermittlung der größten Durchbiegung für halbkreisförmige Leiträder

Unter der Annahme, daß der Wendepunkt in der halben Schaufellänge liege, zerlegen wir das halbkreisförmige Leitrad durch die kreisförmige Trennungslinie, welche die Schaufelmitten verbindet, in Boden und Ring. Die an den Schaufelschnitten wirkenden Reaktionen müssen so beschaffen sein, daß die Verformungen von Boden und Ring an der Trennungsstelle gleiche Auslenkungen ergeben. Die mit der Schubkraft N als einziger Reaktionskraft durchgeführte Rechnung ergibt für die größte Durchbiegung eine gute Übereinstimmung mit dem Versuchsergebnis, so daß man von der Berücksichtigung der weniger wirksamen Reaktionen praktisch absehen darf. Die Größe der Reaktionskraft N ist in Anlehnung an die ermittelte Verteilung des Auflagedruckes so zu wählen, daß die Summe aller N gleich der Bodenbelastung ist und im Schnitt $\varphi = \frac{\pi}{2}$ das Drehmoment aus Symmetriegründen null wird. Die Annahme der Verteilung der Reaktionskraft, Abb. 14, ist soweit zu ändern, bis die beiden Trennungslinien ineinander übergehen. Die Ergebnisse nähern sich rasch, so daß bei zweckmäßiger Annahme der „N-Kurve" schon ein- bis zweimalige Durchrechnung zu praktisch hinreichend genauen Ergebnissen führt.

Die Formänderung des Bodens wird in der oben für die halbkreisförmige Platte angedeuteten Weise ermittelt. Die Auslenkung der Schaufelmitte tritt als neue Rechnungsgröße hinzu, so daß man für die halbkreisförmige Trennungslinie die resultierende Auslenkung

$$\zeta_1 = \zeta_B + \zeta_T + z_s \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Abb. 15, erhält. Nach einem neuen Rechenverfahren wird sodann die Verformung des Ringes ermittelt, der in Schwerpunktkreis gestützt ist. Ist P_{r_1} der resultierende Flüssigkeitsdruck für die Längeneinheit des Ringes, l_2 der Abstand vom Ringschwerpunkt und r_p vom Leitradmittelpunkt, N_1 die auf die Längeneinheit im Trennungskreis vom Halbmesser r_1 wirkende Schubkraft, und r_1 ihr Abstand vom Ringschwerpunkt und Leitradmittelpunkt, so haben das im Ringquerschnitt wirkende Biegungsmoment M_b und das Drehmoment M_d den beiden Differentialgleichungen

$$\frac{M_d}{d\varphi} - M_b + (N_1 r_1 l_1 + P_{r_1} r_p l_2) = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

$$\frac{M_b}{d\varphi} = k M_d, \quad k = \frac{J E}{K G} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

zu genügen. Für die praktische Berechnung ersetzt man die Differentiale durch endliche Differenzen. Für das erste Element bei $\varphi = 0$ ist das Drehmoment gleich null

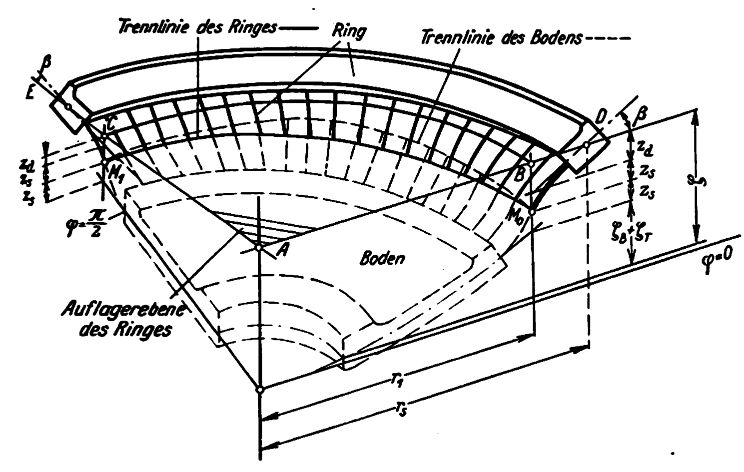


Abb. 15
Verformung von Boden und Ring des halbkreisförmigen Leitrades

während man ein beliebiges Biegemoment annimmt. Tatsächlich ist am freien Ende kein Biegemoment vorhanden. Dieser Widerspruch, der hier nicht näher begründet werden soll, ist für das Rechenverfahren ohne Bedeutung. Durch Auflösen beider Gleichungen nach den Elementen erhält man eine erste Lösung M_{b_1}, M_{d_1}. Nun setzt man das Störungsglied in Gl. (4) gleich null und ermittelt von der reduzierten Gleichung, die der homogenen Differentialgleichung entspricht, eine Lösung M_{b_2}, M_{d_2} mit den gleichen Anfangsbedingungen. Die allgemeine Lösung lautet alsdann

$$M_b = M_{b_1} + \lambda M_{b_2}; \quad M_d = M_{d_1} + \lambda M_{d_2} \quad . . . (6).$$

Die Bedingung, daß $M_{d_1} = 0$ sein muß, infolge Symmetrie für $\varphi = \frac{\pi}{2}$, ermöglicht die Bestimmung von λ, wodurch M_b, M_d und β in Abhängigkeit von φ festgelegt sind. Es verdreht sich jeder Ringquerschnitt um den Winkel β, so daß gemäß Abb. 15

$$\zeta_2 = z_d + z_s \quad . . . . (7)$$

die gesamte Einsenkung der Schaufelmitte M_0 ist, wo $z_d = l_s \sin \beta$, und z_s von der Durchbiegung der Schaufel herrührt, die bereits von der Berechnung des Bodens her bekannt ist.

Unter der Voraussetzung, daß der Auflagerkreis eben bleibe, kann nun die Form der Trennungslinie des Ringes aufgezeichnet werden. In dem Falle, wo die angenommene Verteilung N mit dem wirklichen Verlauf übereinstimmt, werden sich die Trennungslinien von Boden und Ring decken und wir erhalten für die größte Durchbiegung des Leitrades

$$\zeta = \zeta_1 + \zeta_2 = \zeta_B + \zeta_T + 2\, z_s + z_d \quad (8).$$

In Abb. 16 ist beispielsweise die Ermittlung der verformten Trennungslinie von Boden und Ring eines Escher-Wyss-Leitrades dargestellt, während Abb. 14 die verschiedenen Annahmen über die Verteilung der Schubkraft N zeigt, die in ihrem Verlauf möglichst weit voneinander abweichend angenommen wurden, damit man sieht, daß sich die Ergebnisse rasch nähern.

Der ermittelte Wert für die größte Durchbiegung ζ ist für die vier Fälle und $p = 1$ at aus Zahlentafel 1 ersichtlich.

Zahlentafel 1

Fall	1	2	3	4
ζ . . . . cm	0,361	0,365	0,378	0,385
Abweichungen vom Versuchswert vH	11	10	8	5

Der Versuch ergab eine größte Durchbiegung von 0,405 ($p = 1$ at), so daß für Fall 4 noch ein Unterschied von 5 vH vorhanden ist. Eine weitere Durchrechnung unter nochmaliger Berichtigung der N-Verteilung ist praktisch überflüssig.

Die rechnerische Ermittlung der größten Durchbiegung von kreisförmigen Leiträdern ergab für $p = 1$ at eine größte Durchbiegung von 0,184 cm für das obengenannte Leitrad, d. h. das Verhältnis der größten Durchbiegungen bei halbkreisförmigem und kreisförmigem Leitrad beträgt $\beta = 2{,}18$, während für Platten ohne Schaufeln 2,37 erhalten wurde. Die größte Durchbiegung des halben Leitrades ließe sich in der Weise berechnen, daß zuerst der Biegungspfeil des entsprechenden Leitrades bestimmt wird, um mit Benutzung des Beiwertes β auf den gesuchten Wert zu schließen. Um sicher zu gehen, sollte der Wert β noch für einige Leiträder in gleicher Weise nachgeprüft werden.

Um die Gültigkeit der angewendeten Biegungs- und Verdrehungsgleichungen mit Rücksicht auf die Plattendicke zu prüfen, wurden mit einer Anzahl rechteckiger und halbkreisförmiger Platten geringer Dicke Biegungs- und Verdrehungsversuche ausgeführt. Die Versuche zeigten, daß bei dünnen Platten schon bei mäßiger Inanspruchnahme Verdrehung und Moment nicht mehr in linearem Zusammenhang stehen. Bei den Leiträdern befinden wir uns in linearem Gebiet. [B 2603]

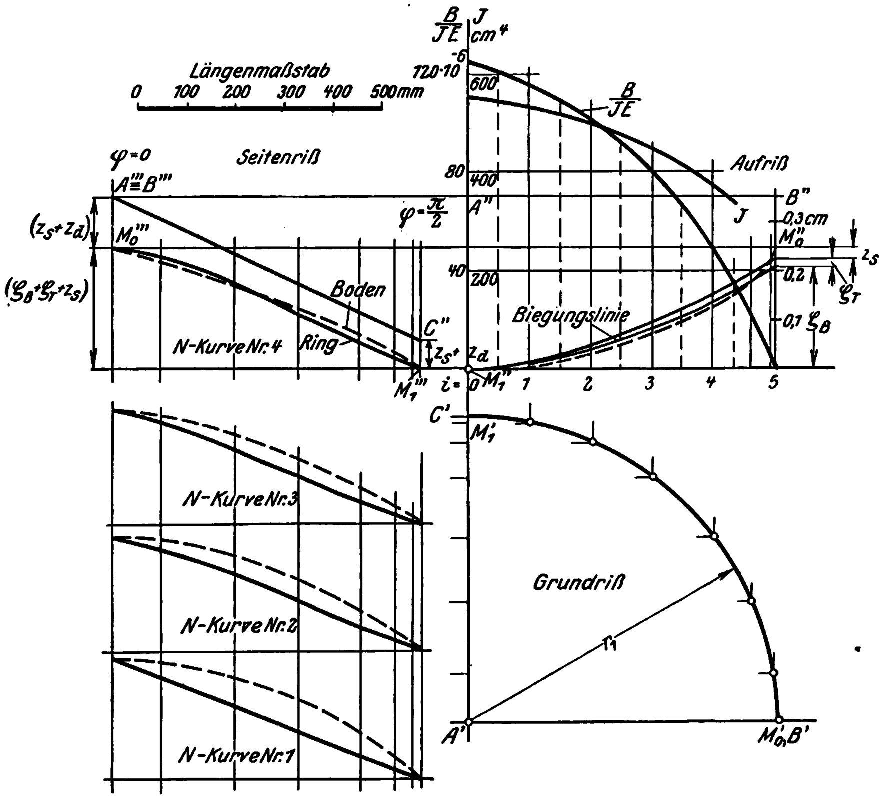


Abb. 16
Bestimmung der verformten Trennlinie von Boden und Ring eines Escher-Wyss-Leitrades

Fachsitzung Betriebstechnik

gelegentlich der 66. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure Mannheim-Heidelberg am 30. Mai 1927

Der Vorsitzende, Generaldirektor Dr.-Ing. E. h. Köttgen, wies in seiner Begrüßungsansprache darauf hin, daß der Ingenieur sich unbedingt mehr als bisher mit der Frage der Verwendung und Verarbeitung des Holzes beschäftigen müsse. Um die verschiedenen Bestrebungen einheitlich zusammenzufassen, ist beim Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung ein Ausschuß für Holzindustrie gegründet worden, in dem Fachleute und Ingenieure, Holzmaschinenindustrie und holzverarbeitende Betriebe gemeinsam an der Klärung der vielen noch ungelösten Aufgaben arbeiten werden. Die Arbeitsgemeinschaft deutscher Betriebsingenieure wird sich an diesen Arbeiten, die der gesamten deutschen Wirtschaft: Erzeugern und Verbrauchern, gleichermaßen zugute kommen, lebhaft beteiligen. Vor allem wird sie auf dem Sondergebiet der Ermittlung von Arbeitzeiten tätig sein.

Der erste Redner, Oberförster Dr. Hausendorff, Grimnitz, verstand es, in seinen klaren Ausführungen über „Holz als Werkstoff" darzulegen, daß es möglich sei, durch eine zielbewußte Steigerung des jährlichen Ertrages die holzverarbeitende Industrie vom Ausland unabhängig zu machen, wozu auch die Behandlung des gefällten Holzes im Wald und eine zweckmäßige Form des Einschnittes beitragen könne, vergl. Heft 22 dieser Zeitschrift, S. 764.

Der zweite Vortragende, Dipl.-Ing. W. Müller, Spandau, brachte einen Ausschnitt aus dem wichtigen Gebiet der Arbeitsvorbereitung und der Betriebsmittel der Holzbearbeitung, s. S. 797 des genannten Heftes, und als dritter Redner teilte Oberregierungsbaurat Bardtke, Wittenberge, die Erfolge mit, die die Deutsche Reichsbahn durch die Umstellung ihrer Ausbesserwerke auf neuzeitliche Verfahren der Fertigung auch von Holzteilen erreicht hat, vergl. Z. Heft 22 S. 746.

An die Vorträge schloß sich eine außerordentlich lebhafte Aussprache an, an der sich Vertreter der verschiedensten Richtungen beteiligten. Dir. Schwarze, Köln, bat um nähere Angaben über die Möglichkeiten, die der Forstwirtschaft zur Ertragsteigerung zur Verfügung stehen. Wenn bislang bei der Holzbearbeitung neuzeitliche Verfahren noch nicht in genügendem Umfang angewendet seien, so kann man als Ursache hierfür nur die Trägheit der Menschen ansehen, die an überkommenen Arbeitsweisen zu ihrem eigenen Schaden zu lange festhalten. Wenn dem Ingenieur ein Anreiz gegeben werden soll, sich mit der Frage der Holzbearbeitung zu beschäftigen, so darf diese, wie überhaupt die ganze Holzindustrie, nicht mehr als nebensächlich behandelt werden, und auch die Behörden müssen die sparsame Holzwirtschaft mehr fördern. Bei der Reichsbahn wird z. B. viel zu viel Wert auf Ast- und Rißfreiheit gelegt. Hierdurch wird die Holzindustrie in eine ungünstige Richtung gedrängt.

Forstrat Ebert, Walldürn, begrüßte den ersten Versuch, Forstleute und Ingenieure zu einem Erfahrungsaustausch zusammenzuführen. Holzhandel und Industrie müssen dem wissenschaftlich und wirtschaftlich geschulten Forstmann sagen, welche Ansprüche sie stellen. Man darf sich nicht auf eine Vergrößerung der Waldfläche durch Ödlandaufforstung usw. beschränken, sondern muß vor allem versuchen, durch geeignete Bodenpflege, durch Aufforstung mit hochwertigen Nutzhölzern, durch Abkehr von der Kahlpflugwirtschaft und ähnlichen Maßnahmen den Ertrag zu steigern.

Hierfür liegen die Verhältnisse zumal bei dem guten Waldboden Süddeutschlands wesentlich günstiger als in Preußen. Besondere Bedeutung kommt der Pflege der besseren Laubholzarten wie Birke, Erle, auch Pappel zu. In Baden wird man an Stelle der ausgedehnten Buchenwaldungen andre Hölzer bevorzugen müssen. Bei der Buche kann man bei hundertjähriger Umtriebzeit mit einem jährlichen Gesamtzuwachs von 6 bis 8, bei der Tanne bei gleichem Boden mit 10 bis 14 Festmetern/ha rechnen. Man muß gute Mischbestände nicht nur anlegen, sondern auch aufziehen und ständig bessern. Zum Schluß richtete der Redner einen Aufruf an die Regierung, das nötige Kapital für eine richtige Bewirtschaftung des Waldes aufzuwenden.

Geschäftsführer Hosenfeld, Mergentheim, macht auf die besondere Bedeutung genau arbeitender Gatter aufmerksam, da wir bei unsrer Holzknappheit die durch das ungenaue Arbeiten der sehr schnell laufenden Gatter entstehenden Verluste nicht vertragen. Daß die vom zweiten Vortragenden erwähnte künstliche Trocknung der Lufttrocknung überlegen sei, könne er nicht bestätigen. Bei der im dritten Vortrage nachgewiesenen Lohnersparnis von 80 vH sei ihm zweifelhaft, ob die Kosten für Anschaffung neuer Maschinen sowie für Zusammenlegung der Werkstätten und Umbau genügend berücksichtigt seien.

Betriebsleiter Alerz, Koblenz, wies auf die Bedeutung des Holzbiegens hin. Die in Deutschland hierfür hergestellten Sondermaschinen entsprechen einstweilen noch nicht den Wünschen der Praxis. Ebenso ist dringend erforderlich, daß einfachere Verfahren für das Polieren ausgearbeitet werden, eine Arbeit, bei der man bislang allzusehr auf Spezialarbeiter angewiesen ist. Er sieht eine Verbesserung in der Behandlung des Holzes mit Zelluloselacken. Zum Thema der künstlichen Trocknung führt er einen Fall aus seinem Werk an, wobei es gelungen sei, die gesamten Arbeiten vom Fällen des Holzes bis zum Abliefern eines Sessels an ein Essener Kaffeehaus auf 14 Tage zusammenzudrängen. Wesentlich ist auch für die Beschleunigung des Durchlaufs und die Verringerung der Kosten, daß dem eigentlichen Facharbeiter in möglichst weitgehendem Maß alle Nebenarbeiten, wie Zureichen, Einspannen usw., durch Hilfsarbeiter abgenommen werden.

Dir. Cohn-Wegner, Berlin, hob als erfreuliche Tatsache hervor, daß man beginne, sich mit der Holzveredelung näher zu beschäftigen. Eine Form veredelten Holzes ist das Sperrholz. Namentlich in der mechanischen Industrie, die doch auch in großem Umfange Holz verwenden muß, ist viel zu wenig bekannt, welche konstruktiven Verbesserungen und welch große Gewichtersparnis durch Verwendung von Sperrholz erzielt werden kann. Bei wasserfester Verleimung kommt man auf Festigkeiten von 52 kg/cm². Ein wertvoller Werkstoff für die Herstellung des Sperrholzes ist die Buche, deren Anbau nach wie vor wichtig ist. Der Forstmann muß die Industrie aufklären, wie die Verwendung des Holzes durch richtiges Dämpfen, Trocknen, Verleimen usw. wirtschaftlicher gestaltet werden kann. Zum Werkstoff gehört auch eine „Gebrauchsanweisung". Bei der künstlichen Trocknung darf man nicht zu hohe Temperaturen anwenden, sondern muß vor allem für ausreichende Luftbewegung sorgen. — Den Anstoß für die Normung muß die Industrie geben.

Obering. Kresse, Breslau, sprach über die glänzenden Einrichtungen schwedischer Sägewerke. Diesen steht, im Gegensatz zu Deutschland, ein vorzüglich ausgebildeter Facharbeiterstamm zur Verfügung. Die deutschen Gatterfabriken können heute Gatter von 50 Festmeter Stundenleistung liefern. Über Holz als Werkstoff wird die in Aussicht genommene Werkstofftagung in großem Umfang Aufschluß geben müssen. Der Verein deutscher Ingenieure wird sich verdient machen um die gesamte Wirtschaft wenn er die Technik in der Holz- und Forstwirtschaft ebenso fördert, wie die Technik in der Landwirtschaft.

Im Schlußwort erklärte Dr. Hausendorff, daß es der Forstwirtschaft sicher gelingen werde, die notwendige Ertragsteigerung zu erzielen. In Norddeutschland stehen im Mittel nur 100 Festmeter auf 1 ha Waldfläche, während 200 Festmeter durchaus erreichbar sind. Dringend notwendig ist, daß man zunächst einmal die Eigenschaften des Holzes genauer als bisher untersucht, dann kann man auch zur Normung kommen.

Dipl.-Ing. Müller teilte noch mit, daß die Landmaschinen-Industrie heute schon in großem Umfange Sperrholz verwendet und auch der Normung starkes Interesse entgegenbringt. Oberregierungsbaurat Bardtke ergänzte seine Angaben durch die Mitteilung, daß die infolge der Umstellung bei der Reichsbahn gemachten Ersparnisse die Kosten schon nach einem halben Jahr getilgt haben.

[N 545] Ko.

Massenanfertigung mittels Abwälzschablone auf einer gewöhnlichen Spitzendrehbank

Schwungscheiben mit Wulstrand, die in größeren Mengen herzustellen sind, lassen sich auf einer gewöhnlichen Spitzendrehbank in kurzer Zeit bearbeiten, wenn man die Drehbank mit einer Abwälzschablone für die Bewegung des Drehstahles ausrüstet. Formstahl kann man nicht verwenden, da die dünnwandigen harten Schwungscheiben selten einen sauberen Schnitt ergeben. In einem solchen Fall kann man sich auf folgende Weise helfen: Im Revolverkopf des Werkzeugschlittens wird ein Schieber angebracht, der auf der einen Seite den Schneidstahl trägt und sich auf der andern Seite mit einer Rolle im Schlitz einer Schablone führt. Die Schieberführung wird für spielfreie Bewegung passend geschliffen. Die ebene Schablone wird drehbar angeordnet; auf der einen Seite des Drehpunktes befindet sich der Führungsschlitz für die Schieberrolle, auf der andern ein Zahnbogen. Dieser wälzt sich auf einer Zahnstange ab, wenn der Querschlitten mit der Hand oder selbsttätig bewegt wird. Die Schlittenbewegung quer zum Drehbankbett überträgt sich über die Schablone auf den Stahlhalter (Schieber), der entsprechend der Form des Werkstückes gleichzeitig längs und quer bewegt wird. („Werkstattstechnik" Bd. 21 (1927) S. 257). [N 566] Pa

Städtische Elektrizitätsversorgung in Südafrika
mit besonderer Berücksichtigung Kapstadts

Von Prof. Hermann Bohle, Kapstadt

Allgemeine Landesverhältnisse und Allgemeines über die Elektrizitätswirtschaft der Städte — Tarifpolitik in Kapstadt — Erleichterung der Anschlüsse — Werbung — Erfolge der Maßnahmen

Allgemeines

Die folgenden Betrachtungen haben besonderen Wert, wenn man Südafrika als Beispiel für ein Absatzgebiet deutscher Erzeugnisse ansieht; denn ähnliche Verhältnisse dürften in vielen Ländern vorliegen, die sich aus ehemaligen Kolonien entwickelt haben.

Die Union von Südafrika bedeckt einen Flächenraum von über 2 Mill. km², hat aber nur eine kleine Bevölkerung. Die Zahl der Weißen beträgt 1 672 000, die der Farbigen und Schwarzen rd. 6 Mill. Für eine Stromversorgung kommen Farbige und Schwarze auf dem Lande fast gar nicht in Betracht, und selbst in den Städten genügt es, sie mit 20 vH einzuschätzen.

Die Entfernung zwischen den Städten ist meistens so groß, daß Überlandkraftwerke nicht in Frage kommen, besonders da auf dem Lande Strom kaum verlangt wird. Eine Ausnahme könnte später für die Kaphalbinsel und die Gegend zwischen dem Rand und Pretoria gelten. Jede Stadt verlangt also ihr eigenes Elektrizitätswerk. Großstädte im europäischen Sinne gibt es nur drei: Johannesburg, Kapstadt und Durban, so daß die Kraftwerke im allgemeinen von kleineren Abmessungen sind. Eine Ausnahme bilden die großen Werke in Johannesburg und Umgegend, für den Betrieb der Goldminen erbaut und durch die Veröffentlichungen von Klingenberg bekannt[1]), dann das Kraftwerk für den elektrisch betriebenen Teil der Eisenbahn in Natal und das im Bau begriffene Werk für die Kapstädter Vorortbahn. Ein größeres Werk befindet sich auch in Kimberley zum Betrieb der Diamantenbergwerke, das auch die Stadt Kimberley speist, und ein weiteres in Somerset Strand bei Kapstadt für die De Beers-Dynamitfabriken.

Die Zustände bedingen es also, daß durchschnittlich das Anlagekapital im Verhältnis zur eingebauten Leistung sehr hoch ist. Wenn nun ein kleines Kraftwerk auf eignen Füßen stehen soll, so kann der Preis für die Kilowattstunde nicht allzu niedrig sein. Tatsächlich kostet in ganz kleinen Städten der Strom bis zu 1 ℳ/kWh für Licht und im Mittel 0,25 ℳ/kWh für Kraft, hauptsächlich zum Heizen und Kochen in kleineren Anschlüssen. Trotzdem erheben sich kleine Werke in allen Städtchen und selbst Dörfern, und es wird nicht lange dauern, bis jeder Ort von 600 weißen Einwohnern an sein Kraftwerk hat.

Als Betriebstoffe kommen Kohlen und Öl in Betracht. Wasserkraftanlagen gibt es nur wenige, weil die Niederschläge zu unregelmäßig und auf wenige Monate im Jahre beschränkt sind. Meistens müßten für Wasserkraftwerke kostspielige Dämme gebaut werden, so daß die Gesamtanlagekosten viel zu hoch würden. Ich habe für die Stadt Worcester ein kleines Wasserkraftwerk gebaut, das nur geringe Kosten erforderte, weil weder Rohrleitung noch Damm nötig waren. Die Rohrleitung für Trinkwasser wurde einfach durchschnitten, das Wasser durch zwei Peltonräder von je 60 PS geleitet und dann in dieselbe Rohrleitung zurückgeführt. Das Gefälle der 7 km langen Leitung betrug rd. 200 m. Nach drei Jahren erwies sich das Werk als zu klein, und in der Nähe der Eisenbahn wurde ein kleines Dampfkraftwerk von mir errichtet, das heute für 300 kW ausgebaut ist. Das Wasserkraftwerk habe ich für selbsttätigen Betrieb eingerichtet; es wird vom Dampfkraftwerk aus überwacht und gesteuert. Der Parallelbetrieb stellt sich sehr günstig, weil die Dampfmaschinen fast nur mit Vollast zu laufen brauchen.

Ein andres Wasserkraftwerk befindet sich in Paarl. aber auch dies Werk war bald zu klein, und heute wird Paarl von Kapstadt aus gespeist, da es nur 50 km entfernt davon liegt.

[1]) Klingenberg, Bau großer Elektrizitätswerke, 2. Aufl. Berlin 1925; Z. Bd. 57 (1913) S. 4 u. f.

Die meisten kleinen Werke benutzen Sauggas als Betriebstoff. Die Kohlen dazu kommen aus Natal, von wo sie mit der Bahn herbeigeschafft werden müssen. Für größere Entfernungen ist ein Einheitsfrachtsatz vorgesehen, nämlich 1 £/907 kg (kleine Tonne). Der Preis von Anthrazit stellt sich dann auf rd 40 ℳ/t (metrisch). Die südafrikanische Kohle enthält viel Asche, bis zu 15 vH, und eine für europäische Verhältnisse genügende Erzeugeranlage würde mit südafrikanischer Kohle nicht die vorgeschriebene Gasmenge entwickeln. Diese Tatsache hat schon Rechtstreitigkeiten zur Folge gehabt. Bei einem Angebot sollte stets eine Analyse der Kohle verlangt werden. Für gründliche Reinigung des Gases ist ebenfalls Sorge zu tragen. Dieselmotoren sind auch im Betriebe, z. B. in Stellenbosch, Oudtshoorn, Cradock usw.

Die größeren Städte wie Johannesburg, Kapstadt, Kimberley, Pretoria, Durban, Port Elizabeth haben Dampfkraftwerke, meistens mit Turbinen. Zahlentafel 1 gibt Aufschluß über die Größenverhältnisse und den Stromabsatz der meisten Städte. Die farbige Bevölkerung wird dabei mit 20 vH eingesetzt.

Zahlentafel 1
Absatz der südafrikanischen Stadtelektrizitätswerke

Stadt	Inbetriebnahme	Bevölkerung		Gesamtabsatz	Absatz auf Kopf und Jahr kWh	
		Weiße	Farbige	1000 kWh	1924	1916
Johannesburg . . .	1891	160 000	126 000	44 200	238	158
Durban	1897	49 025	46 216	41 872	718	460
Kapstadt	1895	115 700	85 740	27 767	226	132
Pretoria	1892	36 675	25 360	10 172	244	146
Port Elizabeth . .	1906	24 800	20 100	6 402	222	92
Bloemfontein . . .	1900	19 500	20 000	4 366	189	121
East London . . .	1899	17 800	13 000	4 123	202	96
Pietermaritzburg .	1896	17 700	19 200	3 502	155	107
King Williamstown	1903	5 684	3 460	932	146	48
Kroonstad	1904	4 260	5 090	909	172	151
Ladysmith	1903	3 195	3 400	701	180	127
Potchefstroom . .	1912	7 218	4 600	384	47	15
Queenstown . . .	1912	5 220	7 600	368	54	33
Klerksdorp	1911	3 195	2 473	334	90	45
Worcester	1915	4 100	4 900	295	54	13
Oudtshoorn	1911	5 600	5 100	226	32	19
Harrismith	1904	2 546	3 654	225	69	40
Stellenbosch . . .	1914	3 700	3 600	220	49	23
Ermelo	1914	2 990	1 260	134	41	19
Greytown	1904	1 191	2 172	129	80	38
Cradock	1914	5 944	12 400	109	13	11
Heidelberg	1915	2 084	1 320	97	41	15
Heilbron	1904	1 500	1 500	97	55	22
Parys	1913	2 650	1 000	84	29	16
Newcastle	1902	2 055	2 220	70	28	33

Außer den in Zahlentafel 1 genannten Städten gibt es viele kleinere Orte, die seit Ende des Krieges Elektrizitätswerke errichtet haben, zum größeren Teile mit Sauggasbetrieb. Über weitere Städte fehlen genaue Angaben.

Man ersieht aus der Tafel sofort, wo die richtigen Leute am Ruder sind. Durban steht im Verbrauch auf den Kopf der Bevölkerung weitaus an erster Stelle. Das kommt hauptsächlich daher, weil dort kein Gaswerk besteht und der Preis für 1 kWh äußerst niedrig ist. Trotzdem ist der Verbrauch groß zu nennen, besonders wenn man bedenkt, daß Energie zum Heizen von Räumen überhaupt nicht erforderlich ist. Die Stadtverwaltung von Durban hat sich von vornherein als Ziel gesetzt, elektrische Energie so billig zu liefern, daß Gas überhaupt nicht damit in Wettbewerb treten kann.

Zahlentafel 2. Tarife[2])

	Durban	Johannesburg	Kapstadt
Licht . . . ₰/kWh	38,25	51	42,5
Heizen, Kochen „	5,31	12,75	8,5[3])
Kraft . . . . . „	17 bis 5,1	51 bis 12,75	17 bis 7
Großabnehmer[4]) „	7,2 „ 4,2	10,6 „ 4,25	17,7 „ 4,7

Zahlentafel 3
Wirtschaftlichkeit der Werke Durban und Johannesburg[5])

	Durban	Johannesburg
Stromabsatz . . . . . Mill. kWh	48	50
Selbstkosten . . . . . . ₰/kWh	10,15	16,5
Einkommen . . . . . . „	12,1	19,8
Nutzen . . . . „	1,95	3,3

Zahlentafel 4
Tarife für Kapstadt 1925

Stromverwendung	Strompreis ohne Abzug	Strompreis mit Abzug[6])
1. Licht . . . . ₰/kWh	59,5	42,5
Mindestbetrag im Monat . ℳ	5,78	5,10
2. Licht und Kraft mit einem Zähler für Privathäuser. 5 kWh auf ein Zimmer und einen Monat zum Tarif unter 1, wobei Küche, Diele, Keller, Badezimmer und Abort nicht mitgerechnet werden. Was darüber verbraucht wird, kostet ₰/kWh	10,6	8,5
Mindestbetrag im Monat . ℳ	11,50	10,20
3. Strom für Kleinkraft, Heizen und Kochen mit besonderem Zähler in Privathäusern, Gasthäusern, Gaststätten, Klubs ₰/kWh	10,6	8,5
Mindestbetrag im Monat . ℳ	11,50	10,20
4. Heißwasser mit 100 vH Belastungsfaktor auf einen Monat ohne Zähler und Mindestbetrag nach eingebauter Leistung ℳ/kW	43,10	30,60
5. Äußere Beleuchtung von Schaufenstern, Reklamebeleuchtung u. dergl. . . . . ₰/kWh	30	21
6. Kraft für Motorbetrieb:		
bis 500 kWh . . . . ₰/kWh	21	20 vH Abzug
weitere 500 kWh . . ₰/kWh	17	20 vH Abzug
„ 1000 „ . . ₰/kWh	13	20 vH Abzug
darüber . . . . ₰/kWh	8,5	20 vH Abzug
Mindestbetrag . . . . . . ℳ	11,50	10,20
7. Licht für Geschäftshäuser .	wie unter 1	
Kraft „ „	„ „ 6	
8. Großabnehmer, je nach dem Belastungsfaktor . . . ₰/kWh	17,7 bis 4,7	
Der Leistungsfaktor darf einen Wert von $\cos\varphi = 0,85$ nicht unterschreiten, sonst tritt eine Erhöhung ein. Eine Kohlenklausel ist im Liefervertrag stets eingeschlossen. Die Kurve des Belastungsfaktors fällt schnell ab. Im allgemeinen wird mit jedem Großabnehmer einzeln abgeschlossen.		
Mindestabsatz . . . kWh/Jahr	250 000	
9. Straßenbahnen auf der Gleichstromseite des Umformerwerkes. Die Straßenbahn besaß bisher ein eignes Kraftwerk. In Zukunft wird der Strom von der Stadt geliefert (Kohlenklausel) ₰/kWh	9	
10. Strom zwischen 12 h nachts und 6 h morgens . . . . ₰/kWh		4,25

[2]) Umgerechnet auf deutsche Währung: 1 d = 8,5 ₰.
[3]) Warmwasserbereitung 4,2 ₰/kWh.
[4]) Für Großabnehmer hängt der Preis vom Belastungsfaktor, Leistungsfaktor ($\cos\varphi$) und den Kohlenpreisen ab.
[5]) Die Zahlen für Kapstadt folgen in Zahlentafel 8.
[6]) Der Preis mit Abzug gilt, wenn innerhalb eines Monats nach Ablesen des Zählers bezahlt wird.

Für einen Vergleich mit europäischen Verhältnissen kommen nur die drei Großstädte Johannesburg, Kapstadt und Durban in Frage. In Johannesburg und Kapstadt sind Gaswerke in Betrieb. Die Haupttarife dieser Städte sind in Zahlentafel 2 verzeichnet.

Johannesburg ist also am teuersten, obgleich die Kohle vor der Türe liegt. Aber trotz der niedrigen Preise fällt das Kraftwerk in Durban den Steuerzahlern nicht zur Last, wie Zahlentafel 3 zeigt.

Die Erklärung dieser Unterschiede läßt sich wohl darin suchen, daß der Leiter des Johannesburger Elektrizitätswerkes zugleich dem Gaswerk vorsteht und beiden Werken gerecht werden muß. Die Folge ist aber ein gewisses Zurückbleiben von beiden Unternehmen. Wo ein solcher Fall nicht vorliegt, hängt der Erfolg des Unternehmens zumeist vom Unternehmungsgeist des leitenden Mannes ab. Ist er auf seinem Platze, so wird er die Stadtverordneten bald überzeugen, daß eine liberale Politik den Steuerzahlern gegenüber stets am besten ist.

Die Versorgung Kapstadts

Von den drei Großstädten Südafrikas liegt Kapstadt am ungünstigsten. Die Kohle muß mehr als 1600 km weit mit der Bahn herbeigeschafft werden. Außerdem hat die Stadt eine gewaltige Ausdehnung, so daß das Leitungsnetz sehr teuer geworden ist. Von Bakofen bis Glencairn ist eine Entfernung von über 50 km. Da außerdem der Stadt ein Gaswerk zur Verfügung steht, allerdings im Privatbesitz, so sah sich der Stadtelektriker vor eine schwierige Aufgabe gestellt, wollte er die Stromversorgung auch nur annähernd der von Durban gleich günstig machen. Dies ist ihm in hohem Maße gelungen. Das jetzige Kraftwerk liefert Drehstrom und umfaßt heute Maschinen für mehr als 30 000 PS. Es hat Raum genug für weitere 10 000 PS ohne jede bauliche Veränderung, nachdem die alten Dampfmaschinen durch Turbinen ersetzt worden sind. Niedriger Strompreis und erleichterte Abnahmebedingungen sind die Grundlagen, auf denen der jetzige Chefelektriker den Tarif Kapstadts aufgebaut hat, s. Zahlentafel 4.

Eine Kohlenklausel ist bei allen Verträgen mit Großabnehmern eingeschlossen, weil die Stadt nicht nach Gewicht, sondern nach Wärmeeinheiten bezahlt. Die Kohlen werden regelmäßig an der Universität untersucht.

Die Verteilung der Belastung ist in Zahlentafel 5 nachgewiesen. Die Kosten der Stromerzeugung und die Gesamtkosten zeigt Zahlentafel 6.

Zahlentafel 5 und 6 sind recht aufschlußreich. An Kohlen wird, auf die erzeugte Kilowattstunde gerechnet, halb so viel wie im Jahre 1917 verbraucht. Vor allen Dingen aber zeigen die Tafeln den gewaltigen Aufschwung in der Straßenbeleuchtung. Der dafür gelieferte Strom ist im Jahre 1925 um 50 vH größer als 1917. Im vergangenen Jahr ist die Straßenbeleuchtung wiederum stark verbessert worden.

Zahlentafel 5. Verteilung der Last in kWh

	1919	1923	1925
Licht, Heizen, Kochen .	3 946 371	6 698 868	9 301 6[illegible]
Kraft.	4 300 781	5 660 398	7 367 9[illegible]
Großabnehmer	2 166 164	4 041 116	5 816 0[illegible]
Eisenbahn und Hafen .	3 419 138	4 069 608	5 862 [illegible]
Außerhalb Kapstadts .	23 967	21 527	41 4[illegible]
Wynberg	354 609	630 389	767 7[illegible]
Von der Straßenbahn gekauft und verkauft	77 060	5 798	
Stadt als Abnehmer:			
Licht	108 079	201 304	229 [illegible]
Kraft	964 878	1 121 819	2 206 [illegible]
Straßenbeleuchtung .	858 991	1 160 976	1 287 [illegible]
Insgesamt verkauft . .	16 220 038	23 611 803	32 881 [illegible]
Kraftwerkverbrauch . .	986 362	2 162 203	2 757 [illegible]
Zählerverluste, geschätzt	228 000	350 000	480 [illegible]
Leitungs- und Umformerverluste	3 581 705	4 632 717	5 651 [illegible]
Insgesamt erzeugt . . .	20 939 045	30 750 925	41 769 [illegible]
Insgesamt erzeugt und gekauft	21 016 105	30 756 723	41 769 [illegible]



Zahlentafel 6. Kosten der Stromerzeugung

	Kosten der erzeugten elektrischen Arbeit im Werk (Schaltbrett) ₰/kWh			Kosten der verkauften Arbeit ₰/kWh		
	1917	1923	1925	1917	1923	1925
Kohlen	4,23	2,53	2,11	5,83	3,29	2,69
Öl, Putzwolle, Lagerbestände	0,85	0,12	0,07	0,35	0,16	0,09
Löhne	0,26	0,66	0,50	1,21	0,85	0,64
Verschiedenes	0,08	0,06	0,07	0,11	0,08	0,09
Instandhaltung von Maschinen und Gebäuden	—	—	—	1,54	1,63	1,64
Leitungsnetz und Straßenbeleuchtung	—	—	—	2,04	4,05	3,57
Miete und Steuern	—	—	—	0,36	0,12	0,09
Verschiedenes	—	—	—	0,54	0,09	0,10
Verwaltung	—	—	—	1,56	1,74	1,62
Zinsen, Abschreibung	—	—	—	6,97	8,50	6,37
Gesamterzeugungskosten	5,42	3,37	2,75	—	—	—
Gesamtkosten	—	—	—	20,51	20,51	16,90

Den Wirkungsgrad des Kapstadter Kraftwerkes gibt Zahlentafel 7 an.

Der heutige Wirkungsgrad des Werkes ist also außerordentlich hoch, besonders, wenn wir die beschränkte Größe des Werkes betrachten. Ende 1924 umfaßte es folgende Maschinensätze:

2 Turbodynamos von je 1700 kW	3 400 kW
2 „ „ „ 3000 „	6 000 „
1 Turbodynamo	7 500 „
zusammen	16 900 kW.

Inzwischen ist allerdings ein weiterer 7500 kW-Satz eingebaut worden, und ein dritter kommt ebenfalls bald in Betrieb; denn die Spitzenleistung ist 1926 auf rd. 20 000 kW gestiegen. Da inzwischen auch noch die Straßenbahnen hinzugekommen sind, so ist das Werk schon wieder zu klein geworden. Ende 1927 wird aber wohl das neue Werk der Elektrizitätskommission fertiggestellt sein, das mit dem städtischen Werke parallel arbeiten soll, so daß allen Anforderungen Genüge geleistet werden kann. Dieses Werk wird einstweilen für 30 000 kW ausgebaut und hauptsächlich für den Betrieb der Kapstädter Vorortbahn benutzt. Der Chefelektriker von Kapstadt wird zugleich Leiter beider Unternehmen.

Besonders wichtig sind natürlich die Einnahmen. Zahlentafel 8 zeigt, daß trotz der günstigen Preise der Steuerzahler auch nicht ganz vergessen worden ist.

Die Verminderung des Gewinnes ist in dem Heruntersetzen der Tarife begründet. So wurde z. B. am 1. Januar 1925 der Strompreis für Licht von 51 auf 42,5 ₰/kWh, für Kochen von 13 auf 8,5 ₰/kWh erniedrigt. Das Werk soll eben keine ergiebige Einnahmequelle sein, sondern dem Fortschritt und der Bequemlichkeit der Allgemeinheit dienen. Nach meiner Ansicht ist es ungerecht, ein städtisches Unternehmen anders zu gebrauchen. In dieser Hinsicht wird auch in Deutschland hie und da gesündigt. Fallen die Steuervoranschläge zu niedrig aus, so hilft man

Zahlentafel 7
Wirkungsgrad des Dampfelektrizitätswerkes Kapstadt

	1917	1923	1925
Erzeugte Arbeit . . . Mill. kWh	18,65	30,75	41,77
Kohlenverbrauch . . . 1000 t	32	25,4	31,75
Mittlerer Heizwert der Kohlen kcal/kg	6 800	7 270	7 800
„ Verbrauch . . . kcal/kWh	11 630	5 980	5 570
„ Preis der Wärme im Werk . . . ₰/kcal	3,34	4,17	3,78
„ spez. Kohlenverbrauch kg/kWh	1,72	0,825	0,755
Spez. Kohlenkosten . . . ₰/kWh	3,88	2,5	2,12
Gesamter thermischer Wirkungsgrad . . . vH	7,389	14,38	15,41

Zahlentafel 8
Gelderträgnis des städtischen Elektrizitätswerkes Kapstadt

	1923	1925
Verkaufte elektrische Arbeit Mill. kWh	23,61	32,88
Roheinnahmen . . . „ ℳ	6,72	7,22
Überschuß . . . „ „	1,59	0,81
Steuererleichterung . . . „ „	0,55	0,53
Ausgaben für Verbesserung „ „	1,04	0,28
Mittlerer Strompreis . . . ₰/kWh	25,5	19,5

sich in manchen Städten, indem man die Preise für Gas und Strom erhöht. Dadurch aber zahlt der, der viel Gas und Strom zu hohem Preise verbraucht, zum Teil die Steuern seines Nachbarn, der wenig oder gar keinen Anteil an der Gas- und Stromversorgung hat. Außerdem haben hohe Stromkosten einen Einfluß auf die ganze Industrie. Der jährliche Verbrauch an Strom in ganz Deutschland betrug 1924 rd. 170 kWh/Kopf. Wird der ganze Haushalt elektrisch betrieben, so kann man den Strombedarf wohl 15- bis 20mal höher schätzen. Unsre Elektrizitätswerke würden also ganz ungeheuer wachsen, wodurch die Großindustrie außerordentlich gewinnen würde. Dazu käme ein großer Aufschwung in der Fabrikation von Heiz- und Kochgeräten, und die ganzen wirtschaftlichen Verhältnisse erführen eine Aufbesserung. Die Politik der hohen Strompreise ist kurzsichtig und hemmend.

Im allgemeinen sollte es möglich sein, hier in Deutschland Strom billiger als in Kapstadt zu erzeugen, weil die Lage dieser Stadt in jeder Hinsicht äußerst ungünstig ist Dazu sind die Löhne dort dreimal so hoch, rd. 3 ℳ/h, und die Einkommen der Beamten sind dementsprechend. Es kommt natürlich immer wieder auf den Leiter heraus, ob ein Unternehmen blüht oder nur gerade dahinschleicht, wie es auch für Südafrika in Zahlentafel 1 zum Ausdruck kommt. Die Organisation muß einfach und gründlich sein. Wo das Verhältnis $\frac{\text{Erzeugende Facharbeiter}}{\text{Gesamtangestellte}}$ hoch ist, da wird ein Unternehmen kaum gedeihen.

Es ist zu begrüßen, daß es z. B. O. v. Miller gelungen ist, den Stadtrat von Schweinfurt zu überzeugen, daß eine billige Stromversorgung der Stadt nur von Nutzen sein kann. Er rechnet mit einem Monatsverbrauch von 175 kWh für eine Familie von vier Personen. Diese Zahl genügt zum Kochen, Bügeln und Aufwaschen, schließt aber keine Bäder ein. Außerdem ist es notwendig, Kochtöpfe mit eingebauten Elementen zu benutzen und nicht Heizplatten, auf die man irgendeine Sorte Töpfe stellt. Heizplatten haben selten einen Wirkungsgrad von mehr als 50 vH und viele nicht mehr als 30 vH. Rechnen wir je Person und Woche zwei warme Bäder hinzu, so sind weitere 100 kWh im Monat erforderlich. Für ein Einfamilienhaus in Kapstadt mit fünf Wohnräumen stellt sich die Berechnung wie folgt:

Licht 25 kWh zu 42,5 ₰	10,63 ℳ
Kochen usw. 175 kWh zu 8,5 ₰	14,87 „
Bäder 100 kWh zu 8,5 ₰	8,50 „
zusammen	34,00 ℳ.

Wird aber der in Zahlentafel 4 angedeutete Tarif mit einem Zähler angewandt, so ergibt sich folgendes Bild:

Licht wie oben	10,63 ℳ
Kochen usw. 120 kWh zu 8,5 ₰	10,20 „
Heißwasser, 400 W eingebaut, Pauschsatz	12,24 „
zusammen	33,07 ℳ.

Es ist hier weniger für das Kochen angegeben, weil ja stets heißes Wasser vorhanden ist und gerade im Wasserwärmen die Stromverschwendung liegt. Außerdem kann man nun ein Bad nehmen, wann man will. Man braucht das Wasser nur anzudrehen. Dieser Tarif ist also vom Standpunkte des Verbrauchers vorzuziehen.

Das Heizen der Räume durch Elektrizität ist eine Frage für sich und kommt für Deutschland einstweilen nicht in Betracht. In Kapstadt rechnet man mit drei Monaten, in denen eine Heizung ratsam ist. Allerdings wird der Strom meistens nur 3 bis 4 h am Tage gebraucht.

Für ein Zimmer mittlerer Größe genügt ein Heizofen von 1000 W. Die Stromkosten stellen sich dabei auf rd. 10 ℳ/Monat. Die Jahreskosten an Strom belaufen sich also auf folgende Beträge (sh = ℳ gerechnet):

Licht	125 ℳ
Kochen	120 „
Heißwasser	144 „
Heizen	30 „
zusammen	419 ℳ (genauer 426 ℳ)

oder rd. 35 ℳ/Monat. Dafür hat man einen völlig elektrisch betriebenen Haushalt mit allen Bequemlichkeiten, der unter Umständen auch ohne Dienstboten geführt werden kann. Wenn wir alle Vorzüge eines elektrischen Hausbetriebes einrechnen, dann stellt er sich billiger als ein solcher mit Kohlen- und Gasverbrauch, wenigstens in Kapstadt. Die obigen Zahlen sind Erfahrungszahlen des Verfassers, und die Stromkosten schließen Wäschekochen und Waschmaschine ebenfalls ein.

Städtische Hilfe bei Installationen

Es möge noch angeführt werden, wie die Stadtverwaltung Kapstadts dem Bürger im allgemeinen die elektrischen Hausinstallationen erleichtert. Hat er nicht den gewünschten Betrag zur Hand, so kann er ihn in zwölf monatlichen Raten der Stadt abzahlen. Während dieser Zeit zahlt er für den Stromverbrauch bis zu einer gewissen Grenze überhaupt nichts. Nach 12 Monaten geht die Anlage in den Besitz des Verbrauchers über. Ist er Mieter, so muß er die Erlaubnis und Bürgschaft des Hauseigentümers beibringen. Die elektrische Einrichtung umfaßt allerdings nur die einfachsten Beleuchtungskörper, wie Opalschalen mit 60 W-Lampen. Für eine bessere Ausführung muß ein Zuschlag bezahlt werden.

Die Anlage wird aber nicht von der Stadt selbst ausgeführt, sondern von Installationsgeschäften in der Stadt, die sich durch gute Arbeit einen Platz auf der städtischen Liste gesichert haben. Die Anlage muß nach den genauen Vorschriften des Elektrizitätswerkes ausgeführt werden. Der ausführende Monteur muß durch eine Prüfung die Genehmigung erwerben.

Ein Hauseigentümer kann sich auch eine Neuanlage von der Stadt ausarbeiten lassen und dann selbst Angebote von Installateuren einfordern. Die Stadt berechnet für ihre Arbeit 5 vH der Kosten der Ausführung. Oder er kann die ganze Arbeit der Stadt übergeben, also Ausarbeitung, Beaufsichtigung usw., wofür die Stadt dann 10 vH rechnet. Die Anlage kann auch dem Verbraucher von der Stadt finanziert werden. Er zahlt 10 vH der Anlagekosten und die Anschlußgebühren sofort, den Restbetrag in 12 monatlichen Raten. Außerdem 5 oder 10 vH der Gesamtkosten; letztere, wenn die Stadt die Anlage selbst ausführt.

Die Volkstümlichkeit dieser Arbeit der Stadt ersieht man aus dem Umstande, daß 1925 von 14 111 Anschlüssen 4869 Ausführungen mit sogenannter Freianlage waren.

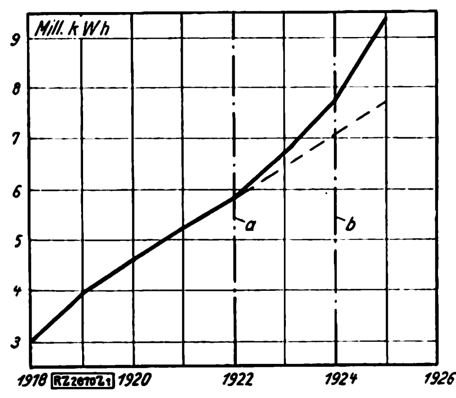


Abb. 1
Zunahme des Stromverbrauches in Privathäusern

a Hilfe bei Neuanlagen, eingeführt März 1922
b Anzeigenwerbung im Großen von Januar 1924 an

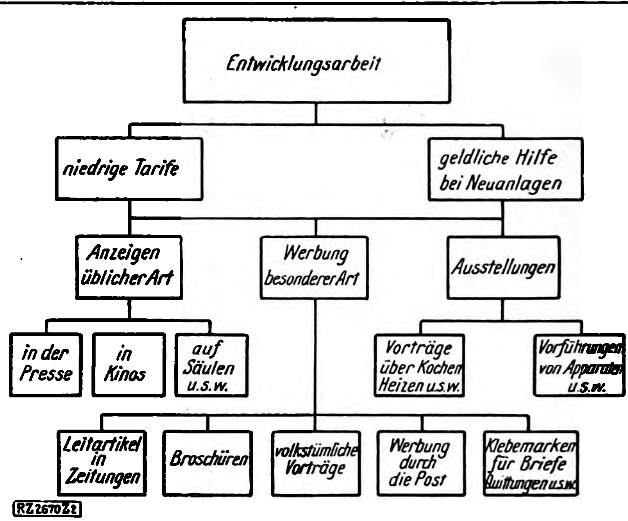


Abb. 2
Werbeplan des Kapstädter Elektrizitätswerkes

Das Unternehmen ist also rein geschäftsmäßig aufgebaut worden. Die Stadt kommt auch den Installateuren nicht ins Gehege, sondern verschafft ihnen Arbeit, indem sie den Verbrauchern die Einrichtung erleichtert. Das arbeitet auch einer reinen Sozialisierung entgegen, die letzten Endes in einen tötenden Gleichheitsbrei führt.

Werbung

Elektrizität ist schließlich eine Verkaufsware wie jede andre und sollte als solche auf die beste Art und Weise auf den Markt gebracht werden. In Kapstadt ist die Einrichtung der sogenannten Freihausanschlüsse ein besonders gutes Werbemittel gewesen. Dies ist auch aus Abb. 1 ersichtlich, die zeigt, daß mit Beginn der Freiinstallationen der Verbrauch in Privathäusern schnell anstieg.

Vor allen Dingen muß natürlich dafür gesorgt werden, daß das Netz zu allen Zeiten allen billigen Ansprüchen gerecht wird. Störungen müssen soweit wie möglich vermieden werden. Die städtischen Beamten müssen zu jeder Zeit dem Verbraucher auch für Beratung zur Verfügung stehen. Sind diese Vorbedingungen erfüllt, dann kommt es noch auf eine kraftvolle Werbung an. Das Kapstadter Verfahren ist am besten aus Abb. 2 ersichtlich. Man sieht keine Kinovorstellung ohne ein Bild von der Anwendung des elektrischen Stromes, meistens den Jahreszeiten angepaßt. Jeder Brief des Werkes wird mit einer Marke verklebt, die im Sommer einen Fächer, im Winter einen Heizkörper im Gebrauch zeigt oder aber eine andre wirkungsvolle Anwendung des Stromes darstellt. Überall sieht man die Worte: Mach' es elektrisch! Die Schaulinie in Abb. 1 zeigt, wann die wirkungsvolle Werbung einsetzte.

Zuletzt mögen noch einige Angaben über die in Südafrika zugelassenen Geräte und Vorrichtungen folgen.

Alle Heiz- und Kochgeräte müssen mit einem Erdungsstift versehen sein, so daß stets drei Schnüre notwendig sind. Die Steckdosen müssen also ebenfalls drei Stifte haben. Gewöhnlich ist der geerdete Stift vierkantig. Die kleinsten Schalter und Steckdosen sind hierbei für 10 A bemessen, auch wenn der Apparat bedeutend weniger verbraucht. Englisches Schaltgerät wird durchweg vorgezogen. Deutsche Stecker, Anschlußdosen, Sicherungen und Schalter sind bisher wenig beliebt gewesen. Das lag hauptsächlich daran, daß fast alles in Porzellan angefertigt wurde, das beim ersten Falle zerbricht. Dann aber waren auch die meisten Schaltgeräte zu leicht. Stecker aus Hartholz oder Metall haben sich besser bewährt. Für größere Ausführungen werden heute meistens eisenbewehrte Schalt- und Sicherungskasten benutzt.

Zum Schluß noch die Bemerkung, daß der Anteil der elektrotechnischen Einfuhr der Union von Deutschland im Jahre 1913 31,9 vH der Gesamteinfuhr betrug, 1924 nur 4,6 vH. Dem Werte nach betrug die Gesamteinfuhr im Jahre 1924 rd. 60 Mill. ℳ. [B 2670]

Die Diesel-Getriebelokomotive und ihre Erprobung

Von Dipl.-Ing. N. Dobrowolski, Moskau (aus dem Russischen übersetzt von Dr.-Ing. E. Mrongovius, Berlin)

(Schluß von S. 878)

Versuchsfahrten auf den Strecken der Deutschen Reichsbahn

Zweck der Versuchsfahrten

Die Prüfstandversuche gaben die Möglichkeit, die Beziehungen

$$Z = f(V, \varepsilon, \nu) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1),$$

$$\eta = \varphi(V, \varepsilon, \nu) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

festzustellen, ohne jedoch die Frage nach der Brauchbarkeit der Lokomotive für Zugförderung zu beantworten.

Die Arbeitsbedingungen der Lokomotive auf dem Prüfstande sind sehr verschieden von den Arbeitsbedingungen auf der Strecke. Vor allem fehlt auf dem Prüfstand die Masse des Zuges. Auf dem Prüfstand wird bei nicht abgebremsten Rädern, d. h. etwa unter Leerlaufverhältnissen angefahren.

Auf der Strecke dagegen konnten die wesentlichsten Versuche in bezug auf das Anfahren unter der Zugbelastung und auf das Umschalten von einer Geschwindigkeitsstufe in die andre während der Fahrt durchgeführt werden. Die elektromagnetischen Kupplungen und das Zahnradgetriebe mußten daher unter den Verhältnissen des wirklichen Eisenbahndienstes erprobt werden. Hierin bestand das Grundziel der Versuchsfahrten.

Vorbereitung der Versuchsfahrten

Die Deutsche Reichsbahn zeigte sich bei der Durchführung der Versuche sehr entgegenkommend. Sie lieferte auf eigene Kosten die Radsätze für die deutsche Spur, übernahm für die Dauer der Versuchsfahrten die Lieferung des Brennstoffes und der Schmiermittel, stellte das für die Versuche erforderliche Eisenbahnpersonal zur Verfügung, rüstete die Lokomotive mit den Meßvorrichtungen aus und gab für die Versuchsfahrten den außerordentlich gut eingerichteten Meßwagen her.

Die Fahrten wurden auf den Strecken Düsseldorf–Opladen, Düsseldorf–Berlin und schließlich hauptsächlich Berlin–Güsten–Mansfeld ausgeführt. Abb. 13 zeigt das Streckenprofil Güsten–Mansfeld. Man sieht, daß die Strecke Güsten–Sandersleben eine Steigung von 10 vT und eine ebene Strecke enthält, während die Strecke Sandersleben–Mansfeld eine fast ununterbrochene Steigung von 10 vT in 13 km Länge darstellt, die für die Versuchsfahrten sehr geeignet ist. Die Lokomotive hatte ihren Stand in Güsten, kehrte aber im Verlauf des Tages nicht nach Güsten zurück, sondern wiederholte die Fahrt von Sandersleben aus. An jedem Tage wurden vier Versuchsfahrten Sandersleben—Mansfeld durchgeführt.

Plan der Versuchsfahrten

Es wurden Versuchsfahrten mit Füllung 6 und 5 bei sämtlichen drei Geschwindigkeitsstufen und bei drei verschiedenen Umlaufzahlen des Dieselmotors durchgeführt, im ganzen also 18 Versuchsfahrten.

Tatsächlich wurden 21 Versuchsfahrten durchgeführt. Die Lokomotive stand während der ganzen Dauer der Versuchsfahrten unter unserer Leitung, während der Meßwagen unter der Leitung der Vertreter der Reichsbahn stand. Auf Grund der Zugkraftkennlinie der Lokomotive wurde die Zugstärke für den folgenden Tag unter Berücksichtigung der Ergebnisse festgelegt, die auf Grund der Versuchsfahrten des Tages vorgenommen werden konnten. Ich möchte hier noch die angenehme Erinnerung erwähnen, die bei mir diese gemeinsame Arbeit mit den Vertretern der Deutschen Reichsbahn hinterlassen hat. In aller Stille haben wir diese Versuchsfahrten, die von außerordentlich großer geschichtlicher Bedeutung sind, durchgeführt. An dieser Stelle möchte ich meine besondere Dankbarkeit den Herren Prof. Nordmann und Oberbaurat Günther aussprechen, die in hervorragender Weise den Verlauf der Versuche gefördert haben.

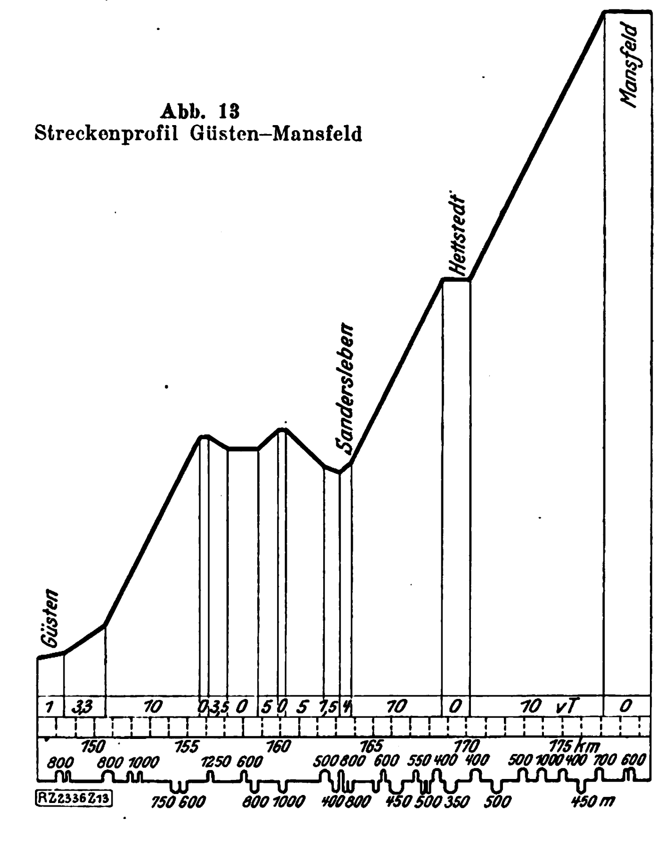


Abb. 13
Streckenprofil Güsten–Mansfeld

Die Versuchsfahrten

Am 6. Mai 1926 fuhr die Lokomotive zum erstenmal, und zwar auf einer Strecke mit 7 vT Steigung. Das Zuggewicht betrug 800 t. Die Lokomotive fuhr sicher und sanft an, bei langsamer Einschaltung der Hauptkupplung. Der Übergang von der 1. zur 2. Geschwindigkeitsstufe vollzog sich ebenfalls ruhig und einwandfrei. Während der Fahrt auf der Strecke wurde der Zug vor einem geschlossenen Einfahrtsignal in der Steigung zum Stillstand gebracht. Das Anfahren an dieser Stelle sollte die grundlegende und schwierigste Prüfung der Lokomotive sein. Auch diese Prüfung bestand sie ebenso gut; sie bewies dadurch ihre Fähigkeit zur Beförderung von Zügen. Diese ersten Versuchsfahrten wurden ohne Meßwagen durchgeführt, so daß wir keine Möglichkeit hatten, die erreichten Zugkräfte zu messen.

Am 7. Mai wurden die Versuchsfahrten bei Opladen erfolgreich wiederholt. Am 13. Mai langte die Lokomotive in den Werkstätten in Grunewald an. Bei der Fahrt von Düsseldorf bis Grunewald wurden zwei Personenwagen ohne jegliche Anstände gezogen; in Grunewald lief der Zug 3 min vor der fahrplanmäßigen Zeit ein.

Am Anfang dieser Fahrt erwärmte sich die Lamellenkupplung der 1. Geschwindigkeitsstufe. Dies erklärt sich dadurch, daß während der ganzen Fahrt die Lokomotive mit der 3. Geschwindigkeit fuhr und hierbei 50 km/h zurücklegte. Bei dieser Geschwindigkeit laufen das Gehäuse der Kupplung der 1. Geschwindigkeitsstufe und die mit ihm verbundenen Lamellen mit 1400 Uml./min. Berühren sich bei dieser Geschwindigkeit die Lamellen untereinander, so wird eine beträchtliche Wärmemenge entwickelt. Dies verursacht eine starke Abnutzung der Lamellen, was schließlich eine Reibung der Ankerscheibe auf Metall zur Folge haben kann. Offenbar ist dies auch der Fall gewesen; denn die Kupplung erwärmte sich in beträchtlichem Maße, und die Lamellen begannen zu rauchen.

Nach Untersuchung der Kupplung wurden zwischen den Lamellen Zwischenlagen eingelegt, um einen größeren Luftspalt zwischen der Ankerscheibe und dem Kupplungskörper herzustellen. Hiernach kühlte sich die Kupplung allmählich ab und arbeitete fernerhin völlig befriedigend während der ganzen Fahrt. Dieser Fall war insofern sehr nützlich, als er zeigte, daß die Kupplung sogar bei ungünstigen Verhältnissen arbeiten kann, und daß sie einer bestimmten und sorgfältigen Wartung bedarf in bezug auf den genügenden Spielraum an der Ankerscheibe.

In den Werkstätten in Grunewald wurde die Lokomotive mit folgenden Vorrichtungen versehen:

1. An sämtlichen Zylindern des Dieselmotors wurden elektrisch gesteuerte Indikatoren angebracht. Durch den Druck auf einen Knopf werden gleichzeitig an sämtlichen Zylindern Indikatordiagramme aufgenommen.
2. Besondere Meßbehälter wurden aufgestellt, die die Möglichkeit gaben, den Brennstoff mit ½ l Genauigkeit zu messen.
3. Pyrometer zur Temperaturmessung des Öles und des Wassers sowie der Abgase wurden angebracht.

Bei den Prüfstandversuchen wurde die Temperatur der Abgase nicht gemessen. Die Temperaturen wurden im Meßwagen an einem mit einem Temperaturmaßstab versehenen Amperemeter abgelesen.

4. Ein Orsat-Gerät wurde aufgestellt. Es stand im Meßwagen, und die Abgase gelangten dorthin durch eine besondere Rohrleitung von dem Auspufftopf.

Die Versuchsfahrten wurden mit einem genau abgewogenen Zug ausgeführt.

Am 25. Mai fand die Abfahrt der Lokomotive mit einem 1200 t schweren Zug nach Güsten statt. Am gleichen

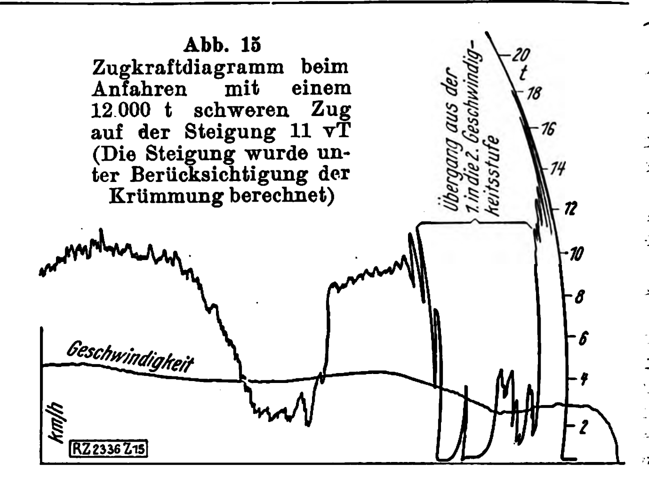


Abb. 15 Zugkraftdiagramm beim Anfahren mit einem 12000 t schweren Zug auf der Steigung 11 vT (Die Steigung wurde unter Berücksichtigung der Krümmung berechnet)

Tage wurden die ersten Versuchsfahrten durchgeführt. Zahlentafel 1 enthält eine Übersicht über die Versuchsfahrten.

Die Ergebnisse der Versuchsfahrten

Abb. 14 zeigt die Linien

$$Z = f(V, \varepsilon) \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (1),$$

die auf Grund der Versuchsfahrten bei Güsten aufgestellt sind. Wie man aus dieser Abbildung sieht, stimmen die einzelnen Punkte der Versuchsfahrten mit denen der Prüfstandversuche, Abb. 8 (Nr. 25 S. 877), ausreichend gut überein.

Von besonderer Wichtigkeit sind die Beobachtungen, die im Augenblicke des Anfahrens, insbesondere in einer Steigung und in den Augenblicken des Überganges aus

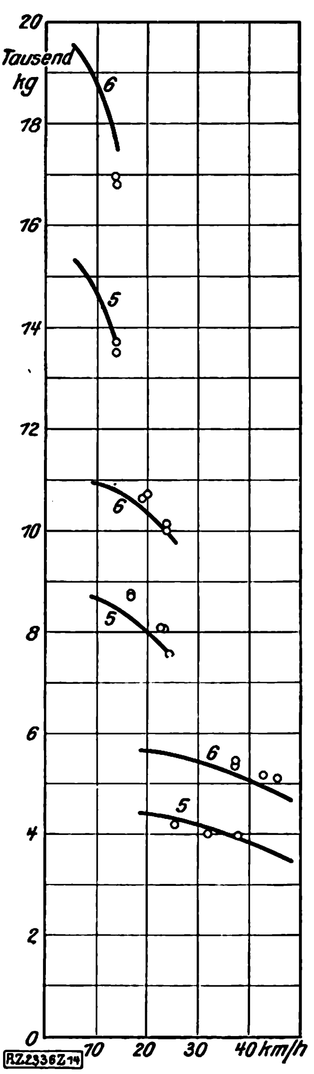


Abb. 14 Zugkräfte in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit bei den Füllungen 5 und 6, gemessen bei den Versuchsfahrten

Zahlentafel 1. Versuchsfahrten mit der Dieselgetriebelokomotive auf der Reichsbahn

Datum	Strecke	Geschwindigkeitsstufe	Füllung	Zuggewicht in t	Geschwindigkeit in km/h
25. Mai 1926	Güsten–Mansfeld	3	6	279	37,2
26. „ „	Güsten–Mansfeld	1	6	1228	13,85
26. „ „	Sandersleben–Mansfeld	2	6	645	24,0
26. „ „	Sandersleben–Mansfeld	1	5	940	13,90
26. „ „	Sandersleben–Mansfeld	1	5	1037	13,81
27. „ „	Güsten–Mansfeld	1	6	1335	13,73
27. „ „	Sandersleben–Mansfeld	3	6	323	27,08
27. „ „	Sandersleben–Hettstedt	3	6	257	44,0
27. „ „	Sandersleben–Hettstedt	2	6	702	23,8
28. „ „	Güsten–Mansfeld	2	6	759	19,42
28. „ „	Sandersleben–Mansfeld	2	5	483	24,05
28. „ „	Sandersleben–Mansfeld	2	5	527	22,86
28. „ „	Sandersleben–Mansfeld	2	5	585	16,58
29. „ „	Güsten–Sandersleben	3	5	236	25,1
29. „ „	Sandersleben–Mansfeld	3	5	207	33,7

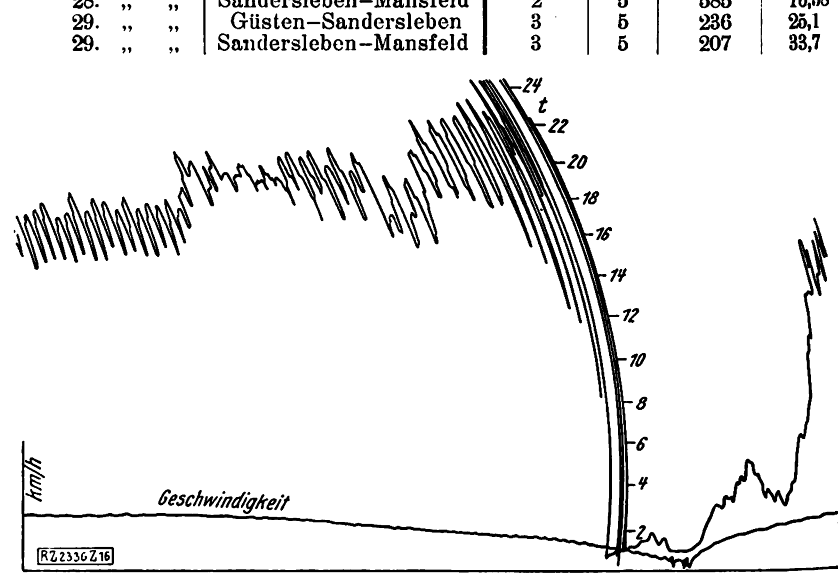


Abb. 16. Zugkraftdiagramm bei Versuchsfahrten mit der zweiten Geschwindigkeitsstufe

einer Geschwindigkeitsstufe zur andern gemacht wurden. Abb. 15 zeigt das Zugkraftdiagramm beim Anfahren mit einem 1200 t schweren Zug bei 11 vT Steigung. Wie man aus dem Diagramm der Zugkraft, am Haken gemessen, sieht, erreichte die Zugkraft im Augenblick des Anfahrens über 20 t, was dem spezifischen Widerstand 5,5 kg/t im Augenblick des Anfahrens unter Ausschluß der Steigung entspricht. Wesentlich ist natürlich in diesem Fall auch der Halbmesser der Krümmung, in der sich der Zug in diesem Augenblick befand. Obwohl diese Krümmung durch Angabe einer Steigung von 21 vT auf Grund der üblichen Gleichungen berücksichtigt worden ist, kann man annehmen, daß der Einfluß der Krümmung im Augenblick des Anfahrens beträchtlich größer ist. Die erzielten Werte des spezifischen Widerstandes beim Anfahren müssen stets bei der Berechnung der erforderlichen Zugkraft zum Anfahren unter weniger günstigen Verhältnissen vorausgesetzt werden.

Die mittlere Zugkraft beim Anfahren, Abb. 15, beträgt etwa 17 t, d. h. mehr als die Reibungszugkraft der E-Dampflokomotive. Hierbei zeigte die Diesellokomotive nicht die geringste Neigung zum Schleudern weder in diesem Fall noch im andern.

Abb. 16 zeigt das Zugkraftdiagramm bei Versuchsfahrten in der 2. Geschwindigkeitsstufe. Man sieht hier deutlich die Augenblicke des Übergehens aus der ersten Geschwindigkeitsstufe in die zweite. Man sieht, daß bei diesem Übergang die Zugkraft auf den Wert null herabsinkt. Hierzu ist zu bemerken, daß das an und für sich einfache Übergehen aus einer Stufe in die andre vom Zugführer eine ziemlich große Aufmerksamkeit und Geschicklichkeit erfordert.

Um bei dem Umschalten von einer Geschwindigkeitsstufe in die andre jegliche Stöße in dem Zuge zu vermeiden, muß bei dem Einschalten einer neuen Stufe die Drehzahl des Dieselmotors der Zuggeschwindigkeit der neuen Stufe entsprechen. Für das Umschalten aus der ersten Stufe in die zweite ergeben sich die folgenden Beziehungen:

Für die erste Stufe gilt:

$$v = 0{,}036\, n \quad (5),$$

für die zweite Stufe:

$$v = 0{,}063\, n \quad (6).$$

Man bleibt auf der ersten Stufe, bis der Dieselmotor die Drehzahl 400 erreicht hat, was einer Fahrtgeschwindigkeit von 14,4 km/h entspricht. Danach wird die Hauptkupplung und die erste Stufe ausgeschaltet. Angenommen, daß während dieses Vorganges die Zuggeschwindigkeit auf 10 km/h sinkt, so müssen wir bei dieser Geschwindigkeit die Kupplung der zweiten Stufe und dann die Hauptkupplung, d. h. den Dieselmotor, anschließen. Aus Gl. (6) sehen wir, daß 10 km/h Fahrtgeschwindigkeit etwa 160 Uml./min des Dieselmotors entsprechen. Wir müssen daher vor dem Einschalten der zweiten Geschwindigkeitsstufe und der Hauptkupplung die Drehzahlen des Dieselmotors auf 160 Uml./min herabsetzen. Nur in diesem Falle werden bei dem Einschalten der Hauptkupplung beide Hälften (die eine mit der Dieselmotorwelle und die andere mit der oberen Getriebewelle verbundene Hälfte) die gleiche Winkelgeschwindigkeit haben, und infolgedessen wird der Dieselmotor stoßlos eingeschaltet werden können.

Damit der Zugführer diese Forderung anstandlos erfüllen kann, muß er eine Vorrichtung zur Verfügung haben, die ihm die Fahrtgeschwindigkeit und die Drehzahl des Dieselmotors anzeigt, wobei die Skala des Drehzahlenanzeigers für den Dieselmotor in bezug auf die Fahrtgeschwindigkeit für sämtliche drei Stufen eingeteilt werden muß. Die Aufgabe des Zugführers besteht dann darin, daß er vor dem Einschalten einer neuen Geschwindigkeitsstufe die Drehzahl des Dieselmotors auf einen Wert bringt, für den beide Geräte die gleichen Werte anzeigen, natürlich unter Berücksichtigung der Skala für die Drehzahl des Dieselmotors, die der betreffenden Stufe entspricht.

Ein nützliches Ergebnis der Versuchsfahrten auf der Reichsbahn war die Feststellung einer Reihe baulicher Mängel sowie verschiedener Ausführungsmängel. Diese beziehen sich hauptsächlich auf das Getriebe. Die Kurbel der Blindwelle hatte sich infolge nicht genügender Aufpressung etwas verschoben. Die Blindwelle wurde daher später ausgebaut, ihre Zapfen verstärkt und der Einpreßdruck für die Kurbel auf 180 t erhöht. Nach Beendigung der Versuchsfahrten wurden das Zahnradgetriebe und die Kupplungen einer Untersuchung unterworfen. Die Zahnräder erwiesen sich in gutem Zustande, die Kupplungen zeigten keine Spuren von besonderer Abnutzung. Dieses Ergebnis löste eine wichtige Frage für das Schicksal dieser Lokomotive. Es gab die Überzeugung, daß bei richtiger Wartung das Zahnradgetriebe ohne besondere Ausbesserungen viele Jahre arbeiten kann. Bei den Kupplungen war die Abnutzung der Lamellen so gering, daß eine einmalige Auswechslung im Jahre genügen kann unter der Voraussetzung natürlich einer richtigen Wartung und Behandlung. Im allgemeinen kann man sagen, daß infolge der Einfachheit dieser Lokomotive an das Bedienungspersonal nicht sehr große Anforderungen gestellt zu werden brauchen.

Der Hilfsmotor brachte keine besonderen Vorteile mit sich. Er konnte geduldet werden, solange man nicht die Sicherheit hatte, daß die Hauptteile der Lokomotive: der Hauptmotor, die Kupplungen und das Getriebe, zuverlässig arbeiten. Nachdem die Versuchsfahrten uns die Überzeugung gaben, daß die Lokomotive imstande ist, zuverlässig zu arbeiten und Züge zu fördern, und alle Hauptteile zu keinen Bedenken Anlaß gaben, brauchten wir nicht die Arbeit der Lokomotive vom Hilfsmotor abhängig zu machen, der natürlich nicht so zuverlässig sein kann wie der Hauptdieselmotor. Wir kehrten daher zu dem ursprünglichen Entwurf des unmittelbaren Antriebes für den Lüfter und die Dynamo von der Hauptwelle des Dieselmotors über eine Zahnradübersetzung zurück.

Folgerungen

Auf Grund der Versuche kann man sagen, daß nach der Durchführung der baulichen Änderungen die Diesel-Getriebelokomotive die einfachste und leichteste Wärmelokomotive der Welt dieser Leistung ist. Die Reibungszugkraft der Lokomotive erreicht infolge des gleichmäßigen Drehmoments und der gekuppelten Achsen 17,6 t und übersteigt hierbei die Zugkraft der E-Dampflokomotive und der dieselelektrischen Lokomotive.

Bezieht man das Gewicht der Lokomotive auf die Leistung am Treibradumfange, so erhält man das Gewicht für 1 PS_e aus Zahlentafel 2. Bei 1100 PS_e Leistung am Umfang der Schwungscheibe des Motors beträgt die Leistung am Radumfang der Lokomotive etwa 985 PS.

Zahlentafel 2
Vergleich der auf 1 PS am Radumfang bezogenen Gewichte verschiedener Diesellokomotiven mit der E-Dampflokomotive

	kg/PS	vH
Bei der E-Dampflokomotive einschließlich Tender	103	100
„ „ dieselelektrischen Lokomotive (Lomonossoff)	184	174
„ „ dieselelektrischen Lokomotive von Hackel	225	212
„ „ Diesel-Getriebelokomotive . .	133	125

Bei der Aufstellung der Vergleichzahlen von Zahlentafel 2 nahmen wir die Leistung der Lokomotive entsprechend ihrer Reibungszugkraft und der höchsten Geschwindigkeit an, die bei dieser Zugkraft dauernd entwickelt werden kann. Ein Vergleich verschiedener Lokomotiven in bezug auf die Leistung des Antriebmotors ist nicht richtig; denn die Leistung einer Wärmelokomotive hängt nicht nur von der Leistung des Antriebmotors, sondern auch von dem Wirkungsgrad der Übertragung ab. Wir nehmen die Leistung entsprechend der Reibungszugkraft bei der höchsten Geschwindigkeit an, da diese Annahme für eine Güterzuglokomotive praktisch am wichtigsten ist.

Zahlentafel 2 zeigt, daß die Getriebelokomotive 25 vH schwerer ist als die E-Dampflokomotive. Es besteht aber die Möglichkeit, den Antriebmotor durch einen leichteren zu ersetzen und hierdurch das Gewicht der Getriebelokomotive bis 105 t herabzusetzen, während die Leistung des Antriebmotors gleichzeitig auf 1200 PS erhöht wird.

Hierdurch würden rd. 100 kg/PS, bezogen auf Radumfang, erzielt werden, was weniger ist als bei der E-Dampflokomotive.

Hiermit ist auch die Frage des Preises verbunden. Da in bezug auf das Gewicht die Getriebelokomotive wenig von der Dampflokomotive abweicht, so kann man behaupten, daß auch der Herstellpreis der Wärmelokomotive mit Zahnradübertragung bei Massenherstellung von dem Herstellpreis der Dampflokomotive nicht sehr abweichen dürfte. Jedenfalls wird eine Wärmelokomotive mit Zahnradgetriebe billiger sein als alle übrigen bisher bekannten Wärmelokomotivarten. Sie könnte nur im Vergleich mit einer Wärmelokomotive mit unmittelbarer Übertragung im Nachteil bleiben.

Man kann somit alle die unzweifelhaften Vorzüge der Wärmelokomotive mit Zahnradgetriebe, ihre Einfachheit, geringes Gewicht und geringen Preis hervorheben.

Ein weiterer Vorzug dieser Lokomotive ist die hohe Zugkraft und der hohe Wirkungsgrad. Das bedeutet, daß man das Zuggewicht für diese Lokomotive im Vergleich mit der E-Dampflokomotive um 15 vH erhöhen konnte. Bei den günstigen Regelungsverhältnissen beider Lokomotiven liegt der Wirkungsgrad der Dieselgetriebelokomotive höher als der Wirkungsgrad der dieselelektrischen Lokomotive.

Anderseits weist die Diesel-Getriebelokomotive auch eine Reihe grundsätzlicher Mängel auf und eine Reihe von Mängeln, die jedoch nur von der hier angewandten Bauart abhängig sind, also beseitigt werden können.

Wie wir bereits erwähnt haben, muß die Zugkraft bei dem Umschalten von einer Stufe in die andre unbedingt durch den Nullpunkt gehen. Diese nicht ununterbrochene Zugkraft ist ein wesentlicher *grundsätzlicher Mangel* einer Wärmelokomotive mit einem Schaltgetriebe. Dieser Mangel erschwert die Beförderung von Zügen und schafft die Gefahr eines Zerreißens des Zuges in hügeligem Gelände. Der Zugführer muß in einem solchen Gelände außerordentlich aufmerksam sein und das Streckenprofil gut kennen.

Abb. 12 (S. 878) zeigte die Leistungskennlinie der Lokomotive am Treibradumfange bei der Füllung 6. Die schraffiert angelegten Flächen zeigen die Gebiete, in denen die Leistung des Motors nicht voll entwickelt werden kann. Wir erhalten die volle Leistung der Diesellokomotive nur in den drei Punkten, die der vollen Umlaufzahl des Dieselmotors bei jeder Stufe entsprechen. Mit andern Worten: wir können z. B. bei 16 km/h Geschwindigkeit nicht die volle Leistung entwickeln, da die Geschwindigkeit des Zuges durch die Umlaufzahl des Dieselmotors bedingt ist, also durch dessen Höchstleistung. Die Leistung der Lokomotive ist aber nur dann von Bedeutung, wenn sie in jedem Augenblick voll ausgenutzt werden kann. Diesen Bedingungen entspricht die Diesellokomotive nicht völlig, und wenn wir von ihrer Leistung sprechen, so müssen wir diese Beschränkung berücksichtigen. Ideal ist in dieser Hinsicht die dieselelektrische Lokomotive, bei der unbegrenzt für jede Geschwindigkeit die höchste Leistung ausgenutzt werden kann.

Bei einer Wärmelokomotive mit unmittelbarer Übertragung wird dieser Mangel auch auftreten, falls als Hauptantriebmotor ein gewöhnlicher Dieselmotor mit einem beständigen mittleren Wert des indizierten Drucks verwendet wird.

Das Bestreben der Konstrukteure muß auf die Schaffung eines Motors gerichtet sein, der eine beträchtliche Erhöhung des indizierten Drucks zuläßt, ohne daß in dem Motor außergewöhnliche Temperaturen und Spannungen entstehen, die für die Arbeit des Motors nachteilig sein können. Es wird schon in dieser Richtung gearbeitet, und man kann überzeugt sein, daß in der nächsten Zukunft ein solcher Motor geschaffen wird und die Aufgabe der *unmittelbaren Übertragung der Leistung* von dem Antriebmotor auf die Achsen der Lokomotive gelöst sein wird.

Ein weiterer Mangel unserer Diesel-Getriebelokomotive, der aber nicht ein Mangel der Übertragungsart, sondern lediglich dieser Ausführung ist, besteht darin, daß das Gebiet der kritischen Drehzahlen innerhalb der Arbeitsgebiete des Dieselmotors liegt, und daß die Übersetzungszahlen der einzelnen Geschwindigkeitsstufen ungünstig gewählt worden sind. Der Dieselmotor hat die höchste Drehzahl 450 Uml./min. Nur bei dieser Drehzahl kann er bei entsprechender Fahrtgeschwindigkeit die Höchstleistung, 1200 PS_e, anstandslos entwickeln. Da das Gebiet der kritischen Drehzahlen des Motors zwischen 400 und 430 Uml./min liegt, so können wir im normalen Dienst die Drehzahl des Motors nicht über 400 Uml./min steigern. Hierdurch werden die Vorzüge der Diesel-Getriebelokomotive und vor allem ihre Leistung beträchtlich vermindert. Könnte der Dieselmotor bei 450 Uml./min arbeiten, so würde das Gewicht für 1 PS_e nur 120 kg betragen. Es ist aber nicht unbedingt erforderlich, daß die kritische Drehzahl des Dieselmotors unterhalb der Arbeitsdrehzahl liegt. Technisch ist es vollkommen möglich, einen Antriebmotor zu bauen, bei dem die kritische Drehzahl oberhalb des Arbeitsgebietes liegt. Für die weiteren Diesel-Getriebelokomotiven müßte ein solcher Antriebmotor benutzt werden.

Die Übersetzungszahlen der Schaltstufen sind auch nicht richtig gewählt. Die erste Stufe ist so gewählt worden, daß sie einerseits für das Anfahren zu gering ist, anderseits für die Beförderung eines Zuges in einer Grenzsteigung zu hoch ist. Ebenso ist die zweite Stufe für die Beförderung eines Zuges bei voller Zugstärke in einer Grenzsteigung zu schwach, während sie für leichtere Streckenprofile zu reichlich bemessen ist.

Unsere Versuchsfahrten zeigten, daß zur Erzielung eines sanften und sicheren Anfahrens eines Zuges die Übersetzungszahl der ersten Stufe erhöht werden muß. Es ist erforderlich, daß der Zug bei geringer Füllung des Dieselmotors anfährt. Dies wird bedingt nicht nur durch das sanfte und weiche Anfahren des Zuges, sondern auch durch die Zuverlässigkeit der Arbeit. Im Augenblick des Anfahrens, wenn die Hauptkupplung eingeschaltet ist, sinkt die Drehzahl des Dieselmotors stark. Ist die Füllung des Motors in diesem Augenblick nicht groß, so arbeitet der Motor regelmäßig, ist man aber gezwungen im Augenblick des Anfahrens mindestens Füllung 6 anzuwenden, so entsteht im Augenblick des Anfahrens infolge der geringeren Drehzahl des Motors eine Neigung zu Stößen, wodurch nicht nur ein ungleichmäßiges Drehmoment auftritt, sondern auch eine ungünstige Belastung der Zahnräder des Getriebes verursacht wird.

Die erste Geschwindigkeitsstufe muß ausschließlich für das Anfahren vorgesehen sein. Nimmt man für die höchste Drehzahl des Dieselmotors 400 Uml./min an, so müßte die Übersetzungszahl für die erste Stufe zehn oder noch besser zwölf betragen. Die Übersetzungszahl der zweiten Stufe muß so gewählt werden, daß man das Normalgewicht des Zuges in einer Grenzsteigung befördern, d. h. dauernd 15 200 kg Zugkraft entwickeln kann. Dies erfordert eine Übersetzung 5,5 : 1. Bei diesem Übersetzungsverhältnis beträgt die Grenzgeschwindigkeit der zweiten Stufe 20 km/h, d. h. man kann Züge von voller Zugstärke in der Grenzsteigung mit 20 km/h Geschwindigkeit befördern.

Die Wahl der Übersetzungszahl der dritten Stufe hängt von der Höchstgeschwindigkeit der Lokomotive ab. Im vorliegenden Fall beträgt sie 50 km/h, was ein Übersetzungsverhältnis 2,2 : 1 ergibt.

Ferner müßte außer den drei Geschwindigkeitsstufen eine besondere Zahnradübersetzung für Rückwärtsgang vorgesehen werden. Hierdurch würde die Umsteuerbarkeit des Dieselmotors überflüssig, der Motor einfacher und der Verschiebedienst mit der Lokomotive ebenfalls einfacher werden.

Trotz aller dieser Mängel ist die Diesel-Getriebelokomotive ein gelungener Versuch der Verwendung einer rein mechanischen Übertragung; er zeigt neue Wege für den Wärmelokomotivbau in dieser Richtung, Wege, die bisher von den Konstrukteuren ängstlich vermieden worden sind. Die Übertragung der Leistung über Zahnräder ist aber bereits ein Übergang zur unmittelbaren Übertragung. [B 2336]

Ordentliche Mitgliederversammlung der Deutschen Gesellschaft für Bauingenieurwesen

gelegentlich der 66. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure Mannheim-Heidelberg

Die Ordentliche Mitgliederversammlung der Deutschen Gesellschaft für Bauingenieurwesen begann am 28. Mai 1927 mit einem geschäftlichen Teil, den der zweite Vorsitzende, Ministerialrat Busch, leitete. Der Geschäftsführer, Dipl.-Ing. Baer, erstattete den Geschäfts- und Kassenbericht; er betonte darin, daß die Aufgabe der Geschäftstelle sich nicht im Verwalten erschöpfen dürfe, sondern daß von ihr Anregungen für Lehre und Praxis geschaffen werden sollten. Die Versammlung genehmigte den Kassenabschluß für 1926, erteilte dem Vorstand und der Geschäftstelle Entlastung und setzte den Beitrag für 1928 fest.

Der erste Vorsitzende, Geheimrat Prof. Dr. de Thierry, eröffnete sodann den wissenschaftlichen Teil der Versammlung. Einleitend berichtete er von seinen Eindrücken auf einer Studienreise in Amerika und schilderte die gewaltigen Aufgaben, die den dortigen Bauingenieuren, insbesondere im Brücken- und Hafenbau New Yorks und seiner Umgebung, gestellt werden. Die drei Staaten, aus denen Groß-New-York besteht, haben sich jetzt endlich entschlossen, die Verkehrsfragen der Riesenstadt gemeinsam zu lösen. Hervorzuheben ist, daß nur zwei Eisenbahnlinien in die Stadt führen. New York hat den größten Seehafen der Welt; der Umstand, daß es zugleich an mehreren großen Flüssen liegt, deren Ufer dicht mit Industrieunternehmungen besetzt sind, bringt es mit sich, daß es auch den größten Binnenhafen der Welt hat. Die Fahrzeugflotte der Binnenschiffahrt ist zu einem großen Teil im Besitz der Eisenbahngesellschaften. Auch die zahlreichen Fähren, die die Verbindung über die großen Ströme herstellen, sind im Besitz der Eisenbahngesellschaften.

Vor einiger Zeit ist der Bau der Hudson-Brücke in Angriff genommen worden. Diese soll die Nordspitze der Insel Manhattan mit dem nördlichen Teil der Stadt New Jersey verbinden. Sie wird als Hängebrücke ausgeführt, deren Mittelöffnung mehr als 1000 m und deren Seitenöffnungen je 214 m Spannweite haben. Die Höhe der Kettenpfeiler über dem Wasserspiegel beträgt 214 m, die Entfernung zwischen den Ketten 32 m. Die Brücke erhält zunächst vier, nach ihrem vollständigen Ausbau jedoch zwölf verschiedene Fahrbahnen. Die Fußwege werden ausgekragt. Unter den Fußwegen werden später von den schweren Untergurten der Versteifungsträger beiderseitig Konsolen auskragen, die die Längsträgerkonstruktionen für die Fahrbahnen der beiden zweigleisigen Schnellbahnen tragen sollen. Der Verkehr über die Brücke soll 1932 eröffnet werden. Die Baukosten betragen etwa 200 Mill. ℳ und werden durch ein Bankenkonsortium aufgebracht, das zu diesem Zweck eine Anleihe zu 4½ vH Zinssatz aufgenommen hat, die in kurzer Zeit überzeichnet war.

Der Vorsitzende sprach seine Befriedigung darüber aus, daß auch Deutschland wieder in die Lage komme, seinen Bauingenieuren bemerkenswerte Arbeiten zuzuweisen. Gerade in Mannheim befindet sich ein Werk, die Friedrich-Ebert-Brücke über den Neckar[1]), die den Ruf der deutschen Bauingenieurkunst weit über Deutschlands Grenzen hinausgetragen hat.

Beigeordneter Dr. Bartsch begrüßte sodann die Versammlung im Namen der Stadt Mannheim. Diese Stadt, führte er aus, ist ein Erzeugnis der Kunst des Bauingenieurs in ihrer regelmäßigen Stadtanlage im Gebiete der regulierten Stromläufe des Rheines und des Neckars. Auch das jetzige Mannheim mit seinen Hafen-, Speicher- und Brückenbauten legt Zeugnis vom Können der Bauingenieure ab. Mannheim erhofft gerade in seiner augenblicklich schwierigen Lage Vieles vom Fortschritt der Bauingenieurwissenschaften.

In den nun folgenden wissenschaftlichen Vorträgen behandelte Ministerialrat Dr.-Ing. Ellerbeck vom Reichsverkehrsministerium, Berlin, den Entwurf 1926 zum Schiffshebewerk Niederfinow[2]), Oberreg.-Baurat Dr.-Ing. Schaechterle, Stuttgart, die Entwicklung der deutschen Brückenbautechnik in den letzten Jahren[3]) und Strombaudir. Konz die Neckarkanalisierung von Mannheim bis Plochingen[4]).

Am 30. Mai hatten die Teilnehmer der Versammlung Gelegenheit, die Neckarkanalstrecke von Mannheim bis Heidelberg zu befahren, die damit teilweise zum ersten Male von Fahrgastschiffen benutzt wurde. Es bot sich die Möglichkeit, die Schleusenbauten auf der Strecke sowie die bereits fast vollständig fertiggestellten Stauanlagen und Kraftwerke kennen zu lernen. [N 558] Br.

[1]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 868.
[2]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 787.
[3]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 786; ein ausführlicher Abdruck folgt demnächst in dieser Zeitschrift.

[4]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 786; ein ausführlicher Abdruck folgt demnächst in dieser Zeitschrift.

Krümmungen zylindrischer Kesselteile während des Betriebes

Als Heft 292 der Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens[1]) erscheint unter obigem Titel eine Arbeit von P. Rönne, Dampfkesselinspektor in Kopenhagen. Schon früher glaubte man, bestimmte Arten von Schäden an Dampfkesselblechen, besonders an Flammrohren, Mänteln und Böden auf Spannungen und Formänderungen infolge ungleichmäßiger Erwärmung zurückführen zu müssen, ohne daß aber die Zusammenhänge seither rechnerisch oder versuchsmäßig eingehender beleuchtet worden sind. Diese Lücke soll die vorliegende Arbeit ausfüllen.

Rönne geht aus von den in einem Dampfkessel während des Betriebes herrschenden Temperaturunterschieden im Wasser und in den Gasen, für die er die im Schrifttum vorhandenen Angaben zusammenstellt und kritisch würdigt. Indem er die im Schrifttum angegebenen Wärmeübergangzahlen zwischen Heizgasen und Wasser (Wasserdampf) gegenüber Eisen benutzt, berechnet er die Temperatur der Kesselwandungen und vergleicht diese berechnete Temperatur teils mit der im Schrifttum gefundenen und teils mit der durch seine Versuche ermittelten.

Die Formänderungen und Spannungen, die infolge der betriebsmäßigen Temperaturunterschiede auftreten, berechnet der Verfasser auf Grund der in Elastizitätslehre und Eisenkunde üblichen Voraussetzungen mit Bezug auf verschiedene Querschnitte für frei aufliegende und eingespannte Balken. Die Brauchbarkeit der aufgestellten Gleichungen wird an der Hand fremder und eigener Versuche nachgeprüft und für befriedigend befunden.

Die Größe der Formänderungen und Spannungen im Kessel während des täglichen Betriebes als Funktion des Temperaturverlaufes hat Rönne durch unmittelbare Messungen an im Betriebe befindlichen Kesseln verschiedener Bauart (Ein- und Zweiflammrohrkessel, Babcock & Wilcox-Kessel) ermittelt. Die gefundenen Formänderungen stimmten mit den rechnungsmäßig erwarteten gut überein.

Der letzte Abschnitt befaßt sich mit den Kesselschäden infolge der durch Temperaturunterschiede im Kessel auftretenden Formänderungen und Spannungen und den Wegen, durch die sie vermieden werden können. Es wird rechnerisch nachgewiesen, daß und an welchen Stellen, beispielsweise an Flammrohren, Böden und dergleichen, solche Spannungen in gefährlichem Ausmaß auftreten können, die auch bei gut gereinigten und bedienten Kesseln die übrigen Spannungen bis um 1400 kg/cm² erhöhen. Auf die Bruchgefahr bei plötzlichen Temperaturänderungen wird besonders hingewiesen. Viele Schäden führt der Verfasser auf Grund seiner Beobachtungen auf Spannungswechsel infolge von Temperaturschwankungen, d. h. auf Materialermüdung, entstanden aus Formänderungen, zurück, besonders auch die Rißbildung an Bodenkrempen. Als Gegenmittel werden sorgfältiges Anheizen und Einhaltung möglichst gleichmäßiger Temperaturen an der Hand laufender Beobachtung der Rauchgastemperaturen empfohlen, ferner gibt Rönne Gesichtspunkte an, wie durch zweckmäßige Bauart der Kessel, Formgebung und Bemessung von Teilen und dergleichen die Gefahr von Schäden gemindert werden kann

Die Arbeit ist ein wertvoller Beitrag zur Kenntnis der verwickelten Vorgänge in Dampfkesseln. Wenn auch die theoretischen Ableitungen, Ergebnisse und Schlußfolgerungen der Nachprüfung und Ergänzung durch weitere Tatsachen bedürfen und die Anschauungen über die Ursachen mancher Kesselschäden auseinandergehen, so gibt das Buch doch jedem Kesselkonstrukteur und Betriebsmann viele Hinweise, die zu Überlegungen und Beobachtungen in gleicher Richtung anregen. [N 348] Spr.

[1]) VDI-Verlag, Berlin 1927.

RUNDSCHAU

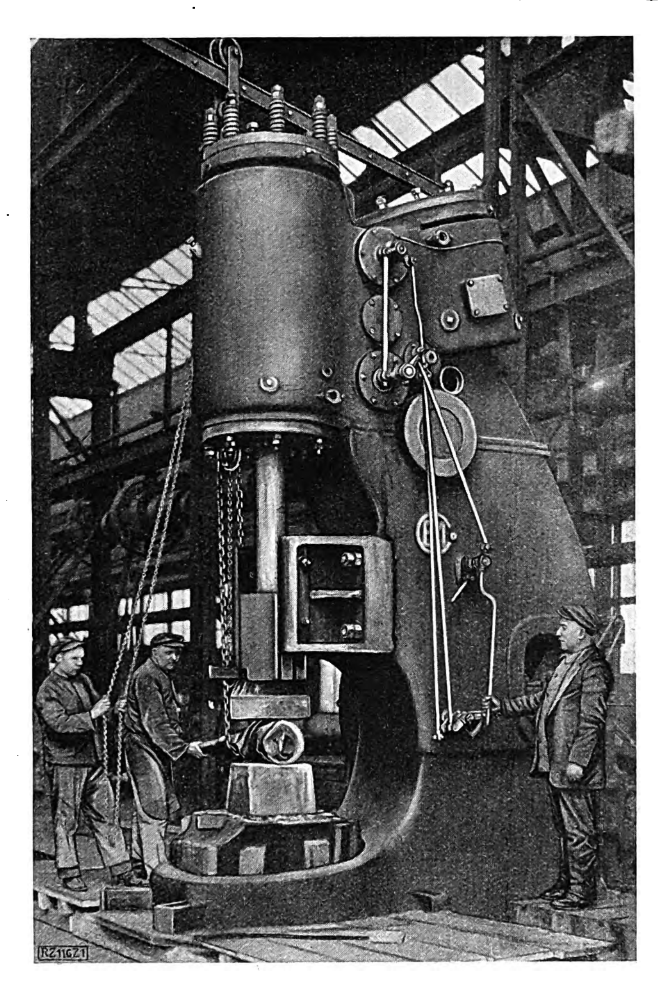


Abb. 1
Lufthammer mit 1500 kg Bärgewicht, erbaut von der Eumuco-A.-G. für Maschinenbau, Schlebusch-Manfort bei Köln

Metallbearbeitung

Lufthammer mit 1500 kg Bärgewicht

Bis vor kurzem galt ein Bärgewicht von 600 kg als der erreichbare Höchstwert bei Lufthämmern; neuerdings sind jedoch ziemlich gleichzeitig zwei Lufthämmer auf dem Markt erschienen, die bis zu 1500 kg Bärgewicht gehen, und zwar ein englischer Hammer von B. & S. Massey, Ltd., Manchester[1]), und ein deutscher Hammer der Eumuco A.-G. für Maschinenbau, Schlebusch-Manfort bei Köln.

Während der Massey-Hammer die Zweiständerbauart zeigt, die die Zugänglichkeit und freie Bewegung des Schmiedestückes beeinträchtigt, ist der Eumuco-Hammer, Abb. 1, in der gleichen Einständerbauart gehalten wie seine kleineren Vorgänger. Die geschlossene neuzeitliche Gestalt des Ständers steht im Gegensatz zu der in Deutschland längst verlassenen Rippenform des englischen Hammers. Zum Unterschied von dem Antrieb durch ein offenliegendes Zahnradgetriebe des Massey-Hammers läuft das Vorgelege des Eumuco-Hammers in einem völlig geschlossenen Ölbade.

Die Leistung des englischen Hammers ist im Schrifttum[2]) nicht näher angegeben, immerhin kann aus den genannten Abmessungen geschlossen werden, daß die Endgeschwindigkeit des Bärs, die für die Schlagenergie bei gegebenem Bärgewicht allein maßgebend ist, etwa 6 m/s beträgt; das wäre auch der Wert, der sich bei vielen ausländischen Hämmern findet. Hieraus würde man für die Schlagwirkung des englischen Hammers von 1500 kg Bärgewicht mit 2700 kgm/s je Schlag zu rechnen haben. Gewisse deutsche Lufthämmer erreichen die gleiche Energie bereits mit 850 kg Bärgewicht. Dieser geringen Schlagleistung des Massey-Hammers entspricht auch der größte Kraftbedarf von 75 PS bei 75 Schlägen in 1 min.

[1]) Z. Bd. 71 (1927) S. 67.
[2]) „Machinery" Bd. 28 (1926) S. 341.

Der dargestellte Eumuco-Hammer von 1500 kg Bärgewicht verbraucht entsprechend seiner wesentlich höheren Schlagleistung von 5400 kgm/s etwa 130 PS, seine Schlagzahl beträgt 85/min. Bemerkenswert ist die Ausbildung der Kurzzeitkupplung, die dem Hammerführer ermöglicht, bei jeder kleineren Unterbrechung der Schmiedearbeit den weiter laufenden Motor vom Hammer abzuschalten und damit seine Leerlaufarbeit auf das unvermeidbare Mindestmaß zu beschränken. In den Betriebspausen wird der Motor selbst stillgesetzt. Diese Maßnahmen tragen dazu bei, die Wirtschaftlichkeit des Lufthammers weiterhin zu erhöhen.

Mit dem Bärgewicht von 1500 kg ist die Entwicklung der Lufthämmer mit pendelnder Luftsäule noch nicht abgeschlossen; gegenwärtig befindet sich bei der Eumuco A.-G. ein solcher Hammer mit 2000 kg Bärgewicht im Bau.

Berlin [M 116] Dipl.-Ing. E. Klapper

Über das Kaltziehen von Stahlrohren

Die wenigen bisher über das Kaltziehen von Stahlrohren veröffentlichten Arbeiten beschränken sich auf allgemeine Beschreibungen des Ziehens, Glühens und Beizens der Rohre. A. Pomp und W. Albert[1]) untersuchten den Einfluß des Kaltziehens auf Zugfestigkeit, Dehnung, Härte, Kerbzähigkeit und Gefüge nahtloser Stahlrohre von der in Zahlentafel 1 angegebenen Zusammensetzung. Die Versuchsrohre hatten im Ausgangzustand einen äußeren Durchmesser von 70 mm und eine Wanddicke von 8 mm. Sie wurden vor Aufnahme der eigentlichen Ziehversuche wie folgt vorbehandelt: 1. normalgeglüht, 2. vergütet, 3. in Blei abgeschreckt. Die nach diesen Wärmebehandlungen ermittelten Festigkeitswerte sind in Abb. 2 schaubildlich wiedergegeben. Als Zerreißproben dienten Rohrlängsstreifen, bei deren Herstellung besonderer Wert auf die

[1]) Mitt. K.-W.-Inst. Eisenforsch. Bd. 9 (1927) Lfg. 4, S. 53.

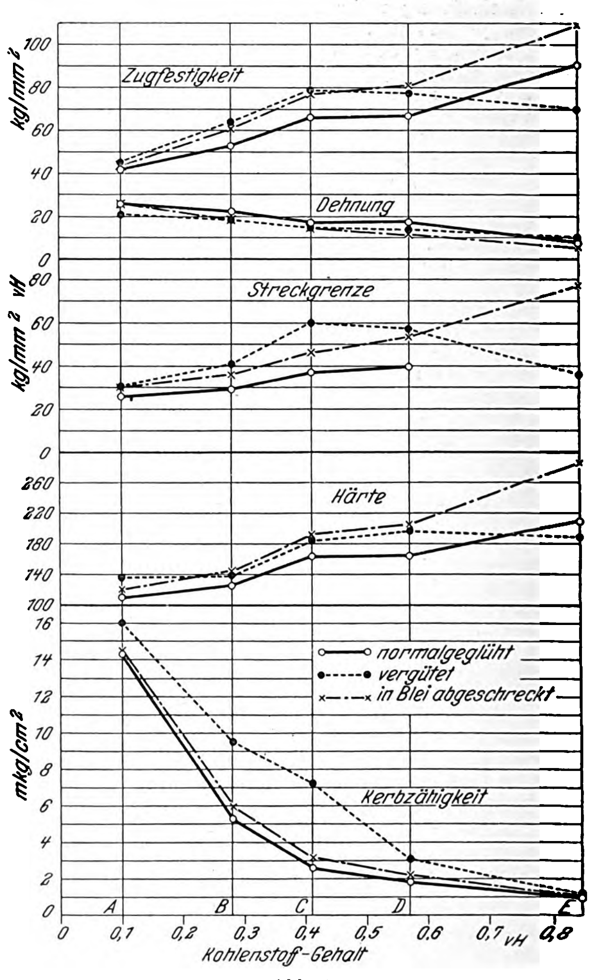


Abb. 2
Festigkeitseigenschaften der verschieden vorbehandelten Werkstoffe in Abhängigkeit vom Kohlenstoffgehalt

Zahlentafel 1. Analyse der Werkstoffe

Werkstoff	C vH	Si vH	Mn vH	P vH	S vH
A	0,10	0,14	0,54	0,022	0,028
B	0,23	0,29	0,59	0,024	0,045
C	0,41	0,32	0,54	0,023	0,025
D	0,57	0,09	0,45	0,017	0,031
E	0,84	0,14	0,32	0,014	0,017

Erhaltung des jeweiligen Rohrzustandes im Mittelteil der Zerreißprobe gelegt wurde. Durch Vorversuche war eine geeignete Kerbschlagprobenform — ein Rohrlängsstreifen von 12 mm Breite mit 6 mm tiefer Spitzkerbe, 120 mm Länge und 90 mm Auflageentfernung — ermittelt worden. Die Härteprüfung (5/750/30) wurde an der inneren Rohroberfläche vorgenommen.

Die Ausgangsrohre wurden mit mehreren, ohne Zwischenglühung aufeinanderfolgenden Zügen nach den drei in der Praxis gebräuchlichen Ziehverfahren (Druckzug, Stopfenzug, Stangenzug) bis zur Erschöpfung der Ziehfähigkeit gezogen und in den einzelnen Ziehstufen in der gekennzeichneten Weise untersucht. Abb. 3 zeigt die Abhängigkeit der Festigkeitseigenschaften von der gesamten Querschnittverminderung bei den verschieden vorbehandelten Rohren aus Werkstoff A. Die die einzelnen Vorbehandlungen kennzeichnenden Zugfestigkeits- und Härteschaulinien steigen mit wachsender Gesamtabnahme nahezu geradlinig an. Sie verlaufen entsprechend den im Ausgangzustand festgestellten Werten in gleichmäßigen Abständen übereinander. Während die Schaulinie der Kerbzähigkeit des normalgeglühten Rohres schon bei geringen Querschnittverminderungen stark abfällt, zeigen die vergüteten und die in Blei abgeschreckten Rohre selbst bei starken

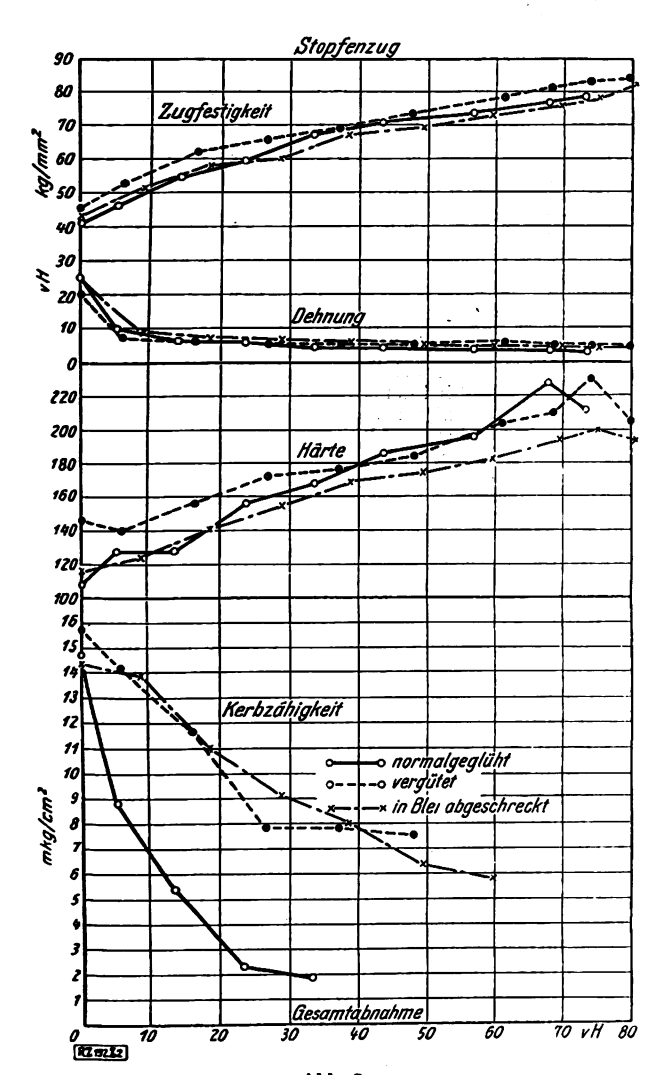


Abb. 3
Festigkeitseigenschaften in Abhängigkeit von der gesamten Querschnittverminderung (Werkstoff A, Stopfenzug)

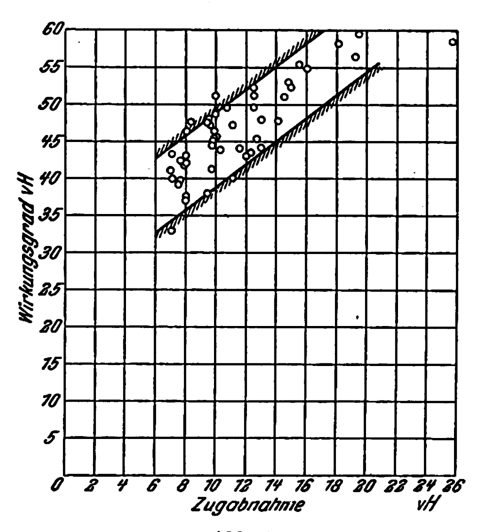


Abb. 6
Wirkungsgrad in Abhängigkeit von der Zugabnahme (Druckzug)

Abnahmen noch bedeutend höhere Kerbzähigkeit. Diese hohe Zähigkeit ist für bestimmte Verwendungsgebiete der kaltgezogenen Rohre, wie Kraftfahr- und Flugzeugbau von besonderer Bedeutung. Auf die Wiedergabe der den härteren Werkstoffen entsprechenden Kurvenblätter muß an dieser Stelle verzichtet werden.

Die gewonnenen Ergebnisse der Festigkeitsprüfung gestatten gleichfalls einen Vergleich der verschiedenen Kaltziehverfahren. Im Verlauf der Festigkeits- und Dehnungsschaulinien zeigten sich bei den einzelnen Ziehverfahren praktisch keine Unterschiede. Gewisse Verschiedenheiten traten dagegen bei der Härte- und Kerbzähigkeitsprüfung zutage. Die mit Druckzügen gezogenen Rohre lieferten stets den höchsten Härtewert. Die besten Kerbzähigkeitswerte waren allgemein bei den mit Stangenzügen gezogenen Rohren festzustellen.

Die Vergleiche der durch Kaltziehen bedingten Festigkeitsänderungen von Stahlrohren verschiedener Zusammensetzung zeigen, daß die Zugfestigkeit- und Härteschaulinien entsprechend den Ausgangswerten in nahezu gleichmäßigen Abständen übereinander verlaufen. In den Beispielen, Abb. 4 und 5 werden die Festigkeitseigenschaften von normalgeglühten und in Blei abgeschreckten und dann mit Stopfenzügen gezogenen Rohren verschiedener Zusammensetzung schaubildlich wiedergegeben. Die Zugfestigkeit steigt mit zunehmender Gesamtabnahme anfänglich rascher, dann langsamer, nahezu geradlinig an. Bei Querschnittverminderungen über 70 vH ist bei den verschiedenen Werkstoffen ein mehr oder weniger deutliches Abzweigen von der Geraden nach oben festzustellen. Die Dehnung erreicht bei allen Werkstoffen nach rd. 30 vH Abnahme einen gleichbleibenden kleinsten Wert. Die Kerbzähigkeit der normalgeglühten Werkstoffe ist nach rd. 40 vH Querschnittverminderung bei allen Werkstoffen gleich niedrig. Die Bleihärtung wirkt nur bei dem weichen Werkstoff *A* erhöhend auf die Kerbzähigkeit der kaltgezogenen Rohre.

Grundlegende Unterschiede in der Gefügeausbildung der nach verschiedenen Ziehverfahren gezogenen Rohre waren nicht festzustellen. Im allgemeinen ließ sich bis zu Gesamtabnahmen von 40 vH keine deutliche Streckung des Gefüges beobachten.

Über die bei den besprochenen Versuchen durchgeführten Kraftbedarfmessungen wird in einem Anhang zu der eigentlichen Arbeit gesondert berichtet. Die Auswertung geschah auf Grund der von Kiesselbach aufgestellten Formel für die Formänderungsarbeit, aus der ein Ausdruck für die theoretische Zugkraft bei verlustfreier Formgebung abgeleitet wurde. Nach Einführung des Begriffes Wirkungsgrad, durch den das Verhältnis der theoretischen zur gemessenen Zugkraft bezeichnet wird, ergab sich für die erforderliche Zugkraft Z die Beziehung

$$Z = F_1 \ln \frac{F_0}{F_1} k_f \frac{1}{\eta} \quad \text{. . . . .} \quad (1),$$

falls F_0 den Querschnitt des Rohres vor, F_1 nach der Umformung, k_f die Formänderungsfestigkeit, ermittelt als Mittelwert der Zugfestigkeit des Werkstoffs vor und nach dem Zug, und η den Wirkungsgrad des Rohrziehvorganges bedeutet. Für die Bedürfnisse der Praxis wurde eine verein-

Abb. 4 und 5
Festigkeitseigenschaften der verschiedenen Werkstoffe in Abhängigkeit von der Gesamtabnahme (Stopfenzug)

fachte Näherungsformel entwickelt, die in vielen Fällen noch genügende Genauigkeit haben dürfte:

$$Z = (F_0 - F_1)\, k_f \frac{1}{\eta} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (2).$$

Da bei den ausgeführten Ziehversuchen die Rohrquerschnitte bekannt, die erforderliche Zugkraft sowie die Zugfestigkeit des Rohrwerkstoffes für jede Ziehstufe bestimmt worden waren, konnten die Wirkungsgrade der einzeln Ziehverfahren nach beiden Rechnungsarten ermittelt we den. Der Unterschied der mit den beiden Formeln erhalten Werte ist bei mäßigen Zugabnahmen gering, nimmt ab mit steigender Querschnittverminderung stark zu. Die n Gl. (1) berechneten Werte sind in den Abb. 6, 7 und 8 Abhängigkeit von der Zugabnahme schaubildlich wied gegeben und erweisen sich als unabhängig von der Festi

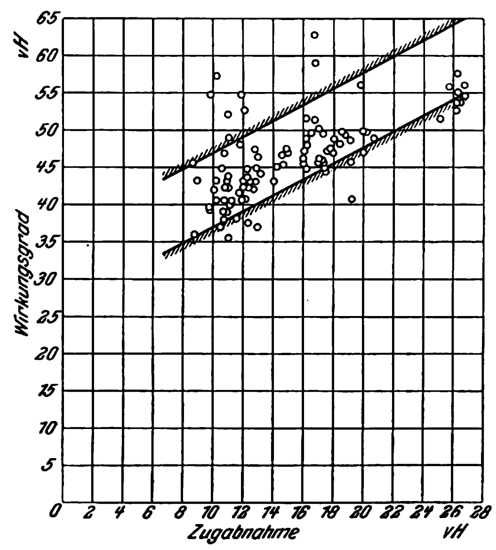


Abb. 7
Wirkungsgrad in Abhängigkeit von der Zugabnahme (Stopfenzug)

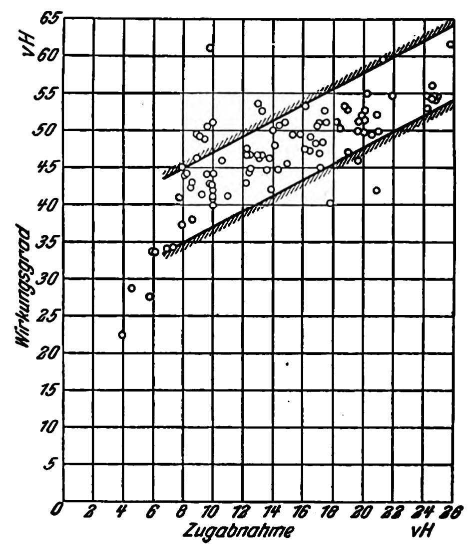


Abb. 8
Wirkungsgrad in Abhängigkeit von der Zugabnahme (Stangenzug)

keit der gezogenen Werkstoffe. Der Wirkungsgrad der Druckzüge liegt jedoch höher und nimmt mit steigender Zugabnahme rascher zu als der Wirkungsgrad der Stopfen- und Stangenzüge. Mit Hilfe der für die untersuchten Ziehverfahren ermittelten Wirkungsgrade kann für bestimmte Abnahme- und Werkstoffverhältnisse die erforderliche Zugkraft berechnet werden. [M 192]

Düsseldorf A. Pomp

Dampfkessel-Baustoffe

Verhalten der Kesselbaustoffe im Betriebe

Die Kesselbaustoffe müssen sich gut walzen und schmieden lassen und sich zum Warmnieten eignen, also gut warmverarbeitbar sein. Kalt verformt werden die Kesselbaustoffe beim Biegen der Bleche, beim Einwalzen der Rohre, beim Verstemmen der Niete usw., daher ist auch weitgehende Kaltbearbeitbarkeit zu fordern. Für den Betrieb der Kessel ist dann noch genügende Festigkeit und Streckgrenze sowie gute Zähigkeit des Flußstahls auch bei Temperaturen bis 450 °C nötig[1]). Die bisher üblichen Baustoffe erfüllen bei der Abnahmeprüfung diese Anforderungen. Den höchsten Ansprüchen des Kesselbaubetriebes entspricht Nickelflußstahl, doch steht sein hoher Preis seiner allgemeinen Einführung entgegen. Auch die Forderung der Sicherheit gegen Anfressung erfüllen die heutigen Kesselbaustoffe meist ausreichend.

Von besonderer Wichtigkeit ist, daß nach der Abnahmeprüfung der Werkstoffe, also bei der Herstellung und dem Betrieb der Kessel keine wesentlichen Veränderungen der Eigenschaften des Werkstoffes vorkommen, d. h. seine Festigkeitseigenschaften und die Zähigkeit müssen die bei der Abnahme vor der Kesselherstellung erreichten Werte beibehalten. Die gefürchteten Betriebsrisse, wie Nietlochrisse, Risse an der Stemmkante, dürfen nicht auftreten. Sprödewerden der Kesselbaustoffe und Rißbildung sind aber trotz allen Bemühungen der Stahlerzeuger nicht verschwunden, so daß durch die bei der Herstellung und im Betriebe der Kessel eintretenden Eigenschaftsänderungen manchmal noch Zerstörungen ganzer Kessel oder einzelner Teile vorkommen.

Die Bleche werden vor der Verwendung geprüft und erleiden dann durch die Kaltschere, das Biegen, Nieten oder Schweißen eine Kaltverformung. Diese Arbeiten sowie die Einwirkungen im Betriebe rufen, wie R. Baumann[2]) festgestellt hat, Eigenschaftsänderungen hervor. Die bis jetzt übliche Prüfung der Kesselbaustoffe liegt also nicht an der richtigen Stelle des Herstellvorganges. Die durch Kaltverformung entstandenen Schädigungen beseitigt ein deutsches Werk durch nachträgliches Glühen der geschweißten Kessel bei etwa 920 °, doch lassen sich die durch Einwalzen der Rohre und die infolge von Wärmespannungen im Betriebe auftretenden Formänderungen nicht ausgleichen. Die Voraussetzungen für die gefährliche Alterung des Stahles sind stets im Kesselbetriebe gegeben.

Selbst schwache Kaltverformung bei nachfolgender Lagerung oder Erwärmung (Alterung) ruft tiefgreifende Veränderungen des Stahles hervor. Schon die Zerreißprüfung läßt die durch Alterung hervorgerufenen Eigenschaftsänderungen erkennen, und sie werden durch die Kerbschlagprüfung noch deutlicher. Nickellegierter Stahl erleidet, wie P. Goerens[3]) gezeigt hat, durch die Alterung keine wesentliche Verminderung seiner Kerbzähigkeit, dagegen sinkt die des Stahles von der üblichen Zusammensetzung bei den Untersuchungen von Fry von 25 mkg/cm² auf 2,8 mkg/cm². Solch niedrige Kerbzähigkeiten sind an Kesselblechen, die im Betriebe versagt haben, häufig festgestellt worden. Auch die Empfindlichkeit des Flußstahles gegen Rißbildung unter Einwirkung des Speisewassers hängt mit der Alterung zusammen. Noch stärker als das Speisewasser wirken konzentrierte Laugen. M. Werner zeigte, daß in Mischsäure-Kesseln gerade die Stellen örtlich stark zerfressen waren, an denen Kraftwirkungsfiguren, also Kaltverformungen, vorgelegen hatten.

Nicht alle Flußstahllieferungen erleiden, wie wiederholt beobachtet wurde, durch Kaltverformung gleiche Schädigungen. Ludwik[4]) berichtete über einen Stahl, der durch Alterung nicht spröde wurde. Fry nimmt an, daß unsere heutigen Flußstahlarten in ihren Eigenschaften noch nicht sicher erfaßt sind und daß entgegen der heute üblichen Auffassung die Alterungsempfindlichkeit weichen Stahles nicht eine Eigenschaft dieses Werkstoffes an sich ist, sondern daß irgendwelche bisher unbekannten Verhältnisse die Alterungsempfindlichkeit wesentlich beeinflussen.

[1]) A. Fry, „Kruppsche Monatshefte" Bd. 7 (1926) S. 185.
[2]) Z. Bd. 59 (1915) S. 628. [3]) Z. Bd. 68 (1924) S. 41.
[4]) Z. Bd. 70 (1926) S. 882.

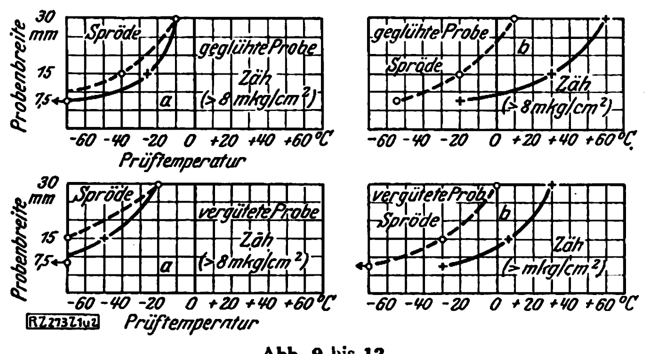


Abb. 9 bis 12
Lage des Abfalls der Kerbzähigkeit bei Kruppschem Sonderflußstahl *a* und Kesselblech *b* in Abhängigkeit von Probenbreite und Prüftemperatur. (Normale Charpy-Proben mit Rundkerbe von 4 mm Dmr.)
o·········· ungereckte Proben
+——— um 10 vH gereckte und gealterte Proben

Fry berichtet über einen unlegierten Stahl, der alle an gute Kesselbaustoffe zu stellenden Anforderungen, vor allem hinsichtlich der Festigkeitseigenschaften und Schweißbarkeit, leicht erfüllt, und der durch 10 vH betragende Kaltverformung und nachfolgendes Anlassen nicht spröde wird. Gealterte Biegeproben dieses Kruppschen Sonderstahles[5]) zeigen bei Tiefätzung auf Kraftwirkungsfiguren, daß dieser Werkstoff, im Gegensatz zu dem üblichen Kesselstahl, praktisch keine solchen Figuren beim Ätzen annimmt. In der Materialprüfungsanstalt zu Stuttgart nach verschiedenen Graden des Reckens vorgenommene Untersuchungen der Kerbzähigkeit des neuen Werkstoffes zeigen klar, daß er sogar nach Recken um 20 vH und nach Anlassen seine ursprüngliche Kerbzähigkeit fast völlig behalten hat. Gewöhnlicher Kesselstahl war dagegen schon bei Recken um 5 vH und darauffolgendem Anlassen spröde geworden.

Will man einen klaren Vergleich der Kerbzähigkeit verschiedener Werkstoffe haben, so muß man in Abhängigkeit von Temperatur und Probenbreite die Grenze darstellen, bei der die Kerbzähigkeit plötzlich abnimmt. Abb. 9 bis 12 zeigen die Untersuchungsergebnisse für den üblichen Kesselstahl und den neuen Sonderstahl. Die Kerbschlagprüfung ist daher wohl geeignet, bei richtiger Anwendung eine sehr klare Kennzeichnung des Werkstoffes zu geben. Für die üblichen Kesselstähle besteht ein starker Unterschied zwischen der Zähigkeit im geglühten und im gealterten Zustande; die gealterten Stähle sind auch bei weit über Zimmerwärme liegenden Temperaturen noch spröde. Die Alterung hat dagegen beim Sonderstahl kaum Einfluß auf die Kerbzähigkeit; sie ist auch in diesem Zustande noch oberhalb 0 °C gut. Vergütet man beide Werkstoffe, so fällt die Kerbzähigkeit bei gealterten und ungealterten Proben erst bei tiefen Temperaturen ab.

Die mit der Kerbschlagprüfung gefundenen Werte wurden mit den Ergebnissen der statischen Kerbbiegeprüfung nachgeprüft und durch sie bestätigt. Man darf daher, statt der schwer ausführbaren statischen Biegeprüfung, die Kerbschlagprüfung zur Kennzeichnung der Werkstoffeigenschaften benutzen. Die vergleichende Prüfung des neuen Kruppschen Sonderstahles und des üblichen Stahles auf die Anfressung durch Natronlauge an gealterten Biegeproben ergab, daß der neue Werkstoff bei geeigneter Wärmebehandlung nach mehrwöchigem Versuche noch unzerstört war, während Stahl schon nach zwei bis sieben Tagen aufriß. Verdünnte Schwefelsäure (1 : 40) bewirkte an gealterten Proben bei Zimmertemperatur nach 100 h bei Stahl einen durchschnittlichen Gewichtverlust von 4 g/m²h, beim neuen Sonderstahl von Krupp dagegen nur 1,3 g/m²h.

Die Kerbschlagprüfung des Flußstahles im gealterten Zustande vermittelt außerordentlich wichtige Aufschlüsse über die Eignung im Kesselbetriebe, und zwar sowohl hinsichtlich der Zähigkeit des Werkstoffes im Betriebe als auch hinsichtlich der Sicherheit gegen Rißbildung unter dem Einflusse des Speisewassers und hinsichtlich der Sicherheit gegen Anfressung. [M 273] M. W. N.

[5]) Führt die Handelsbezeichnung Izett-Flußeisen.

Nachtrag zu den Werkstoff- und Bauvorschriften für Landdampfkessel[1])

Im März d. J. beschloß der Deutsche Dampfkesselausschuß einige Änderungen der 1926 neu herausgegebenen Vorschriften[2]). Bezüglich der Wasser- und Ankerrohre wurde bestimmt, daß das Werk beim Versagen von Proben berechtigt sein soll, die betreffende Gruppe von Rohren

[1]) Erschienen im Beuth-Verlag G. m. b. H., Berlin S 14. Preis 0,60 ℳ
[2]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 1675 u. f.

nach Verbesserung des Werkstoffes nochmals zur Prüfung vorzulegen, während bisher die Rohre sofort verworfen wurden; diese und einige weitere Änderungen bringen für die Abnahme gewisse Erleichterungen, die die Sicherheit nicht beeinträchtigen.

In den Bauvorschriften wurde die bisher geltende Art der Berechnung gewölbter, auf Innendruck beanspruchter Vollböden, die schon aus dem Jahr 1908 stammt, endlich durch eine neue ersetzt, die auch die Übergangsbestimmungen für neue Böden vom Jahr 1925 ablöst. Die neue Vorschrift behält die Grenzwerte der sogenannten „Godesberger Formel“ von 1925 (r mindestens $D/10$, R höchstens D) bei; die Wertzahl z (Verhältnis zwischen Krempen- und Scheitelspannung) dagegen, die bisher nur zum Verhältnis r/D in Beziehung gebracht war, ist ersetzt durch einen Formwert y, der durch Versuche für Böden mit verschiedenen Werten von r/D sowie, und das ist neu, von h/D (h = Höhe der Wölbung) bestimmt wurde. Dadurch wird ausdrücklich der Einfluß der Pfeilhöhe auf die Beanspruchung betont, ohne daß die Bedeutung des Krempenhalbmessers verringert wird. Die Sicherheitzahl x beträgt für Vollböden 3,5, sie erhöht sich für durchbrochene Böden auf 4,25 (Mannloch in der Mitte) und ist für die sehr ungünstig beanspruchten Böden mit seitlichem Mannloch, bei denen Spannungsverlauf und günstigste Form erst durch weitere Versuche geklärt werden müssen, noch entsprechend größer zu wählen.

Gewölbte Flammrohrböden mit Aus- oder Einhalsung werden bis auf weiteres noch nach der bisherigen Formel $s = \frac{p\,r}{200\,k}$ (s = Blechdicke, p = Betriebsdruck) berechnet, wobei unter bestimmten Voraussetzungen k bis 7,5 kg/mm² zugelassen ist.

Die bisherige Art der Berechnung von Bügel- oder Deckenträgern für Feuerbüchsendecken trifft nicht mehr zu, seitdem die Tragfähigkeit des Deckenblechs in Rechnung gestellt werden darf. Obwohl die Träger ausgeführter Kessel, besonders von Lokomobilen, z. T. wesentlich höhere Belastungen als von 900 kg/cm² ohne Anstand ertragen, wurde davon abgesehen, höhere Belastungen zuzulassen. Die Formel für die Berechnung der Träger wurde aus den Vorschriften gestrichen und nur als Beispiel in die „Erläuterungen“ aufgenommen, wobei gleichzeitig die höchste Bewertungszahl für die Tragfähigkeit des Deckenblechs angegeben ist.

Wasser- und Teilkammern, bei denen die besonders gefährdete hintere Unterkante nahtlos (ohne Schweißung) hergestellt ist, bieten gegen Aufreißen praktisch ausreichende Sicherheit; für diese Bauart sind daher gewisse Erleichterungen bezüglich des Schutzes durch Mauerwerk und bezüglich der Beobachtungsmöglichkeit zugelassen worden.

Die von einem besonderen Ausschuß herausgegebenen „Erläuterungen“ sind ebenfalls ergänzt; hervorzuheben ist besonders die Erläuterung zu den neuen Bodenvorschriften sowie die Empfehlung, nahtlose Vierkantrohre für Überhitzer, Teilkammern (Sektionen) u. dergl. mit dem doppelten Betriebsdruck, mindestens aber mit 40 at zu prüfen.
[N 380] Spr.

Kleine Mitteilungen

Kompressorlose Großdieselmotoren für Schiffszwecke

Die Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft, Berlin, erhielt von der Deutsche Werft, A.-G., Hamburg, den Auftrag, drei Großdieselmotoren zu liefern, die für Einwellen-Motorfrachtschiffe der Hamburg-Amerika-Linie bestimmt sind. Die Maschinen werden in sechs Zylindern bei 90 Uml./min 4500 Wellen-PS leisten und werden als doppeltwirkende kompressorlose Zweitaktmotoren ausgeführt. Ihre Bauart ist von der AEG nach den Patenten des schwedischen Ingenieurs K. J. E. Hesselman und nach eigenen Schutzrechten entwickelt worden. Die Motoren sollen zu Anfang des nächsten Jahres abgeliefert werden; sie werden die ersten doppeltwirkenden kompressorlosen Zweitaktmotoren von dieser Leistung sein, die im In- oder Ausland in Betrieb kommen werden. [N 586 a] Ls.

Schweizerische Bahnbauten 1926

Unter den vierzehn während des Jahres 1926 im Bau befindlichen Bahnlinien in der Schweiz sind in diesem Jahre vier Linien neu begonnen worden. Acht Bahnstrecken, darunter die 4963 km lange Regelspurstrecke Mendriso—Stabio—Landesgrenze, die Furka-Oberalp-Bahn und die unmittelbare Verbindungslinie zwischen der Aarauer und der Hauensteinlinie in Olten, wurden fertiggestellt und dem Betrieb übergeben. Verschiedene Strecken wurden durch Legen eines zweiten Gleises ausgebaut, z. B. Thalwil—Richterswil und Brüggen—Winkeln, einige Haltestellen eröffnet und Bahnhöfe erweitert.

Eine steinerne Brücke über den Châtelardbach zwischen La Conversion und Grandvaux wurde vollendet, ferner eine Reihe von Brücken umgebaut und verstärkt.

Die Umstellung auf elektrischen Betrieb hat weitere Fortschritte gemacht. So ist die Umstellung auf den Strecken Lausanne—Paléziaux, Zürich—Rapperswil und Brügg—Pratteln durchgeführt worden. Auch die an die Schweizer Strecke Buchs—Landesgrenze anschließende österreichische Strecke hat im Dezember 1926 den elektrischen Betrieb aufgenommen. Auf verschiedenen anderen Bahnen wird die Umstellung vorbereitet. Der Bau des Kraftwerkes Vernayaz der Schweizer Bundesbahnen macht weitere Fortschritte, ebenso die 132 kV und 66 kV Spannung führenden Übertragungsleitungen und Unterwerke. („Schweizerische Bauzeitung“ 18. Juni 1927 S. 336) [N 586 b] Krs.

Bremsfragen bei Güterzügen

Die Schlußsitzung der Tagung der amerikanischen Luftbremsen-Vereinigung, die Ende Mai d. J. in Washington stattfand, befaßte sich besonders mit den Güterzugbremsen. Dabei handelte es sich hauptsächlich darum, wie man die Handhabung von Güterzügen verbessern kann. Man legte folgende Punkte als entscheidend für die Bremsung fest: 1. Kenntnis der Zeitspanne zwischen dem Bremsen und Lösen an den Zugenden; 2. Untersuchung darüber, in welchem Maße bei gleichem Bremsdruck ein leerer Wagen schneller als ein beladener gebremst wird; 3. Untersuchung wie Länge und Gewicht des Zuges die Bremsung beeinflussen; 4. Aufklärung über die Bremswirkung in der Geraden und in Krümmungen; 5. Ermittlung des Einflusses durch die Pufferfederung; 6. Versuche, bessere Bremsklotzreibung bei niedrigen Geschwindigkeiten zu erzielen.

Jede fehlerhafte Führung eines Zuges kann infolge der entstehenden Stöße und Zerrungen im Zuge den Ansatz zu späteren Brüchen legen. Auch hier ist die Bremsfrage von Wichtigkeit; denn naturgemäß wird sich jede Undichtheit in den Teilen der Luftbremsen und -leitungen in der Bremskraft bemerkbar machen. Statistisch ist nachgewiesen, daß die weitaus meisten Zugzerreißungen im vorderen Zugteil entstehen, und zwar in 40 vH Fällen bei den ersten zehn Wagen hinter der Lokomotive. Daher sollten Wagen mit schwacher Zug- und Stoßvorrichtung stets an das Ende eines Zuges gesetzt werden. Wichtig ist auch die Zusammenstellung der Züge. In jedem Fall ist es falsch, beladene Wagen hinter leeren laufen zu lassen. Die beste Lösung ist ein regelmäßiges Abwechseln von leeren und beladenen Wagen. Ist die Zahl der beladenen Wagen größer als die Hälfte der leeren Wagen, so wird am zweckmäßigsten die Hälfte der leeren Wagen vor die beladenen, die andre Hälfte hinter die beladenen gesetzt. („Railway Age“ 4. Juni 1927 S. 1699) [N 586 c] Krs.

Belüftung von Straßentunneln in New York

Die beiden im Bau befindlichen Holland-Tunnel von je rd. 2,75 km Länge unter dem Hudson sollen für den Verkehr in beiden Richtungen zwischen Manhattan und Jersey City dienen. Jeden Tunnel werden stündlich 1900 Kraftwagen durchfahren. Für beide Tunnel sind insgesamt 104 750 m³/min Luft nötig. Hierbei finden in 1 min 42 Luftwechsel statt. Diese Luftmengen werden von insgesamt 84 Lüftern zu- und abgeführt, deren Leistung zwischen 2250 und 6300 m³/min bei 15,2 bis 95 mm W.-S. Druck schwankt, je nach der Länge der Tunnelabschnitte, die sie zu versorgen haben. Die Durchlüftung geschieht von unten nach oben durch parallel zur Straßenrichtung oberhalb und unterhalb geführte Kanäle.

Die Lüfter werden in vier getrennten Gebäuden über der Erde untergebracht werden. Von ihnen führen insgesamt 28 Kanäle, je 14 für Luftzuführung und -absaugung zu den verschiedenen Tunnelabschnitten. Jeder Kanal wird also durch drei Lüfter bedient. Die Lüfter können parallel geschaltet werden. Sie erhalten Energie mittels Kettenübertragung von Elektromotoren, die insgesamt 6000 PS leisten. 4000 PS werden bei voller Belastung gebraucht, 2000 PS dienen als Aushilfe. („Engineering News-Record“ 9. Juni 1927 S. 934*) [N 586 d] Sd.

Prüfung einer schweren Gußstahlkette

Die englische Admiralität hat vor kurzem sehr weitgehende Abnahmeversuche an einer von Beardmore & Co., Glasgow, hergestellten rd. 23 m langen Gußstahlkette von 76,2 mm Stabdicke mit Stegglíedern ausgeführt, die dazu beitragen dürften, das Ansehen dieses Baustoffes in Schiffskreisen zu heben. Der Gußstahl wurde zunächst auf Zugfestigkeit geprüft, wobei er rd. 57 kg/mm² bei 25 vH Dehnung ergab. Auch eine Biegung um 180° verlief einwandfrei. Unter dem 1 t-Hammer hielt ferner jedes von den drei Gliedern der Probekette 15 Schläge aus, wobei die Verlängerung rd. 54 mm betrug. Bei der vorgeschriebenen Prüflast von rd. 200 t verlängerte sich die Probe von drei Kettengliedern um rd. 8 mm. Auch bei der Belastung von rd. 300 t traten keine Risse auf. Selbst bei 400 t, der größten Last, die die Prüfmaschine zuließ, trat kein Bruch der Kette ein, obgleich die Verlängerung bereits auf über 171 mm anwuchs. Schließlich wurde die ganze Kette mit der vorgeschriebenen „Höchstlast von rd. 200 t geprüft. Die Verlängerung auf die Meßlänge von 22,3 m betrug hierbei 394 mm. Zum Vergleich sei bemerkt, daß die Prüflast einer entsprechenden geschmiedeten Kette nicht mehr als rd. 145 t betragen haben würde. („Engineering" 17. Juni 1927 S. 734) [N 586 e] H.

Magnettachometer als Schlupfmesser

Die Schlupfmessung bei Induktionsmotoren ist schwierig, wenn man auf Genauigkeit Wert legt, und besonders wenn die Belastung gering ist. Ein einfaches und billiges Verfahren wird von Prof. John E. Lear von der Universität North Carolina angewendet. Zwei gleiche Drehzahlmesser, bei denen die Spannung eines in einem Dauermagnetfeld umlaufenden Ankers benutzt wird, werden gegeneinander geschaltet. Wenn beide mit der gleichen Drehzahl laufen, wird die resultierende Spannung null, bei verschiedener Drehzahl ist die Spannung verhältnisgleich dem Geschwindigkeitsunterschied; sie kann an einem Spannungszeiger abgelesen werden. Bei den Messungen wird der eine Drehzahlmesser durch einen Synchronmotor, der andre durch den Asynchronmotor, der untersucht werden soll, angetrieben; die Kupplungen zwischen den Motoren und den Drehzahlmessern müssen natürlich schlupffrei sein. Wenn man den Spannungszeiger nach der Drehzahl eicht, so kann der Schlupf unmittelbar in Uml./min abgelesen werden. Die beschriebene Meßeinrichtung wird seit Monaten benutzt; es hat sich gezeigt, daß ein Schlupf von 2 Uml./min auf ½ vH genau abgelesen werden kann. („Electrical World" 4. Juni 1927 S. 1200)
[N 586 f] Pa.

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Neue Wilhelmstr. 4, bezogen werden. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 3501)

„Hütte". Des Ingenieurs Taschenbuch. Herausgeg. vom Akademischen Verein Hütte, E. V. 25. Aufl. 4. Bd. Berlin 1927, Wilhelm Ernst & Sohn. 864 S. m. zahlr. Abb. Preis 18 ℳ.

Das Fehlen einer zusammenfassenden Darstellung der mechanischen Technologie ist von mir oft an maßgebender Stelle als eine der empfindlichsten Lücken des neuzeitlichen technischen Schrifttums bemängelt worden. Der Grund hierfür ist in der Hauptsache darin zu suchen, daß infolge der weitgehenden Arbeitsteilung der Technik auch im wissenschaftlichen Betriebe an unsern Technischen Hochschulen Lehrstühle vermißt werden, die die Technik als Ganzes unter besonderer Aufzeigung ihrer Grenzgebiete und Verästelungen behandeln. Auch die Technologie als Wissenschaft wird heute spezialisiert gelesen; das ist gewiß nötig, aber ebenso nötig ist auch die zusammenhängende Darstellung.

Im Schrifttum kann, nachdem man ein Werk wie das Technische Lexikon für Gewerbe und Industrie von Karmarsch und Heeren mit dem Tode seiner Herausgeber und späteren Vollender hat gänzlich veralten lassen, diese Aufgabe nur noch in einem auf systematischer Grundlage bearbeiteten Werke geschehen, das durch ein abc-liches Register schlagwortartig schnelle und zutreffende Auskunft gibt.

Von dieser allgemein technologischen Auffassung aus kann der IV. Band der „Hütte" nicht warm genug begrüßt werden; er behandelt für den Maschinenbauer die „Industrielle Technik", d. h. er zeigt vornehmlich den Maschinenbau in der Verkehrstechnik, im Bergbau, in der Landwirtschaft, im Nahrungsmittelgewerbe, in der Forstwirtschaft, in der Häute- und Lederindustrie, in der Faserstofftechnik, in der keramischen Industrie, im graphischen Gewerbe, in der Apparatetechnik (Kino- und Radiotechnik) und in der Verpackungstechnik. So sehr für jeden Fachmann diese Hütte in Ergänzung der ersten drei Bände ein nicht zu entbehrendes Nachschlagewerk sein wird, so sehe ich ihren höheren Wert als pädagogisch vortreffliches Lehrmittel für unsere Studenten, denen auf knappstem Raum der Einblick in alle die Anwendungsgebiete verschafft wird, denen sie nach vollendetem Studium ihr Können und Wissen widmen wollen.

Die inhaltliche Gestaltung und die Bearbeitung selbst ist ausgezeichnet gelungen, was bei dem Stab hervorragender Mitarbeiter nicht zu verwundern ist. Meines Wissens verfügt das ausländische Schrifttum über kein Werk, das diesem gleichgestellt werden könnte. [E 436] Schlomann

Theorie der Brennkraftmaschinen und deren Brennstoffe vom Standpunkte der chemischen Gleichgewichtslehre. Von Markus Brutzkus. Halle a. d. S. 1926, Wilhelm Knapp. 62 S. m. 11 Abb. Preis 3,80 ℳ.

Die Absicht des Verfassers ist, zu tieferer theoretischer Betrachtung der Verbrennungsvorgänge im Explosions- und Dieselmotor anzuregen. Er behandelt daher diese Vorgänge vom Standpunkte der physikalischen Chemie aus und versucht, diese Anschauungen dem Verständnis des Maschineningenieurs näherzubringen. Bei seinen theoretischen Ausführungen stützt sich der Verfasser im wesentlichen auf Nernsts Lehrbuch der physikalischen Chemie. Die Verhältnisse des Brennstoffmotors sollen danach bei idealer Durchmischung der reagierenden Stoffe darauf hinweisen, daß die Brennstoffe, die bei der Verbrennung ihre Molekülzahl verringern, am vorteilhaftesten bei steigendem Druck, also während des Verdichtungshubes zu verbrennen sind, während Brennstoffe, die ihre Molekülzahl vergrößern, während des Expansionshubes bei fallendem Druck verbrannt werden sollen. Daraus ergibt sich, daß Gasbrennstoffe im Explosionsmotor, flüssige Brennstoffe im Dieselmotor verarbeitet werden sollen, wie es übrigens auch bereits geschieht.

Den Darlegungen des Verfassers wird man im ganzen beistimmen können. Die neueren Arbeiten von Neumann über den Zündverzug im Dieselmotor und die Theorie der Verbrennung von Aufhäuser werden in dem Buch noch nicht erwähnt; ebenso ist das Nernstsche Wärmetheorem nicht in den Kreis der Betrachtungen gezogen. Ferner wären der Zeitfaktor der Verbrennung und die Tatsache, daß die chemischen Reaktionen nicht immer bis zum Gleichgewicht ablaufen[1]), zu berücksichtigen.
[E 407] Dr.-Ing. W. Allner

Leitfaden der Technologie der Brennstoffe. Von H. Strache und H. Ulmann. Leipzig und Wien 1927, Franz Deuticke. 471 S. m. 81 Abb. Preis 24,40 ℳ.

Das vorliegende Buch soll das Studium der Technologie der Brennstoffe erleichtern; es soll für den praktischen Wärmeingenieur ein technisches Nachschlagebuch sein und ihm einen allgemeinen Überblick über die technologischen Grundlagen der Brennstoffe geben.

Dieser Aufgabe wird das Werk gerecht. Trotz des schon recht umfangreichen Schrifttums füllt es noch eine gewisse Lücke aus. Die Verfasser haben sich darauf beschränkt, nur die Grundlagen zu geben und zu erläutern, im übrigen auf das Schrifttum hinzuweisen. Diese zahlreichen Hinweise, die noch durch ein Quellenverzeichnis und eine Zusammenstellung der einschlägigen Zeitschriften ergänzt werden, sind besonders wertvoll für den Leser.

Im ersten Abschnitt werden die wichtigsten physikalischen und chemischen Grundlagen, im zweiten die Technologie der wichtigsten festen, flüssigen und gasförmigen Brennstoffe behandelt. Hier fällt auf, daß die Veredlung der Braunkohle nur ganz oberflächlich behandelt und ihre Verschwelung kaum erwähnt wird. Auch die neuen Verfahren der Kohlenverflüssigung hätten wenigstens genannt werden müssen, wenn sie auch noch keine praktische Bedeutung haben.

[1]) Z. Bd. 71 (1927) S. 411.



Sehr wertvoll ist der dritte Abschnitt, der die wichtigsten Prüfverfahren (Bestimmung des Wasser- und Aschegehaltes, des Heizwertes, des Kohlenstoff-, Stickstoff-, Schwefelgehaltes usw. (Teer- und Gasuntersuchungen) eingehend behandelt.

Wer sich über allgemeine Fragen der Brennstoffkunde unterrichten will, soll das Buch lesen.

[E 445] E. Praetorius

Handbuch der Eisen- und Stahlgießerei. Herausgeg. von C. Geiger. Zweite, erweiterte Auflage. 2. Bd.: **Formen und Gießen.** Von C. Irresberger. Berlin 1927, Julius Springer. 584 S. m. 1702 Abb. Preis 57 *M.*

Zehn Jahre sind verflossen, seitdem die erste Auflage des Geigerschen Handbuches erschien, die in den interessierten Kreisen der Praxis sowohl wie der Wissenschaft weitestgehend Aufnahme fand. Gerade diese Zeit hat aber besonders durch die zunehmende Verbreitung der Maschine im Gießereibetrieb und durch seine Durchdringung mit wissenschaftlicher Erkenntnis und wissenschaftlichen Verfahren Umwälzungen veranlaßt, wie sie in diesem Ausmaß in früheren Jahrzehnten auch nicht im entferntesten in Erscheinung getreten sind.

Dieser Tatsache Rechnung tragend, hat der verdienstvolle Herausgeber eine Neueinteilung des ganzen umfangreichen Stoffes vorgenommen und ihn statt wie bei der ersten Auflage[1]) auf zwei, nunmehr auf drei stattliche Bände verteilt, deren zweiter sich ausschließlich mit dem Formen und Gießen beschäftigt und aus der Feder Carl Irresbergers stammt. Seine große praktische Erfahrung als verantwortlicher Leiter bedeutender Großgießereien und seine langjährigen wissenschaftlichen Studien machten ihn ganz besonders geeignet, diesen bedeutungsvollen Teil des Gießereiwesens von hoher Warte aus erschöpfend zu behandeln. Er hat diese schwierige Aufgabe in vorbildlicher Weise zu lösen verstanden und den umfangreichen Stoff dadurch übersichtlich gemacht, daß er ihn in fünf Hauptteile einordnete, in denen er die Handformerei, die Trockenvorrichtungen, Stahl- und Temperguß, Formplatten und Formmaschinen sowie das Gießen und die Gießmaschinen behandelt.

Sämtliche einschlägige Neuerungen wurden berücksichtigt, wobei namentlich auf die Herstellung von Kunstguß und Großguß, die Formerei von Walzen und Zylindern, die Entwicklung der Rüttel- und Schleuderformmaschinen und eine beachtenswerte Zusammenfassung der Stahlgußerzeugung zu erheblichen Erweiterungen gegenüber der ersten Auflage geführt haben.

Die Abbildungen sind sowohl in Darstellungsweise als in Wiedergabe und Auswahl ausgezeichnet, der Text ist bei aller Kürze leicht verständlich und angenehm zu lesen. In Fußnoten und am Ende der einzelnen Unterabschnitte ist eine große Menge Schrifttum angegeben, was dem Leser in bequemer Weise ermöglicht, sich eingehendere Kenntnisse über ein bestimmtes Gebiet oder eine besondere Maschine zu verschaffen. Ein alphabetisches Sachregister erleichtert die Benutzung des Buches.

Das vorliegende Werk zählt zu dem Besten, was über dieses grundlegende Gebiet des Gießereiwesens geschrieben ist, es steht in jeder Weise auf der Höhe der Zeit. Dem Studierenden wird es beim Einarbeiten in dies interessante und weitverzweigte Sondergebiet ein wertvoller Führer sein, den Praktiker versetzt es in die Lage, sich schnell und gründlich über alle Fragen des Formens und Gießens selbst in Sonderfällen klar zu werden, und dem Wissenschaftler bietet es einen guten Überblick über den heutigen Stand der Fortschritte der neuzeitlichen Form- und Gußherstellung. Auch der Maschinenbauer wird wertvolle Anregungen für die Weiterentwicklung des Formmaschinenbaues aus diesem Bande schöpfen können. [E 386] Lohse

Wärmelehre und Wärmewirtschaft in Einzeldarstellungen, 3. Bd.: **Wärmewirtschaft in der keramischen Industrie.** Von Walter Steger. Dresden und Leipzig 1927, Theodor Steinkopff. 147 S. m. 48 Abb. Preis 9,50 *M.*

Die Schrift, die weitere Kreise der keramischen Industrie mit wärmewirtschaftlicher Betrachtungsweise vertraut machen soll, hat vor andern wärmetechnischen Schriften den Vorzug, nicht zu Wärmeersparnissen um jeden Preis anzuregen; sie ordnet der Wärmeersparnis mit Recht die technologischen Bedingungen: gute Beschaffenheit der Ware, Verringerung der Ausschußzahlen usw. über. Im ersten Abschnitt wird daher die Wirkung des Trocknens und Brennens auf keramische Erzeugnisse behandelt. Die weiteren Abschnitte befassen sich mit den physikalischen Grundlagen des Trocknens und Brennens und den dazu dienenden Einrichtungen. Die Verteilung der zugeführten Wärmemengen auf Nutzwärme und Verluste wird auf Grund leider sehr spärlicher Zahlen untersucht.

[1]) Z. Bd. 60 (1916) S. 456.

Die folgenden Abschnitte über Verringerung der Verluste durch zweckmäßige Bemessung der Feuerung, Auswahl geeigneter Brennstoffe, Wärmeschutz der Öfen, Ausnutzung des Wärmeinhalts des Brennguts und der Abgase, Kupplung von Kraft- und Heizbetrieb, Verbesserung der Feuerbedienung und meßtechnische Überwachung des Brennbetriebes bilden den umfangreichsten und praktisch wertvollsten Teil des Buches. Ferner behandelt das Buch die wichtigsten Meßgeräte und die bei ihrer Verwendung auftretenden Fehler, die Organisation der Wärmeüberwachung, Beispiele von Wärmebilanzen. Zahlen über den Brennstoffbedarf der Brennöfen; andre Zahlentafeln und ein ausführliches Verzeichnis des Schrifttums beschließen das Buch.

Die leichtfaßliche Behandlung des Stoffes macht das Buch auch für den theoretisch weniger geschulten Betriebsmann brauchbar. Erwünscht wäre eingehendere Behandlung der für die Wärmewirtschaft wichtigen ofenbaulichen Fragen; der erforderliche Raum könnte leicht, z. B. durch Weglassen von Abbildungen und Beschreibungen der Meßvorrichtungen, beschafft werden. Einige veraltete Bücher aus dem Quellenverzeichnis sollten ausgemerzt werden.

[E 392] Dr.-Ing. W. Friedmann

Fortschritte in der Kautschuk-Technologie. Von F. Kirchhof. Dresden und Leipzig 1927, Theodor Steinkopff. 201 S. m. 66 Abb. u. Tab. Preis 13,50 *M.*

Nach einer kurzen Besprechung der wirtschaftlichen Fragen der Kautschukindustrie geht der Verfasser auf die Technologie des Kautschuks ein. In den zwölf Abschnitten, die die Bearbeitung des Kautschuks vom Latex bis zum fertigen Erzeugnis behandeln, werden auch die Kautschukregeneration, die Herstellung synthetischen Kautschuk und vor allem die mechanisch-technologische Kautschukprüfung eingehend besprochen. Die Buch-, Zeitschriften und Patentliteratur wird bis Mitte 1926 berücksichtigt.

[E 450] C. B.

Der moderne Kapitalismus. Von Werner Sombart. 3. Bd.: **Das Wirtschaftsleben im Zeitalter des Hochkapitalismus.** Von Werner Sombart. 1. H.: Die Grundlagen — Der Aufbau. München und Leipzig 1927, Duncker & Humblot. 514 S. Preis 17 *M.*

Dem ersten und zweiten Bande von Sombarts großem Werk „Der moderne Kapitalismus“, nämlich der Darstellung der vorkapitalistischen Wirtschaft (Mittelalter) und des Frühkapitalismus (16. bis 18. Jahrhundert) ist jetzt der dritte und letzte Band (und zwar zunächst der erste Teil) gefolgt mit einer Schilderung der dann eingetretenen hochkapitalistischen Wirtschaftsepoche, die mit Beginn des großen Krieges ihr Ende erreicht hat.

Der vorliegende erste Halbband umfaßt die Grundlagen (mit einem für Techniker besonders lesenswerten Kapitel „Die Technik“) und den Aufbau des Hochkapitalismus. Im „Aufbau“ behandelt Sombart drei große Fragenkreise: das Kapital, die Arbeitskräfte und den Absa[tz].

Es ist, wie immer, ein hoher Genuß, Sombarts gei[st]vollen Ausführungen zu folgen, auch wenn man nicht in allen Fragen mit ihm einig geht. [E 311] Fr.

Galilei und sein Kampf für die Copernicanische Lehre. V[on] Emil Wohlwill. 1. und 2. Bd. Hamburg und Leip[zig] 1909, Leopold Voss. 1. Bd.: 646 S. 2. Bd.: 435 S. Pr[eis] je Bd. 18,50 *M.*

Emil Wohlwill starb am 2. Februar 1912, ohne die B[io]graphie Galileis, deren Abfassung er fast sein ganzes Le[ben] gewidmet hatte, vollendet zu haben. 17 Jahre nach d[em] ersten Band ist der zweite Band jetzt erschienen und v[on] einer Anzahl von Fachgelehrten aus hinterlassenen Ma[nu]skripten des Verfassers und anderweitigen Aufzeichnun[gen] vollendet worden. Während der erste Band durch eine auf das äußerste getriebene historische Gewissenhaftigk[eit] ausgezeichnet ist, die dem Werk einen außerordentlic[hen] wissenschaftlichen Rang zuweist, erkennt man am zwei[ten] Teil doch das Fehlen der einigenden Hand, die die E[in]fügung von Korrekturen, Ergänzungen usw. einheit[lich] durchführen konnte.

Das Buch bringt auch viele Einzelheiten aus der [Ge]schichte der Naturwissenschaften, und man erfährt manc[hes] über das Wirken Tychos, Kepplers u. a. Für den, [dem] das Leben berühmter Männer Beispiel ist, wird dieses B[uch] viel Wertvolles geben. [E 361] W.

Gußeisentaschenbuch. Von Theodor Klingenste[in]. Ausgabe 1927, Stuttgart 1927, Wissenschaftliche Verl[ags]gesellschaft. 244 S. m. 87 Abb. Preis 6,50 *M.*

Flugzeugnavigation und Luftverkehr. Von Hermann [...]der. Dresden 1927, Otto Herm. Hörisch. 233 S. m. [...] Preis 12 *M.*

Die Statik im Eisenbetonbau. Von Kurt Beyer. Stutt[gart] 1927, Konrad Wittwer. 609 S. m. zahlr. Abb. Preis 3[...]

Willkür oder mathematische Berechnung beim Bau der Cheopspyramide? Von K. Kleppisch. München und Berlin 1927, R. Oldenbourg. 38 S. m. Abb. Preis 1 M.

Sammlung Göschen, 961. Bd.: Technische Schwingungslehre. Von L. Zipperer. 2. T.: Schwingungen in Maschinenanlagen. Berlin und Leipzig 1927, Walter de Gruyter & Co. 123 S. m. 44 Abb. Preis 1,50 M.

Der Flotations-Prozeß. Von C. Bruchhold. Berlin 1927, Julius Springer. 288 S. m. 96 Abb. Preis 27 M.

Wärmelehre und Wärmewirtschaft in Einzeldarstellungen, 3. Bd.: Wärmewirtschaft in der keramischen Industrie. Von Walter Steger. Dresden und Leipzig 1927, Theodor Steinkopff. 147 S. m. 48 Abb. Preis 9,50 M.

Asphalt-Straßenbau. Neuere Baustoffprüfungen. Von Karl Krüger. Berichte und Beschlüsse des 5. Internationalen Straßenbaukongresses Mailand-Rom 1926. Leipzig-Gautzsch 1926, F. R. Winter & Co. 44 S. Preis 2,80 M.

Wirtschaftswissenschaftliche Gesellschaft z. Studium Niedersachsens, E. V. Forschungen, 1. H.: Der Bergbau im Harze und im Mansfeldischen. Von Kurt Brüning. Braunschweig u. Hamburg 1926, Georg Westermann. 214 S. m. versch. Abb. Preis 10 M.

Der Fisch. Mitteilungen über Fischerei, Fischindustrie, Fischhandel und allgemeine Fischverwertung. Herausgeg. von Hanns Lengerich. 2. Bd. Lübeck 1924, „Der Fisch". 502 S. m. 135 Abb. Preis 18 M.

Consorcio del Puerto Franco de Barcelona. 1927. 54 S. mit 1 Karten- und Tabellenmappe.

Das Arbeitsrecht Deutschlands. 8. Bd.: Das Recht der Angestellten. Von Georg Baum. Berlin und Wien 1927, Spaeth & Linde. 256 S. Preis 5,70 M.

Die Leipziger Messe und ihre Organisation. Herausgeg. vom Leipziger Meßamt. 86 S. Leipzig 1926, Selbstverlag. Preis 1 M.

Sammlung Göschen, 963. Bd.: Finanzierung der Unternehmungen. Von Friedrich Leitner. Berlin und Leipzig 1927, Walter de Gruyter & Co. 108 S. Preis 1,50 M.

Sammlung Vieweg, 89. H.: Der tönende Film. Von Jo Engl. Braunschweig 1927, Friedrich Vieweg & Sohn. 98 S. m. 59 Abb. Preis 6,50 M.

Bayernbuch für Handel, Industrie und Gewerbe. 1927. München 1927, Adreßbuchverlag der Industrie- und Handelskammer München. 2526 S. Preis 15 M.

Handwörterbuch des Kaufmanns. Lexikon für Handel und Industrie. Herausgeg. von Karl Bott. Hamburg 1927, Hanseatische Verlagsanstalt. 1. Bd. A—D 946 S. 2. Bd. E—H. 1086 S. Preis je Bd. 30 M.

Die Vereinigten Elektrizitätswerke Westfalen G. m. b. H. Dortmund-Bochum-Münster und ihre Entwicklungsgeschichte. Dortmund 1926. 155 S. m. 154 Abb. u. 3 Plänen.

Merkbuch für Werkstudenten und Reichsbahnbauführer im Lokomotivfahrdienst. Herausgeg. v. Verkehrszentralamt der Deutschen Studentenschaft, Technische Hochschule Darmstadt. Bearb. von Hermann Maey und Eduard Koeppe. Darmstadt 1927. 97 S. m. versch. Abb. Preis 2 M.

Mitteilungen vom Verband Deutscher Patentanwälte. Herausgeg. von Fritz Warschauer. Sondernummer anläßlich des 50jährigen Bestehens der Deutschen Patentgesetzgebung. Berlin Mai 1927. 226 S. Preis 7 M.

ANGELEGENHEITEN DES VEREINES

Eingabe betreffend Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft

An den
Herrn Reichskanzler Dr. Marx,
Berlin.

Betrifft: Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft.

Der Verein deutscher Ingenieure hat es seit langen Jahrzehnten für eine seiner Hauptaufgaben betrachtet, die technisch-wissenschaftliche Forschung vorwärts zu treiben und — soweit es in seinen finanziellen Kräften lag — mit eigenen Mitteln zu fördern. Die Entwicklung der Technik in den letzten Jahrzehnten lehrt in weit höherem Maß, als dies selbst den Führern unsrer Industrie bewußt zu werden pflegt, wie jedes Ergebnis solcher Forschungen — mag es ursprünglich auch noch so abseits von der Richtung der industriellen Arbeit zu liegen scheinen — diese aufs nachhaltigste befruchtet und ihr oft ganz neuartige, für unser Wirtschaftsleben bedeutsame Wege weist. Es muß zugegeben werden, daß diese Beziehungen zwischen wissenschaftlicher Forschung und wirtschaftlicher Ausbeute nicht für jedermann offen zutage liegen und daher — wie schon erwähnt — selbst den geistigen Führern unserer Industrie oft verschlossen bleiben. Dies ist vor allem darin begründet, daß sich zwischen die wissenschaftliche Forschung und ihre Auswirkung im industriellen Wirtschaftsleben eine beträchtliche Zeitspanne einschiebt, in der sich die Erinnerung an die Ursachen verwischt, die epochemachenden Impulsen des industriellen Schaffens zugrunde lagen. Zumeist muß erst ein heranreifendes neues Ingenieurgeschlecht mit der neuen Erkenntnis vertraut gemacht werden, um dieser die Auswirkung auf die breite technische Betätigung zu ermöglichen. In solchen Fällen ist die Pionierarbeit der ursprünglichen Forscher für das Bewußtsein der Industrieführer zur Selbstverständlichkeit herabgesunken, so daß sie die eigentliche schöpferische Tat nur in der Anwendung bekannter Erkenntnisse auf die Befriedigung eines praktischen Problems erblicken und mehr oder weniger von der Vorstellung getragen werden, daß der Vorrat solcher grundlegenden Erkenntnisse unerschöpflich sei und nur der Kämmer harre, die von seinem Reichtum den zweckdienlichen Gebrauch für die praktischen Aufgaben der Technik machen.

Im Schoße des Vereines deutscher Ingenieure sind seit langem eingehende entwicklungsgeschichtliche Studien betrieben worden, die die Abhängigkeit ganzer großer Betätigungsgebiete der Industrie von grundlegenden Forschungsergebnissen exakter Naturwissenschaft in solchem Maßstabe dargetan haben, daß der entscheidende geistige Fortschritt der Technik unmittelbar bedingt erscheint durch die unausgesetzte Vertiefung der grundlegenden wissenschaftlichen Forschung. Diese Beziehung könnte an ungezählten Beispielen der Technik festgestellt werden. Immer tritt dem Verein deutscher Ingenieure im Zusammenhang mit brennenden Aufgaben des technischen Fortschrittes aus berufenem Munde der Hinweis entgegen, daß unsre Erkenntnis der grundlegenden Vorgänge — wie z. B. der Strömung von Flüssigkeiten und Gasen, des Mechanismus des Verbrennungsvorganges, der Struktur des kristallinen Aufbaus der Metalle usw. — noch nicht ausreicht, um zielsicher die gestellten Aufgaben anfassen zu können.

Seit geraumer Zeit hat daher der Verein deutscher Ingenieure die Wichtigkeit wissenschaftlicher Forschung auf naturwissenschaftlichen und technischen Gebieten betont und sich selbst in den Dienst der Förderung solcher Forschungen gestellt. Leider hat der Krieg all diesen Bestrebungen einen einschneidenden Abbau zugefügt, auf den hier nicht näher eingegangen zu werden braucht. Dieser Abbau schien zunächst erträglich — und weite Kreise der Industrie werden ihn auch heute noch für erträglich halten —, solange das ganze geistige Streben der Industrie auf den Kampf mit den Sorgen des laufenden Tages eingestellt werden mußte und keine Zeit und Ruhe fand, sich mit der Sorge eines kommenden Tages zu belasten. Rationalisierung der Arbeit, Typisierung und wirtschaftliche Fertigung erfüllten die Gemüter aller maßgebenden Industrieführer. Man hatte vergessen, daß jede Fertigung der fortwährenden Nahrungszufuhr durch neue geistige Pionierleistungen bedarf, um auf die Dauer wettbewerbfähig zu sein. Man hatte vergessen und vergißt es noch heute, daß diese geistigen Leistungen der Technik schließlich gebunden sind an neuartige Kenntnisse, wie sie uns nur die wissenschaftliche Forschung aus dem Erfolg ihrer uneigennützigen und meist auch nicht zweckbestimmten Arbeit zur Verfügung stellt.

Der Verein deutscher Ingenieure hat auf das Betreiben vieler berufener Mitglieder es unternommen, sobald die ersten Nachwirkungen des Krieges überwunden

waren und die Beziehungen zum Auslande wieder auflebten, die für den industriellen Wettbewerb in Frage kommenden Länder durch fachkundige Männer bereisen zu lassen, die die Aufgabe hatten, den Stand der technisch-wissenschaftlichen Forschung festzustellen. Hierbei hat sich mit aller Deutlichkeit ergeben, daß im Auslande der Ansporn zu grundlegender Forschungsarbeit nach dem Kriege wesentlich stärker und nachhaltiger entwickelt ist als vorher. Man sucht planmäßig Forschungsverfahren, wie sie im wesentlichen nur in Deutschland üblich waren, in groß angelegten neuen Instituten selbst zu pflegen und hat in einigen Ländern und auf gewissen — für uns sehr wichtigen — Gebieten zum Teil mit in Deutschland geschulten Kräften bemerkenswerte Erfolge zu verzeichnen, hinter denen unsre eigene Forschung noch zurücksteht.

Der Zeitpunkt ist ohne allen Zweifel nicht mehr fern, an dem sich — gegenüber dem Auslande — bei uns die klaffende Lücke für alle, die davon betroffen werden, auftut, die durch die Unterbrechung der grundlegenden naturwissenschaftlichen Forschungsarbeit in der Kriegs- und Nachkriegszeit entstanden ist. Der Deutsche Verband technisch-wissenschaftlicher Vereine, dem alle bemerkenswerten technisch-wissenschaftlichen Fachvereine Deutschlands angehören, hat sich mit dieser Frage in seiner Hauptversammlung vom 31. Mai 1926 befaßt und die folgende Entschließung gefaßt, die seinerzeit den Reichsbehörden und Länderregierungen unterbreitet wurde:

Entschließung.

„Die gegenwärtige wirtschaftliche Krisis, die ihren lähmenden Druck auf alle Entschließungen der Staatsregierungen und der privaten Wirtschaftskreise ausübt, darf keinesfalls den Anstoß dazu bieten, die wissenschaftliche Ausbildung des akademischen Nachwuchses unter der Not der Zeit leiden zu lassen. Vor allem muß die freie objektive Forschung auf wichtigen technisch-wissenschaftlichen Gebieten, die uns den Ausblick auf eine fortschrittliche Entwicklung unserer Erkenntnis gewähren, mit allen zu Gebote stehenden Mitteln gefördert werden. Das Ergebnis der Studienreisen, die einzelne Vereine des Deutschen Verbandes von berufenen Fachleuten in das Ausland unternehmen ließen, gipfelt in der Tatsache, daß die deutsche technisch-wissenschaftliche Forschung unbedingt ihre in der Vorkriegszeit bewährte Vielseitigkeit und Stoßkraft wiedererlangen muß, um im geistigen Wettkampf der Völker den Anteil deutscher Arbeit nicht in eine zweite Linie zurückdrängen zu lassen. Der deutsche Verband bittet die Regierungen, es im Interesse des deutschen Ansehens und der Einschätzung der deutschen Kraft als ihre besondere Pflicht zu betrachten, dem Forschungsdrange der berufenen Männer, die heute vielfach durch Lehraufgaben überbürdet sind, die Möglichkeit zur ungehinderten Entfaltung zu bieten. Weder mit Mitteln zur Durchführung wichtiger experimenteller Forschungsaufgaben, noch mit der Bereitstellung wissenschaftlicher Hilfskräfte darf gerade jetzt gespart werden, wo uns der geistige Fortschritt am ehesten über das drückende Bewußtsein unserer materiellen Not hinwegsetzen kann. Die Geschichte der Technik lehrt in tausend Einzelfällen, daß der wissenschaftliche Gewinn von heute, der weit entfernt von wirtschaftlichen Interessen errungen wurde, morgen der Grundstein zu bahnbrechenden Erfolgen unserer wirtschaftlichen Schlagfertigkeit werden kann."

Der gleichen Sorge hat der Verein deutscher Ingenieure Ausdruck verliehen durch den Hauptvortrag auf seiner diesjährigen Hauptversammlung, dessen Abdruck beigefügt ist[1]).

Der Verein deutscher Ingenieure empfand es als eine nationale Tat, daß die Notgemeinschaft deutscher Wissenschaft in weitschauender Weise sich die Aufgabe stellte, nicht nur die in Jahrhunderten erprobte deutsche Mitarbei[t] auf geisteswissenschaftlichem Gebiet über die trostlos[e] Zeit unserer finanziellen Ohnmacht hinüberzuretten, sondern auch die naturwissenschaftliche und technisch-wissenschaftliche Forschung fortzuführen. Die deutsche Techni[k] verdankt der Notgemeinschaft bereits heute die wertvollste[n] Ergebnisse zahlreicher Forschungen, die meisten und größten jedoch sind von den Arbeiten zu erwarten, die si[ch] im Rahmen der „Großen Volksaufgaben" mit Tatkraft un[d] Weitblick aufgenommen hat.

Wenn es zutrifft, daß diese großangelegten A[r]beiten durch die unsern geistigen Helfern und Käm[p]fern wieder Mut gemacht wurde, ihr Können z[ur] Sicherung des weiteren Fortschrittes unserer Techn[ik] einzusetzen, jetzt aus etatsrechtlichen Gründen lah[m]gelegt werden sollen, würde der Verein deutsch[er] Ingenieure einen solchen Schritt der Reichsregierun[g] nur mit ernstester Sorge aufnehmen können. Unsere g[ei]stigen Kräfte sind gerade erst im Begriffe, sich zu neu[er] Arbeit zu sammeln und sich dem von allen Seiten [m]it einem Gefühl der Erleichterung begrüßten Plane der N[ot]gemeinschaft zur Verfügung zu stellen. Ein Rückschl[ag] muß vernichtend auf alle wirken, die dieser national[en] Aufgabe ihre Kräfte leihen wollten.

Der Verein deutscher Ingenieure unternimmt es dal[her] in letzter Stunde, der Reichsregierung im Einklang [mit] seinen früheren Entschließungen zur Frage der gru[nd]legenden Forschung aus innerster Überzeugung und [aus] eingehenden Erwägungen heraus, die dringende Bitte [zu] unterbreiten, der Notgemeinschaft für die Durchführu[ng] ihres verdienstvollen Planes die wirtschaftliche Grundl[age] ungeschmälert zu belassen.

Verein deutscher Ingenieure

Der Vorsitzende — Der Kurator
gez. Wendt — gez. Dr. G. Lipp[art]

Die Direktoren
gez. C. Matschoß — gez. W. Hellmich

[1]) Vergl. F. Heidebroek, Technische Pionierleistungen Träger industriellen Fortschritts, Heft 23 dieser Zeitschrift vom 4. [Juni] 1927 S. 809.

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 71 SONNABEND, 9. JULI 1927 NR. 28

Überblick über die bauliche Entwicklung der Webemaschinen

Von Dipl.-Ing. Rud. Roßmann, München

Arbeitsweise und Zweck des mechanischen Webstuhls. An der Hand der beiden Hauptbewegungsarten werden die verschiedenen baulichen Möglichkeiten entwickelt und ihre wichtigsten Eigenschaften besprochen. Die Versuche, die Webemaschine selbsttätig arbeitend zu gestalten. Die verschiedenen grundsätzlichen Wege dabei. Der letzte Stand der Entwicklung.

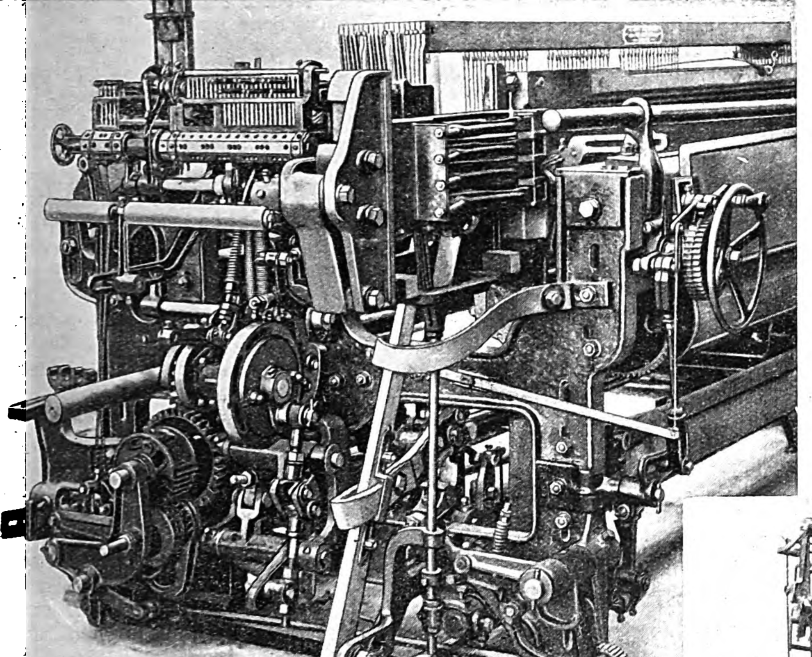


Abb. 17 (links)
Hartmann-Wolfrum-Webstuhl

Vergl. S. 977. Die Schiffe werden durch kleine Pappkarten gesteuert und durch einen seitlichen Antrieb bewegt.

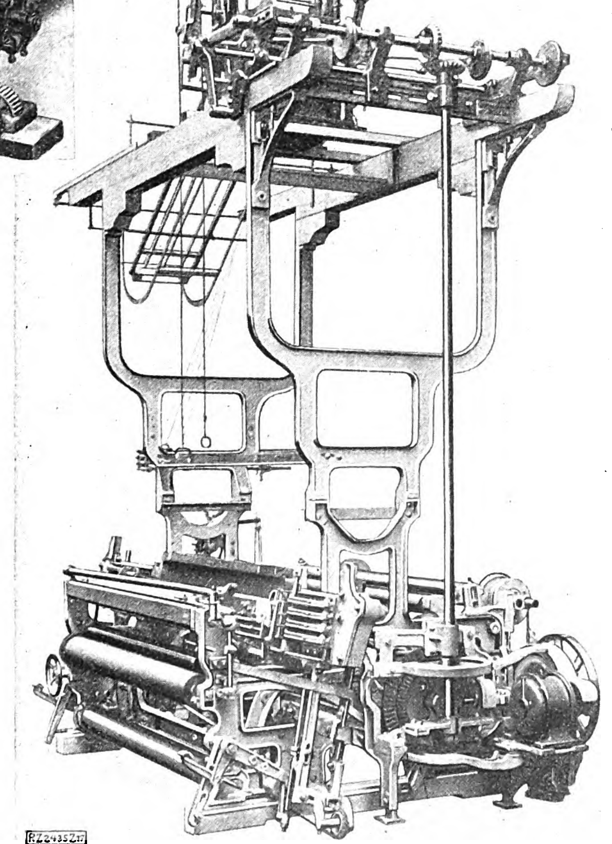


Abb. 18 (unten)
Jacquardwebstuhl mit Übertragung durch stehende Welle (Hartmann)

Vergl. S. 977. Die großen Pappkarten sind durch ein kleines zusammenhängendes Papierband für die Steuerung der Weblitzen ersetzt.

Die grundsätzlichen Anordnungen

Bei allen Webemaschinen sind zwei Hauptarten von Mechanismen vorhanden, die bewegt werden müssen, um das Gewebe zu bilden. Die Schützeneintragung und die Fachbildung. Während der Fachbildungsmechanismus die parallel zueinander laufenden Fäden der Kette jeweils so auseinanderspannt, daß ein freier Zwischenraum, das sogenannte Fach gebildet wird, dient die Schützenbewegung dazu, in dieses gebildete Fach den Schußfaden einzutragen. Dazu kommt dann noch die Bewegung des Blattes oder der Lade, wodurch der eingetragene Schußfaden von einem Kamm, der zwischen die Kettfäden eingreift, „angeschlagen" wird, sowie die langsame Bewegung des Gewebes und verschiedene Nebenbewegungen, Abb. 1.

Es gibt unzählige Möglichkeiten für die Fachbildung aus den Kettfäden. Je nach den verschiedenen Gewebearten und deren Aussehen werden andre Bedingungen gestellt. Je verwickelter und größer das Muster des Gewebes ist und je weniger sich die einzelnen Bilder wiederholen, um so umständlicher wird die Fachbildung. So entsteht die ganze Reihe der verschiedenen Fachbildungen und Gewebebindungen, angefangen von den einfachsten, wo abwechselnd die Zahl der geraden und der ungeraden Fäden gehoben wird (die sogenannte Tuchbindung), und endigend bei den verwickeltsten Mustern, bei denen jeder

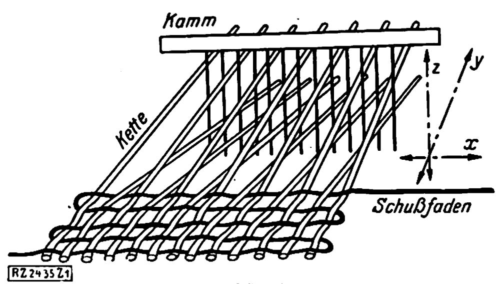


Abb. 1
Schema der Hauptbewegungen zum Gewebeaufbau

x-Achse entspricht der Schützenbahn
y-Achse „ „ Kammbewegung
z-Achse „ „ Fachbewegung der Kettfäden

einzelne Kettfaden bei jedem Schuß anders gehoben oder gesenkt werden muß, Abb. 2 bis 4.

Für die Schußeintragung sind die Verhältnisse in der Regel sehr viel einfacher; meist wird nur ein einziger Schußfaden eingetragen, wenngleich auch manchmal mehrere auf einmal oder hintereinander im gleichen Fach verwendet werden. Sollen verschiedene Farben oder Schußfadenarten abwechseln, so müssen ebenso viele verschiedene Schußspulen durch Schützen eingetragen werden. Wenn dies in regelmäßiger Folge geschehen soll, so sind aus baulichen Gründen sehr schnell Grenzen gezogen, weil man nur eine gewisse Anzahl von Webeschützen auf einer Webemaschine unterbringen kann, Abb. 5. Man erzielt infolgedessen besonders verwickelte farbige oder fadenreiche Muster durch einen entsprechenden Aufbau der Kette (z B. Teppichweberei).

Für die Bewegungen der Kettfäden zur Fachbildung werden bei den verschiedenen Webmaschinenkonstruktionen in der Hauptsache grundsätzlich nur zwei Wege angewendet. In einem Falle werden die einzelnen Kettfäden je auf eine Spule aufgewickelt und diese Spulen gegeneinander hin- und herbewegt, Abb. 6. Da dies Verfahren jedoch bei einer größeren Anzahl von Kettfäden unmöglich wird, und die Kettfäden meist zu zahlreich sind, so wird es nur in ganz seltenen Fällen z. B. zur Herstellung von Gasglühstrümpfen angewandt. Der andre Weg ist der, daß man jeden Kettfaden durch irgendein Häkchen oder eine Öse faßt und quer zu ihrer Länge nach den

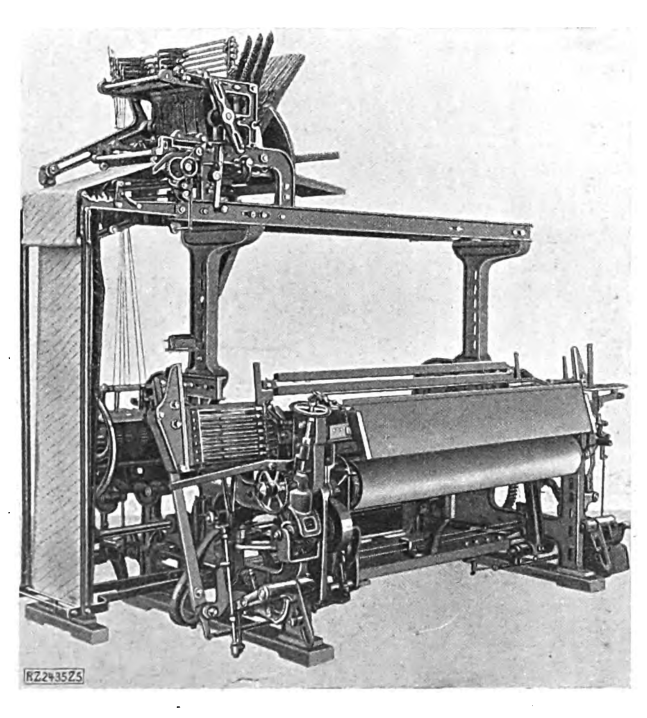


Abb. 5
Webstuhl mit 14 Schützenkästen und Papierstreifensteuerung (Hartmann)

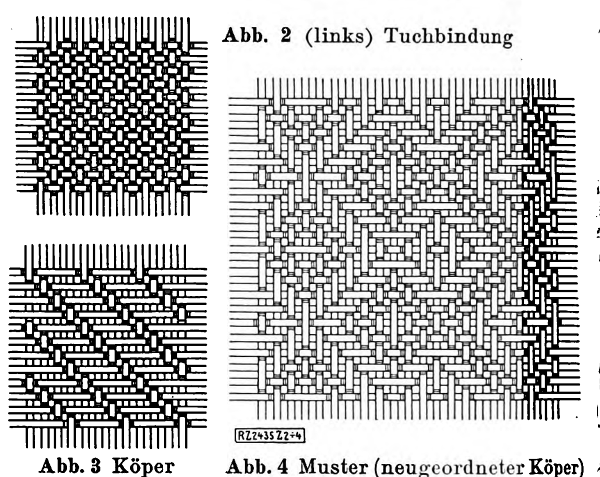


Abb. 2 (links) Tuchbindung

Abb. 3 Köper **Abb. 4** Muster (neugeordneter Köper)

Abb. 2 bis 4
Verschiedene Bindungen

Seiten wegspannt. Meist werden dazu sogenannt
„Litzen“ benutzt, die aus einem kleinen Metallringchen
das an Schnüren befestigt ist, oder ganz aus Draht be
stehen, Abb. 7. Diese Litzen werden einzeln oder in
Gruppen auf einmal bewegt. Hat man eine einmal einge-
stellte, in Gruppen oder Reihen geordnete Bewegung, s
spricht man vom Schaftwebstuhl, Abb. 8; wird jedoch jed
Litze einzeln bewegt, so handelt es sich um das Jacquard-
Verfahren, Abb. 9. Da beim Schaftwebstuhl jede Faden-
gruppe mit einem Schaft zusammenhängt, so läßt sic
die Bildung von Mustern nur durch eine entsprechend
Anzahl von Schäften erreichen, wodurch die Grenze
von selbst gezogen werden. Man baut Webstühle mit bi
zu 46 Schäften, was ungefähr die praktisch zulässig
Grenze darstellt.

Die Schäfte oder die einzelnen Litzen müssen sich bei
Jacquard-Verfahren genau nach vorgeschriebenem Geset
bewegen, damit die gewünschte Gewebe-„Bindung“ erzie
wird. Infolgedessen ist eine fortlaufende Steuerung nöti
Diese Steuerung wird durch Tritte, Exzenterscheiben ode
eine sogenannte „Karte“ bewirkt und mit den verschieden
artigst aufgebauten Mechanismen auf die Litzen über
tragen. Für die „Karten“ gibt es ebenfalls viele Au
führungsarten; es kommen kettenartige Gebilde mit Rolle
Abb. 10 und 11, und Stiften, besonders aber Pappkarte
Abb. 12, auch Papierbänder mit Löchern, Abb. 5, zur A
wendung. Für Jacquard-Webstühle insbesondre wur
die Steuerung auch noch auf andern Wegen versucht.

Die Weberschiffchen oder „Schützen“ weisen nur g
ringere grundsätzliche Unterschiede auf. Meist besteh
sie aus einem Holzkörper, der irgendwie bekleidet ist, u
tragen im Innern eine Fadenspule, von der der Schu
faden abgezogen wird, Abb. 13. Je nach der Men
Fäden, die der Schützen tragen soll, ist seine Größe ve
schieden. Da jedoch für die Schützengröße, Abb. 14, baulic
Grenzen gezogen sind, so laufen die entsprechend groß
Fadenspulen häufig ab und müssen ersetzt werden, was
Unterbrechungen des Webens führt. Es wurde infolg
dessen schon seit langem versucht, diesen Übelstand
beseitigen. Dabei wurden verschiedene Wege eingeschlage

Da das Weben auf einem mechanischen Webstu
wegen der Fadenbrüche, besonders aber des jeweils na
wenigen Minuten erforderlichen Schußspulenwechsels u
ständig überwacht werden muß, war das Ziel der Ko
strukteure seit langem, den Webstuhl möglichst selbsttät
arbeiten zu lassen. Vor allem mußten Vorrichtungen g
schaffen werden, die das Auswechseln der Schußspul
selbsttätig zu bewirken hatten, sowie Sicherheitseinric
tungen getroffen werden im Fall eines Fadenbruches.
In beiden Fällen wurden Lösungen gefunden.

Die Mechanisierung des Webstuhles

Das erste, was mit der Mechanisierung des We
stuhles dringend erforderlich wurde, war ein Schußfade
wächter[1]). Wenn die Spule leergelaufen oder der Schu

[1]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 324



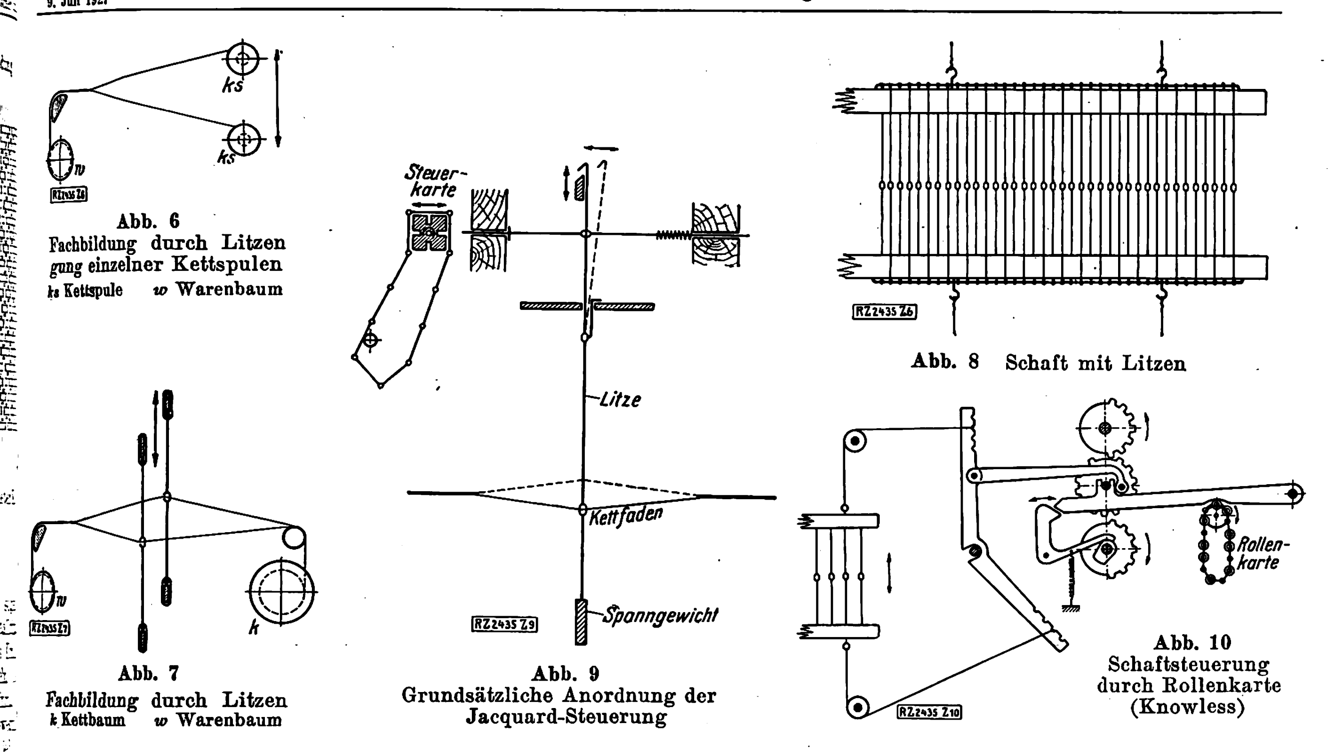


Abb. 6
Fachbildung durch Litzen
gung einzelner Kettspulen
ks Kettspule w Warenbaum

Abb. 7
Fachbildung durch Litzen
k Kettbaum w Warenbaum

Abb. 9
Grundsätzliche Anordnung der Jacquard-Steuerung

Abb. 8 Schaft mit Litzen

Abb. 10
Schaftsteuerung durch Rollenkarte (Knowless)

faden gerissen war, so mußte dies sofort auf irgendeine Weise angezeigt werden. Der richtigste und deutlichste Weg ist dabei, den Webstuhl selbständig stillzusetzen, was ohnehin geschehen muß. Man hat infolgedessen verschiedene Ausführungen von Schußfadenwächtern, die alle mit Hilfe von Hebeln eine aus den bewegten Massen entnommene Kraft auf den Anlaufmechanismus übertragen, die bei fehlendem Schußfaden den Stuhl stillsetzt. Die Einrichtung ist meist eine feine Nadel oder Gabel, die zwischen den Kettfäden oder neben der Kette nach jeder Schußeintragung abtastet, ob ein Schußfaden vorhanden ist, oder aber im Falle des Fehlens des Schußfadens durchfällt und dabei die Abstellvorrichtung in Gang setzt, Abb. 15.

Bei den verhältnismäßig seltener vorkommenden Kettfadenbrüchen hat sich eine selbsttätige Überwachung weniger dringlich erwiesen. Solange jede Webemaschine durch einen Weber bedient wurde, konnte die selbsttätige Überwachung überhaupt vollständig erspart werden, da ein Kettfadenbruch, der nur kurze Zeit unbeobachtet bleibt, weniger schadet und nur einen kleinen Fehler im Gewebe hinterläßt, und weil außerdem die Kettfadenbrüche überhaupt leichter zu beobachten sind. Erst später hat man in einzelnen Fällen „Kettwächter" eingeführt, die beim Bruch eines Kettfadens ein Abstellen des Stuhles bewirken. Die Kettfadenwächter bestehen in der Regel aus kleinen Reiterchen, die über jedem Kettfaden hängen, im Falle des Bruches durchfallen und dabei die Abstellvorrichtung in Bewegung setzen.

Da nunmehr eine genaue Überwachung des mechanischen Webstuhls verhältnismäßig leicht möglich war, so konnte man die Wünsche nach selbsttätigem Auswechseln der Schußspulen leichter erfüllen. Der Weber, dessen Tätigkeit großenteils darin besteht, auf den Augenblick, wo der Schußfaden abläuft, zu warten, sollte entlastet werden und mehrere Webmaschinen gleichzeitig bedienen können. Es wurden infolgedessen viele Versuche gemacht, die Schützen mit abgelaufenen Schußspulen von selbst aus dem Webstuhl herauswerfen zu lassen und durch neue zu ersetzen. So geistreich und teilweise auch vollkommen diese Konstruktionen durchdacht wurden, so konnten sie sich doch im allgemeinen nicht einführen.

Ein andrer Weg jedoch hat größere Bedeutung gewonnen. Es werden hierbei lediglich die Schußspulen ausgewechselt, der Schützen bleibt jedoch im Stuhl. Um dies erreichen zu können, müssen die Schußspulen auf besondere Hülsen gespult werden, die mit einem einfachen Druck maschinell im Webeschützen befestigt werden können („Northrop-Spulen"). Gleichzeitig muß der Schützen entsprechend beschaffen sein, um die Spulen fest und sicher aufnehmen zu können, Abb. 16.

Die Schußspulen werden in diesem Fall seitlich vom Fach in genauer Anordnung am Webstuhl befestigt. Eine Tastvorrichtung fühlt bei jeder Schußeintragung die Schußspule ab, ob noch genug Garn vorhanden ist. In dem Augenblick, wo der Schußfaden abgelaufen ist, wird während des kurzen Wechsels, d. h. während der Zeit, in der das Fach gebildet wird, die alte Schußspule aus dem Schützen herausgestoßen und durch eine neue ersetzt, während das Weben ohne Unterbrechung weitergehen kann.

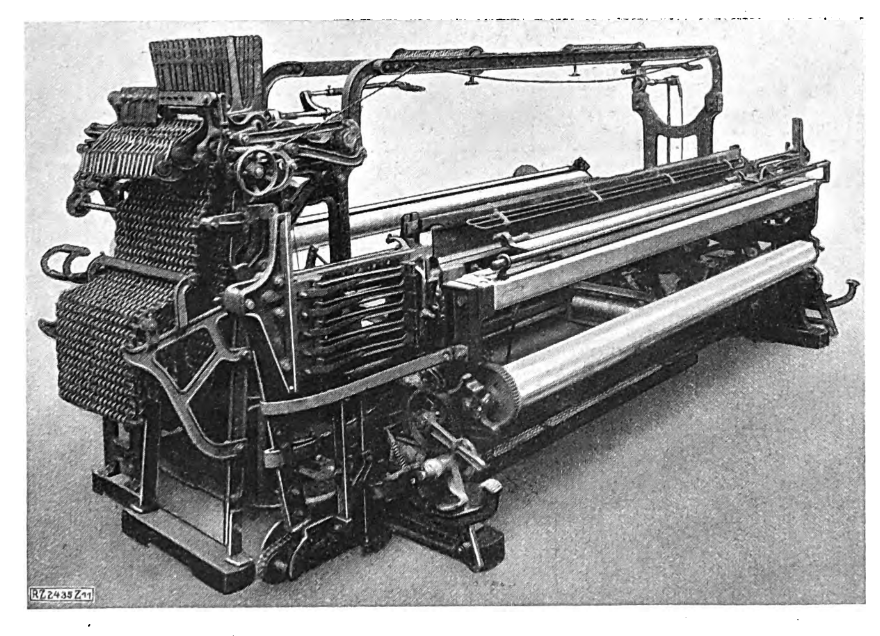


Abb. 11
Schaftwebstuhl mit Rollenkarte (Hartmann)

Man hat also einen völlig selbsttätig arbeitenden Webstuhl vor sich, der fast keine Bedienung erfordert. Hier hat sich nun auch das Bedürfnis nach Kettenfadenwächtern besonders fühlbar gemacht, weshalb in der Regel selbsttätig arbeitende Webstühle mit solchen versehen sind. Diese Webstühle haben seitdem eine ziemlich große, wenn auch immerhin begrenzte Bedeutung erlangt. Allgemein für alle Arten von Fäden sind sie jedoch noch nicht eingeführt worden, da sich gezeigt hat, daß der selbsttätige Webstuhl nur bei festen und ganz gleichmäßigen Garnen befriedigend arbeitet.

Die Webstuhlkonstruktionen sind hiermit zu einer gewissen Entwicklungsgrenze gelangt. Man hat versucht, die Leistung des einzelnen Webstuhls durch verschiedene Mittel erheblich zu steigern, was aber nur in bescheidenem Rahmen möglich war. Allgemein hat sich gezeigt, daß, wenn auch verschiedene konstruktive Verbesserungen möglich waren, doch der selbsttätige Webstuhl mit den oben geschilderten Einrichtungen vorläufig den Abschluß seiner Entwicklung darstellt.

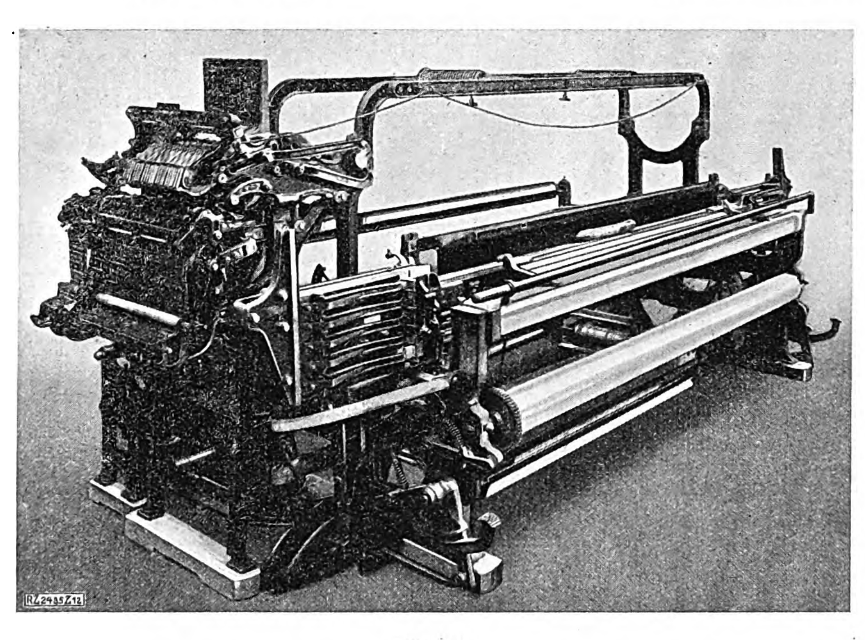


Abb. 12
Schaftwebstuhl mit Pappkartensteuerung (Hartmann)

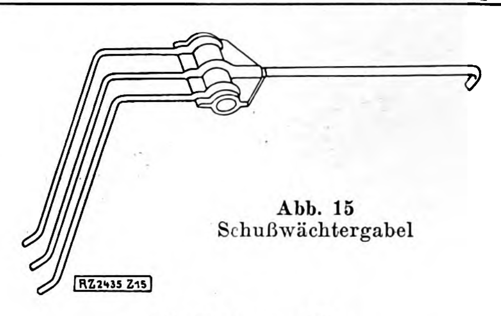


Abb. 15
Schußwächtergabel

Die Webemaschine

Die Entwicklung der Webstühle zur vollkommen selbsttätigen Webemaschine oder auch zu einer erheblich leistungsfähigeren Maschine als der bisherigen mußte infolgedessen andre Wege gehen, die jedoch im ganzen noch kaum zu einem praktisch verwendbaren Ergebnis gelangt sind. Der eine Weg war, schnellere Schützenbewegung, dadurch schnellere Schußeintragung und höhere Leistung bei Verwendung der bekannten Schützen, zu erzielen.

Um den mit dem Schützen zu bewegenden Maschinenteilen, wie Schützenschläger usw., die erforderliche Geschwindigkeit ohne Schwierigkeiten erteilen zu können, muß dafür gesorgt werden, daß die Beschleunigungen und Verzögerungen klein bleiben; denn von ihnen hängt die Abnutzung der Maschinenteile usw. ab. Der Gedanke liegt infolgedessen nahe, diese Teile für den regelmäßigen Lauf der Webemaschine überhaupt auszuschalten. Man versuchte, dem Schützen nicht eine hin- und hergehende, sondern eine kreisende Bewegung zu geben, die er ununterbrochen, mit stets gleicher Geschwindigkeit, behalten sollte. Das führte zu den verschiedenen Bauarten der Rundwebstühle. Hier wurden seit mehreren Jahrzehnten fast ununterbrochen Versuche gemacht und bedeutende Erfindungen geschaffen. Doch konnten sich Rundwebstühle bis heute nicht einführen. Eine Lösung, die grundsätzlichen Mängel, nämlich die hohe Kettfadenbeanspruchung und die verschiedenen Unzuverlässigkeiten zu

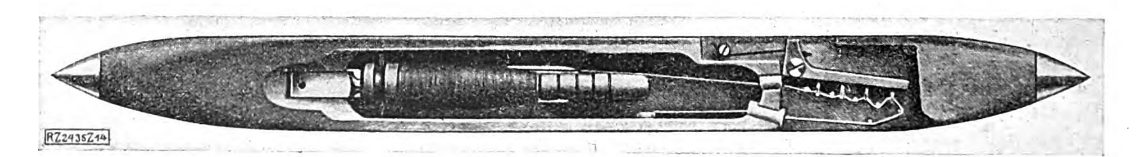


Abb. 13
Webschützen für Seidenweberei (Göhler) mit kleiner Fadenspule

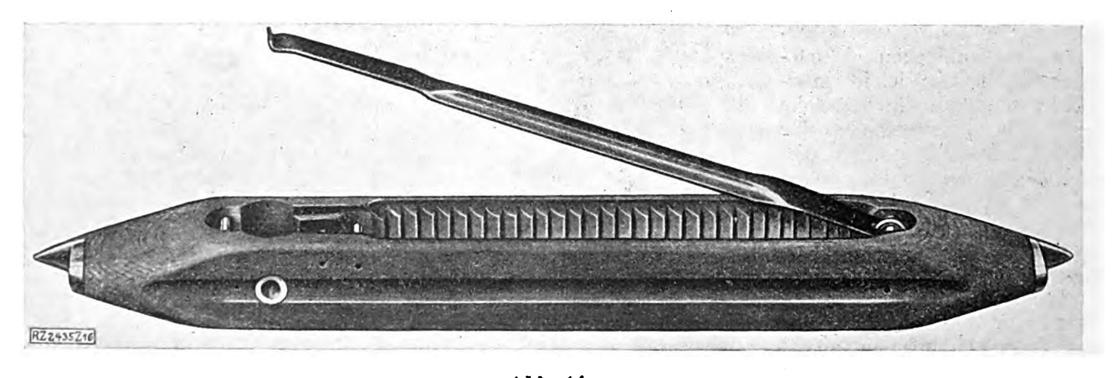


Abb. 14
Webschützen für die sogenannte Schlauchkopsweberei, die die größte Zahl von Schußfäden im Schützen unterbringt (Göhler)

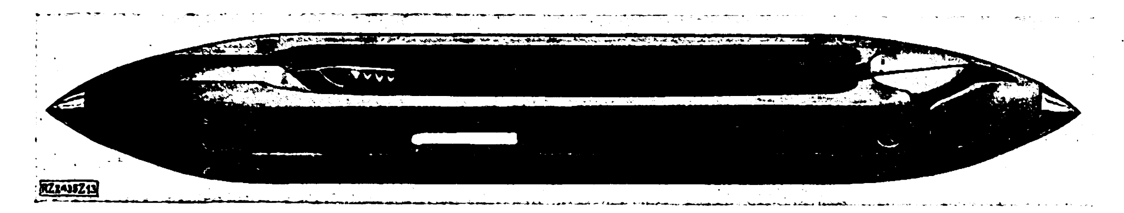


Abb. 16
Webschützen mit Klemmvorrichtung für Northrop-Spulen (Göhler)

beseitigen, wurde bisher noch nicht gefunden. Es ist infolgedessen dieser in gewisser Hinsicht ideale Weg noch nicht über die Stufe des Versuches hinausgekommen.

Der andre Weg, die Leistung der Webemaschine zu erhöhen, war der: Der Schußfaden sollte nicht von einer vom Schützen getragenen Schußfadenspule ablaufen, sondern auf einer großen Spule aufgespult sein, die seitlich am Webstuhl befestigt wird. Der Schützen oder der Mechanismus zum Eintragen des Schußfadens sollte dann nur diesen ergreifen und in das gebildete Fach eintragen. Diese Art der Schußeintragung hat zweifellos ganz erhebliche grundsätzliche Vorteile. Doch ist auch sie lange über den Versuchzustand nicht hinausgekommen. Erst in allerjüngster Zeit scheint bei einer neuen Webemaschine[2]) dieser alte Weg mit Erfolg (Gablersche Webemaschine) wieder beschritten zu werden. Wie weit jedoch diese Konstruktion die bisher bestehenden Schwierigkeiten überwunden hat und ob eine allgemeine Einführung möglich ist, läßt sich noch nicht sicher voraussagen.

Auch die Konstruktionsgedanken bei der Bildung des Faches durch Bewegung der Litzen können wieder in Gruppen eingeteilt werden. Die große Gruppe der Schaftbewegung weist im ganzen nur unwesentliche grundsätzliche Unterschiede auf, die in der Art der Steuerung und deren Übertragung auf die Webelitzen bestehen. Hier dürfte das Ende der Entwicklung heute der Wolfrum-Webstuhl sein, Abb. 17, S. 973, bei dem die Schäfte durch verhältnismäßig kleine Pappkarten gesteuert und durch einen seitlichen, unmittelbaren Antrieb gehoben und gesenkt werden, so daß der Webstuhl einen übersichtlichen und einfachen Eindruck erweckt. Da jedoch die ganze Steuerungsfrage bei den Schaftwebstühlen als recht gut gelöst betrachtet werden kann und wirtschaftlich geringere Bedeutung hat, so hat man sich hier mit Änderungen und mit den Entwicklungsmöglichkeiten weniger befaßt. Anders liegen die Verhältnisse bei den Jacquardmaschinen.

Hier ist wegen der Vielseitigkeit der Muster, die gewebt werden müssen, also der Anzahl der verschieden zu bildenden Webfächer, eine größere Anzahl von Konstruktionen der Steuerungsteile (wie Pappkarten usw.) zu finden. Dabei handelt es sich immer nur um das gesetzmäßige Anheben der richtigen Webelitzen, das rein mechanisch auch gut gelöst ist, Abb. 18 S. 973 und Abb. 9. Lediglich der Steuerungsanstoß, die Karte, spielt hier eine Rolle. Da man zu jedem Schußfaden eine einzelne Karte braucht, so müssen bei verwickelten Mustern mit vielen Tausenden von verschieden einzutragenden Schüssen ebenso viele einzelne Karten hergestellt werden. Dies ist eine sehr mühsame und kostspielige Arbeit, die man infolgedessen schon seit langem zu vereinfachen suchte. Von der Umänderung der einzelnen großen Pappkarten zu einem verhältnismäßig kleinen zusammenhängenden Papierband, Abb. 5 und 18, das aber ebenso wie früher Löcher enthält, ist an sich kein weiter Weg.

Bemerkenswerter sind die Konstruktionen, die die Herstellung der gelochten Karten als steuernde Teile vermeiden und andre Wege einschlagen. Hier sind mehrere Verfahren bekanntgeworden, die aber bisher nicht allgemein in die Praxis eingeführt werden konnten. Das eine Ziel war, das sogenannte „Patronieren", d. h. die Herstellung der Karten durch mechanische Übertragung eines Musters zu verbilligen. Hierzu wurden Metallplatten, Papierbänder usw. benutzt. Trotz der großen Erwartungen, die teilweise darauf gesetzt wurden, konnten sich alle derartigen Erfindungen bisher nicht einführen, woran vor allem die oft unzuverlässige Arbeitsweise schuld war.

[2]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 325.

Neuerdings kommen meist elektrisch arbeitende Erfindungen, die die Litzen unmittelbar steuern sollen, wieder in die Öffentlichkeit. Zwei Verfahren sind davon beachtenswerter:

Das eine besteht darin, daß auf den Streifen der Steuerung Punkte mit einer Farbe oder Flüssigkeit aufgetragen werden, die den elektrischen Strom leiten. Durch entsprechende Abtaster ist es dann möglich, durch diese stromleitenden Punkte mit Hilfe elektrischer Übertragung die entsprechenden Litzen auszuheben. Da die Punkte maschinell aufgezeichnet werden können, so bleibt jedenfalls ein gewisser Fortschritt zu verzeichnen. Über die Sicherheit der Konstruktion ist jedoch noch wenig bekannt.

Der andre Weg ist das in letzter Zeit viel genannte Verfahren von Deiner. Das infolge seiner außerordentlichen Feinheit und Empfindlichkeit für den praktischen Betrieb unsicher erscheinende Verfahren vermag bei den Fachleuten noch keinen Anklang zu finden. Es wird hierbei das gesamte Muster, das früher in Pappe durch Löcher festgelegt war, auf eine Wachswalze übertragen, die nur ganz feine Einkerbungen (wie bei der früheren Edisonschen Grammophonwalze) erhalten soll. Diese Einkerbungen wiederum sollen die Steuerung des Webstuhls bewirken. Wenn auch der grundsätzliche Fortschritt, der in der Herstellung der Wachswalze und der Übertragung des Musters auf die Wachswalze liegen soll, in keiner Weise zu bestreiten ist, so kann man sich doch nicht verhehlen, daß das neue Verfahren in praktischen Betrieben wegen seiner der Feinmechanik entnommenen äußerst genauen Arbeit doch mit recht vielen Schwierigkeiten zu kämpfen haben wird.

Wir stehen also am Ende einer gewissen Entwicklung der Webemaschine, die im wesentlichen aber schon vor mehreren Jahrzehnten ihren Abschluß gefunden hat. Die Arbeit des mechanischen Webstuhles scheint nun durch ganz neue Verfahren der Stoffherstellung abgelöst werden zu müssen. [B 2435]

Dauerversuche mit Schweißverbindungen

Die amerikanische Behörde für Heeresluftfahrt (army air service) hat Dauerversuche mit Schweißverbindungen ausgeführt. Die meisten Proben waren ½- und 1zöllige Rohre mit einer Stoß-Schweißverbindung in der Mitte der Versuchslänge; die Längen betrugen rd. 90 bis 350 mm. Die Versuche wurden auf einer umlaufenden Maschine ausgeführt. Die Verbindungen stellte man mittels Gasschweißung, gewöhnlicher Lichtbogenschweißung und solcher mit atomarem Wasserstoff her. Diese drei Verfahren lieferten gleichartige Ergebnisse. Für die Lichtbogenschweißung wurden verschiedene Elektrodenstäbe benutzt. Die Dauerfestigkeit der Schweißverbindungen war in allen Fällen viel niedriger als die statische Zerreißfestigkeit. Das Verhältnis Dauerfestigkeit : Zugfestigkeit schwankte zwischen 0,13 und 0,35; eine Probe mit einem Stahlgußrohr ergab 0,41. Verschiedene länger dauernde Versuche sind noch im Gange. Aus Proben, die nach dem Bruch untersucht wurden, ließ sich schließen, daß mangelhafte Verschmelzung den größten Einfluß auf die Dauerfestigkeit hat. Durch statische Zerreißversuche ließ sich die mangelhafte Verschweißung offenbar nicht deutlich nachweisen. („Engineering News-Record" 16. Juni 1927 S. 975). [N 613 g] Pa.

Einiges über Sperrholz[1]

Von Direktor L. M. Cohn-Wegner, Civil-Ingenieur B. D. C-I., Berlin

Was ist Sperrholz? — Art des Aufbaues — Festigkeitswerte — Veredlung des Holzes — Festigkeitszahlen für Lignostone — Festigkeitswerte der Leimbindung und ihre Beurteilung — Prüfverfahren — Scherfestigkeiten in der Trocken- und Naß-Zerreißprüfung

Deutsches Schrifttum über Sperrholz ist im eigentlichen Sinn erst seit etwa zwei Jahren in einzelnen verstreut erschienenen Aufsätzen und Vorträgen im Entstehen. An dem Dunkel, das nicht zu seinem Vorteil dadurch so lange über dem Werkstoff Sperrholz schwebte, ist nicht zuletzt die Geheimnistuerei schuld, die jahrelang manche seiner Hersteller getrieben haben, die jedoch nur dadurch möglich war, daß die exakte Forschung noch nicht eingesetzt hatte.

Angaben, durch die wir heute gewohnt sind, andre Werkstoffe, auch solche organischer Natur, so zu kennzeichnen, daß der Konstrukteur Zahlen erhält, mit denen er zu rechnen in der Lage ist, können auch heute noch nicht für Sperrholz gegeben werden. Holz als gewachsener, organischer Baustoff ist so grundverschieden, sogar in zwei Stämmen, die aus derselben Wurzel kommen, daß selbst bei gleichmäßigster Verarbeitung mit den heute üblichen Verfahren nicht dasselbe Ergebnis in annehmbaren Grenzen erzielt werden kann. Erst in den allerletzten Wochen ist der Weg für eine planmäßige Zusammenarbeit zwischen dem Forstchemiker und dem Technologen gefunden worden, als Vorbedingung für den Versuch, die durch die Natur bedingten Ungleichmäßigkeiten des Ausgangsstoffes auszugleichen. Und zwar so weit, daß man zu einer wenigstens begrenzten Gleichmäßigkeit des Enderzeugnisses kommen kann, die die technische Verwertung in größerem Maßstab ermöglicht. Daß ein solcher Versuch die besten Aussichten auf Erfolg hat, beweisen die weiter unten angegebenen Zahlen für das chemisch und physikalisch veredelte Holzerzeugnis, Lignostone. Bei dieser Lage der Dinge können in der vorliegenden Arbeit nur die Anläufe gezeigt werden, die an verschiedenen Stellen gemacht worden sind, um der Schwierigkeit beizukommen und um Mittel zu finden, die die Beurteilung des Enderzeugnisses ermöglichen.

Was ist Sperrholz?

Die Ungewissheit beginnt schon im Gebrauch des Wortes Sperrholz. Es ist eine irrtümliche Annahme, daß alles, was aus Holz kreuz und quer verleimt ist, nun auch Sperrholz ist. Vielmehr verdient vieles, was im Handel als Sperrholz angeboten wird, streng genommen, diesen Namen nicht.

Um den Begriff Sperrholz verständlich zu machen, ist es notwendig, in groben Umrissen die fabrikationsmäßigen Herstellungsarten des Sperrholzes von heute wenigstens kurz zu skizzieren.

Von den geringen Dicken, die im Flugzeugbau zur Anwendung kommen, von etwa 0,3 mm bis zu 40 mm wird Sperrholz fabrikationsmäßig hergestellt. Man unterscheidet sogenannte „schwache Platten“ von den geringsten Dicken bis zu etwa 10 mm, ferner „starke Platten“ von 10 mm hinauf bis 40 mm. „Schwache Platten“ werden aus Furnieren aufgebaut, das sind sehr dünne Blätter aus Holz. Diese werden heute kaum noch durch Furniersägen, sondern vornehmlich mit Hilfe von Messermaschinen und vorwiegend mit Schälmaschinen erzeugt.

Auf Messermaschinen wird der durch Dämpfen oder Kochen vorbereitete, entrindete und roh zugeschnittene Stamm gegen ein unter einem bestimmten Winkel zur Bewegungsrichtung stehendes Messer bewegt und dadurch in etwa 0,1 bis 10 mm dicke Furniere geschnitten. Solche Furniere zeigen die natürliche Maserung des Holzes.

Bei Schälmaschinen wird das Furnier von dem sich um seine Längsachse drehenden Stamm in ähnlicher Weise abgeschält wie der Span auf der Drehbank, nur daß hier Spanbreite = Stammlänge ist. Während ein gemessertes Furnier im allgemeinen flach liegt, hat selbstverständlich ein geschältes Furnier, dessen Innenseite stets kürzer ist als die Außenseite, das Bestreben, sich in die ursprüngliche Lage am Stamm entsprechend zurückzuwölben. Wird also ein solches Furnier gezwungen, flach zu liegen, so werden entsprechende Spannungen in ihm erzeugt, die zum kleinen Teil durch sich bildende kleine Risse auf der kurzen Seite ausgelöst werden.

[1] Eingegangen am 12. Dezember 1926.

Es ist bekannt, daß Holz das Bestreben hat — und zwar hauptsächlich quer zu seiner Faserrichtung — bei Änderungen von Feuchtigkeit und Temperatur zu quellen oder zu schwinden, d. h. sich bei zunehmender Feuchtigkeit z. B. auszudehnen und bei abnehmender Feuchtigkeit zusammenzuziehen. Bei den zur Breite und Länge der Furniere verhältnismäßig geringen Stärken kann man in der vorliegenden Betrachtung die Einwirkungen auf diese Stärke meist unberücksichtigt lassen. Das Formänderungsbestreben wirkt sich hauptsächlich quer zur Faserrichtung, mithin in der Richtung der geringsten Festigkeit aus.

Unter Sperrholz versteht man nun eine Verbindung einzelner Holzelemente durch Verleimung in der Art, daß sie sich gegenseitig daran hindern, die Bewegungen auszuführen, die sie unter der Einwirkung von Feuchtigkeit- oder Temperaturänderung, die auf die ganze Verbindung wirkt, als einzelne Elemente ausführen würden, d. h. die Elemente sperren gegenseitig die Auslösung der Spannungen ab, die durch das Bestreben, zu quellen oder zu schrumpfen, auftreten.

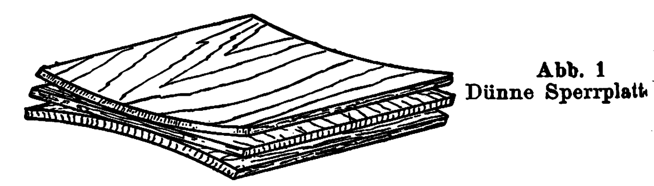


Abb. 1 Dünne Sperrplatt[e]

Arten des Aufbaues

Wie diese Aufgabe gelöst ist, zeigt für die dünne Platt[e] in einfachster Form Abb. 1. Die Furniere sind im rich[tigen] Dickenverhältnis so miteinander verleimt, daß di[e] Faserrichtung der beiden Außenfurniere möglichst senk[-]recht steht zu der des Mittelsfurniers. Weicht man wesent[-]lich vom rechten Winkel ab, so zeigt sich, daß die Ve[r-]bindung nicht mehr der oben angeführten Erklärung ge[-]nügt. Der Fachmann sagt dann: „die Sperrplatte ste[ht] nicht“; besser wäre es, zu sagen: „das ist keine Sper[r-]platte“. Dasselbe trifft zu, wenn das Verhältnis der Stärke und Festigkeiten der verleimten Furniere nicht richtig is[t], d. h. nicht so gewählt ist, daß die auftretenden Spannunge[n] sich aufheben. Handelt es sich um ein Messerfurnier vo[n] geeigneten Stämmen, oder ist zum mindesten das Mitte[l-]furnier ein flachliegendes Messerfurnier, so wird b[ei] richtiger Lage der Außenfurniere (bei Schälfurnieren bei[de] Innenseiten der Mittellage zugewendet) auch eine gera[de] Platte erzielbar sein. Verwendet man nur Schälfurnier[e], so muß entweder die Mittellage aus zwei Furnieren m[it] gleicher Faserrichtung hergestellt sein, die die in ihne[n] infolge der Schälung (siehe oben) herrschenden Spa[n-]nungen gegeneinander aufheben, oder die dünne Sper[r-]platte wird nicht gerade sein.

Meist werden trotz allem aus wirtschaftlichen Gründe[n] Sperrplatten nur aus Schälfurnieren in überragender Men[ge] mit ungleichen Furnierzahlen in 3- bis 7fach[er] Verleimung aufgebaut, so daß sich je ein Paar Außenfu[r-]niere mit gleicher Faserrichtung um ein stärkeres Mitte[l-]furnier anordnen, wobei die Faserrichtungen der unmitte[l-]bar miteinander verleimten Furniere sich möglichst rech[t-]winklig kreuzen.

Als allgemein bekannt darf vorausgesetzt werde[n], welche große Wichtigkeit dem Trocknen des Holzes v[or] seiner Verwendung zukommt. Diese Frage spielt hier ei[ne]



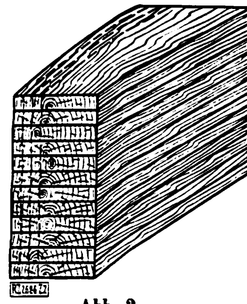


Abb. 2
Block zur Herstellung von Mittellagen für dicke Sperrplatten nach Kümmel

besonders große Rolle. Bekannt ist ferner, daß man in den ersten Anfängen der Sperrholzindustrie ungetrocknete Furniere verleimte und das hieraus hergestellte Sperrholz nachher trocknete. Da diese Verleimung unter sehr hohen Drücken (bis zu 24 kg/cm²) vor sich ging und eine Warmverleimung war, konnten während der Verleimung die Furniere, durch die die Wärme von den Heizplatten der Pressen zum Leim dringen mußte, infolge des hohen, auf ihnen lastenden Druckes nicht schrumpfen. In solchen Platten entstehen Spannungen; diese lösen sich in zahlreichen Oberflächenrissen aus, die die Platten für höhere Verwendungszwecke unbrauchbar machen.

Die Naßverleimung ist daher zum größten Teil verlassen worden, sie wird nur noch für untergeordnete Verpackungszwecke verwendet. Im allgemeinen nehmen alle Werke, mit Ausnahme einiger osteuropäischer, das Trocknen der Furniere vor der Verleimung vor. Beim Verleimen wird bei den heute üblichen Verfahren jedoch wieder ein Teil der Trockenwirkung dadurch aufgehoben, daß die meisten Leime sehr hohe Feuchtigkeitsgehalte haben. Das Holz nimmt diese Feuchtigkeit gierig auf. Wird nun nicht dafür gesorgt, daß die Leimfeuchtigkeit nach Möglichkeit wieder entfernt wird, so kann eine sehr wesentliche Beeinträchtigung in der Güte des Enderzeugnisses eintreten.

So sieht man, daß man auch bei dünnen Platten, wenn sie auf kaltem Wege verleimt sind, wie es vorzugsweise in Amerika üblich ist, nachtrocknen muß. Bei den in Deutschland gebräuchlichen geheizten Pressen wird ein Teil der Leimfeuchtigkeit durch die Einwirkung der Hitze beseitigt, bei mehrfacher Verleimung zwingt jedoch der Einfluß der Feuchtigkeit dazu, wenn man nicht sehr üble Nebenerscheinungen hervorrufen will, zunächst dreifach zu verleimen, sodann erst das vierte und fünfte Furnier im gesonderten Arbeitsgang aufzubringen und so fort, bis man die Dicke erreicht hat, die man zu haben wünscht. Wird anders gearbeitet (das geschieht leider immer noch), so darf man sich nicht darüber wundern, wenn kein ausgeglichenes Sperrholz erzielt wird[2]).

Nicht zuletzt haben diese Schwierigkeiten auch dazu geführt, für den Aufbau dicker Platten andre Wege zu gehen, die R. Kümmel angegeben und zuerst beschritten hat. Bekannt ist, daß der Holzstamm in seinem Querschnitt keinen gleichmäßigen Aufbau zeigt. Wie aus dem typischen Bild der Jahresringe z. B. hervorgeht, ist der Abstand der festeren Schichten voneinander durch den ganzen Querschnitt verschieden. Da dieser Abstand, ganz roh gesprochen, in gewissem Sinne die Höhe der bei Feuchtigkeitsänderung entstehenden Bestreben zur Ausdehnung und zur Zusammenziehung, also beim festgehaltenen Holz zum Auftreten von Spannungen beeinflußt, so ist man ja bereits in der Schaffung des Furniers dazu übergegangen, das Grundholz möglichst weit zu unterteilen. Kümmel hat erkannt, daß auch ein Aufbau dicker Platten zu gutem Sperrholz möglich ist dadurch, daß man, wie von altersher handwerksmäßig geübt, dicke Mittellagen verwendet, jedoch in der Unterteilung dieser dicken Mittellagen so weit wie möglich geht.

Er leimte, Abb. 2, geschnittene Dickten zu einem Block zusammen und trennte diesen Block (Abb. 2 gestrichelt) wieder auf. Damit erhielt er eine Mittellage, bei der eine weitgehende Unterteilung der Holzelemente auf wirtschaftliche Weise geschaffen war. Diese Mittellage wird dann auf beiden Seiten mit Furnieren bedeckt, und so entsteht

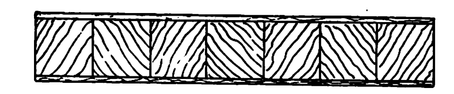


Abb. 3
Dicke Sperrplatte, sogenannte Kümmelplatte

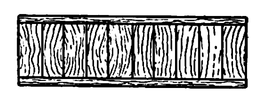


Abb. 4
Stäbchenplatte

die Kümmelplatte, Abb. 3, die heute bereits in Dicken von 10 bis 40 mm fabrikationsmäßig hergestellt wird. Abb. 4 zeigt denselben Aufbau, bei dem in der Unterteilung der Mittellagen noch weitergegangen ist. Hier sind statt gesägter Dickten zunächst Furniere zu einem Block zusammengeleimt und dann in derselben Weise aufgetrennt worden. Diese Platte hat den Namen Stäbchenplatte erhalten. Die Mittelfurniere sind meist 5 mm dick.

Natürlich muß bei dieser Fertigung, in der die Verleimung zum Block auf kaltem Wege geschieht, durch geeignete Maßnahmen die Leimnässe unschädlich gemacht werden; doch das sind Einzelheiten, auf die einzugehen hier zu weit führen würde. Werden die einzelnen Elemente der Mittellage mit ihrer Faserrichtung in der richtigen Weise angeordnet, d. h. so, daß nicht etwa aufrecht stehende und liegende Ringe in einer Platte nebeneinanderliegen, so wird man auch hier vor allen Dingen, wenn der Trocknung in allen Arbeitsgängen genügend Aufmerksamkeit geschenkt worden ist, ein Sperrholz erhalten, das der oben angegebenen Erklärung genügt. Ich lege Wert darauf, zu betonen, daß diese Verfahren deutsche Verfahren sind. Obschon sie in Deutschland bereits jahrelang geübt werden, sind sie jetzt erst in Amerika in der Fachliteratur als Neuigkeit behandelt worden.

Im Gegensatz zu den dünnen Platten wird man bei den dicken Platten nicht nur stehende Sperrplatten, sondern auch gerade Sperrplatten ohne Schwierigkeit erzeugen können. Platten diesen Aufbaues werden fabrikationsmäßig heute schon in Abmessungen bis zu 1,60 m Breite bei 4,60 m Länge laufend hergestellt. Vielfach werden beide Ausführungen auch unter dem Namen Tischlerplatte geführt.

Festigkeitswerte

Es ist bekannt, daß die Festigkeit von Holz, je nachdem man es in der Faserrichtung oder quer zur Faserrichtung verleimt, verschiedene Werte ergibt, daß z. B. die Zugfestigkeit, quer zur Faserrichtung gemessen, nur einen geringen Bruchteil derjenigen in der Faserrichtung beträgt. Betrachtet man eine dünne Platte, die nach Art von Abb. 1 hergestellt ist, so ist es ohne weiteres verständlich, daß es bei einer genügenden Bindung des Leimes durchaus leicht möglich ist, durch richtige Bemessung der Furnierdicken eine Platte zu erzeugen, die in der Faserrichtung der Außenfurniere wie auch quer dazu, also in beiden Richtungen die gleiche Festigkeit aufweist.

Es ist weiter leicht verständlich, daß auch hinsichtlich der Biege-, Druck- und Knickbeanspruchungen durch die gegenseitige Abstützung der Fasern in beiden Richtungen gleiche Werte erhältlich sein werden. Da bei den starken Platten die Fasern der Außenfurniere senkrecht zu den Fasern der Mittellagen liegen, wird es erklärlich sein, daß man auch bei diesen Platten von z. B. 20 mm bei geeignetem Verhältnis der Stärke der Außenfurniere zu der der Mittellagen und vor allen Dingen bei der Verwendung eines guten Leimes auch bei diesen hinsichtlich der Festigkeit keine großen Unterschiede gefunden hat, gleichgültig, ob man die Zugfestigkeit in der Faserrichtung der starken Mittellagen oder in der Faserrichtung der schwächeren Außenfurniere geprüft hat. Diese Versuche sind noch nicht soweit geführt worden, daß man sich hierüber ein endgültiges Urteil erlauben könnte. Jedenfalls kann man jedoch heute schon folgern, daß bei einer baulichen Verwendung des Sperrholzes ganz wesentliche Querschnittverminderungen gegenüber Vollholz zulässig sind. Weiter unten soll noch gezeigt werden, daß die leichte Gestaltung von Sperrholz

[2]) Sehr bemerkenswerte Veröffentlichungen über den Einfluß der Leimfeuchtigkeit und ihre Auswirkung finden sich in der Zeitschrift Veneers, Indianapolis U. S. A. Bd. 20 (1926) S. 19. Eine ausführliche deutsche Besprechung dieser Arbeit ist erschienen in der „Wirtschaftlichen Technik", Berlin, Bd. 7/14 (1926) S. 135.

zu Querschnitten mit großen Widerstandsmomenten diesen Unterschied noch wesentlich zugunsten des Sperrholzes verschieben läßt.

Die heute in den Anstalten für Werkstoffuntersuchung üblichen Maschinen und Verfahren sind nicht ohne weiteres für Sperrholz verwendbar. An dieser Stelle braucht hierauf wohl nicht noch näher eingegangen zu werden, es genügt vielleicht der Hinweis, daß z. B. die sonst für Eisen- und Stahluntersuchungen üblichen Normen auf Weichmetalle nicht anwendbar sind, und vor allen Dingen ist wohl heute der Grundsatz als anerkannt zu betrachten, daß das Untersuchungsverfahren auch dem wirklichen Verwendungszweck des Werkstoffes anzupassen ist und daß es verfehlt wäre, nur weil man gewohnt ist, mit bestimmten Begriffen zu arbeiten, nun zu versuchen, auch andersgeartete Werkstoffe in das übliche Schema zu zwängen.

Die Arbeiten zur Schaffung von Untersuchungsverfahren und Kennzahlen für Sperrholz sind erst vor kurzem begonnen worden, und zwar an der Technischen Hochschule zu Berlin in der Abteilung für Technologie des Holzes. Es wäre verfrüht, hierüber irgend etwas mitteilen zu wollen, um so mehr, als gegenwärtig, wie oben bereits erwähnt, gerade der Anfang dazu gemacht worden ist, durch die Mitarbeit des Forstchemikers die Unregelmäßigkeiten auszuschalten, die bisher die Schaffung eines einwandfreien Untersuchungsmaterials behindert haben. Es soll damit nicht gesagt werden, daß Sperrholz über die Möbelindustrie und den Schiffbau hinaus (z. B. für Kabinenzwischenwände) noch keine weitergehende bauliche Verbreitung gefunden hätte, und daß Werke, die Sperrholz zu Bauzwecken verwandt haben, nicht auch für ihre Sonderfälle versucht haben, Unterlagen für eine rechnerisch richtige Auswertung der Konstruktion zu schaffen.

Im Gegenteil werde ich zeigen, daß man bereits vor dem Krieg und während des Krieges Sperrholz für recht verwickelte Konstruktionen mit Erfolg verwendet hat, jedoch hat man hierbei immer wieder, um sicher zu gehen, auf den praktischen Versuch an fertigen Konstruktionsteilen zurückgreifen müssen, um die Unsicherheiten auszugleichen, die durch die Unmöglichkeit einer einigermaßen zuverlässigen konstruktiven Berechnung entstanden sind. So z. B. hat im Schütte-Lanz-Luftschiff das Sperrholz in sehr großem Maßstabe zur Erbauung von Trägern Verwendung gefunden, die die Hauptbestandteile des ganzen Gerippes des Schütte-Lanz-Schiffes dargestellt haben[3]). Es hat sich gezeigt, daß Sperrholz für Träger und tragende Platten sehr gut geeignet war, nicht jedoch für Diagonalen, für die Stahldraht oder auch Duralumin oder Stahlbänder benutzt wurden. In der Versuchsanstalt der Schütte-Lanz-Werke sind sehr eingehende Versuche gemacht worden, aus denen ich noch weiter unten Zahlen nennen werde. Die gewonnenen Zahlen wurden jedoch immer nur als Annäherungswerte betrachtet, und jede einzelne Trägerart wurde, wie erwähnt, durch Aufbringung der im Gebrauch zu erwartenden Belastung praktisch auf ihre richtige Bemessung an Stichproben geprüft. Daß es hierbei bei Sperrholz leichter ist, gefährdete Querschnitte zu verstärken als z. B. bei Metallausführungen, sei nebenher erwähnt.

Aus den Untersuchungen, die in den Werkstätten der Schütte-Lanz-Werke gemacht worden sind, sind einzelne Werte auch für die Allgemeinheit von Belang; sie sollen hier erwähnt werden. Vor allen Dingen sind wertvoll die Vergleichzahlen der Beanspruchungen von Vollholz und Sperrholz gleichen Gewichts. Sie zeigen den hohen wirtschaftlichen Wert des Sperrholzes, der sich in der Ersparnis des immer seltener werdenden Rohstoffes Holz ausdrückt. Sperrholz läßt sich unschwer entweder während der Verleimung, bei Verwendung genügend wasserfester Leime auch nach der Verleimung, zu flachen Platten in Formen bringen, und zwar nach der Verleimung dadurch, daß das Holz in warmem Wasser oder Dampf erweicht, gebogen und in der gebogenen Form so lange festgehalten wird, bis es wieder getrocknet ist. Es lassen sich Winkel, U Profile herstellen, deren Schenkel sich, wenn gewünscht, durch Aufleimen von Furnieren oder Sperrholzauflagen verstärken lassen. Es können auch T-Profile aus Sperr- und Doppelholz leicht aufgebaut werden. Gentzcke gibt in der angezogenen Arbeit für eine ganze Anzahl von Profilen Vergleichzahlen, z. B. hinsichtlich der Knicklasten mit Vollhölzern derselben Holzart und desselben Gewichtes, aus denen ich einige Zahlen hier wiedergeben will, um die Möglichkeiten zu zeigen, die Sperrholz in dieser Beziehung bietet.

Für z. B. 80 cm Länge des Knickstabes ergibt sich bei einem quadratischen Vollholzquerschnitt von 13,1 × 13,1 mm², d. h. 1,7 cm² Fläche, verglichen mit einem Sperrholzwinkel von 30 mm Schenkellänge bei 3 mm Dicke (d. h. 1,8 cm² Fläche) und vorausgesetzter Knickrichtung senkrecht zu einem Schenkel das Verhältnis der Knicklasten zu 50 kg gegenüber 220 kg. Ein quadratischer Vollquerschnitt, 27,1 × 27,1 mm², also 7,35 cm², verglichen mit einem U-Träger gleichen Querschnittes mit 100 mm Steghöhe, 35 mm Schenkellänge und 3 mm Dicke, dessen Schenkel beiderseitig durch 5 mm Sperrholz verstärkt sind, ergibt die Knicklasten zu etwa 750 kg für Vollholz und 1350 kg für das Sperrholzprofil. Hierbei steht die vorausgesetzte Knickrichtung auf dem liegenden U-Träger senkrecht zum Steg.

Die Versuche bei Schütte-Lanz mit den dort gefertigten Sperrholzträgern haben ergeben, daß die Elastizitätsgrenze nicht ausgeprägt und schwer bestimmbar ist. Die Streck- und Quetschgrenze ist bei Sperrholz kaum feststellbar, weil sie mit der Bruchgrenze fast zusammenfällt. Man fand, daß Träger aus Sperrholz beim Untersuchen ohne vorherige Anzeichen des Bruches plötzlich zusammenfielen. In der Ermüdung konnte man zwischen Stahl, Duralumin und Sperrholz keine nennenswerten Unterschiede bei Beanspruchungen von 10 bis 15 vH unter der Elastizitätsgrenze bzw. mit 0,6 der Bruchfestigkeit beobachten. Es muß hier jedoch erwähnt werden, daß es sich bei allen diesen Untersuchungen nicht um Sperrholz in gewöhnlichem Sinne handelte, sondern um Sperrholz, dessen Furniere bereits vor der Verleimung einem gewissen Veredelungsvorgang unterworfen wurden, sie waren geharzt und lackiert. Auf den Einfluß dieses Veredlungsvorganges komme ich auch noch zu sprechen.

Die Festigkeit des Sperrholzes, gleichgültig, wie es verleimt und wie es aufgebaut wird, hängt selbstverständlich ab von der Festigkeit der einzelnen Holzelemente, der Festigkeit des Leimes und seiner Bindung. Der Einfluß, den der Feuchtigkeitsgehalt auf die Festigkeitseigenschaften des Holzes hat, ist bekannt. Man findet in jedem guten Taschenbuch neben Festigkeitszahlen auch Angaben, bei welchem Feuchtigkeitsgehalt diese erzielt worden sind. Diese Zahlen beziehen sich jedoch meist auf luftgetrocknetes Holz. Kommt man zu künstlich getrocknetem Holz, wo stets der Trocknung eine Dämpfung vorausgegangen ist, so kann man unter Umständen schon wesentlich verschiedene Zahlen erhalten.

In der Sperrholzherstellung wird nun, wie eingangs kurz erwähnt, das Holz durch einen Koch- oder Dämpfvorgang vorbereitet, und zwar wird nicht nur gedämpft, um gewisse Bestandteile dem Holze zu entziehen und die Trocknung zu erleichtern, sondern auch um das Messern und Schälen überhaupt erst wirtschaftlich zu ermöglichen. Daß die Festigkeit der Furniere wesentlich von der Art der Vorbehandlung durch Dämpfen oder Kochen beeinflußt wird, ist bekannt. Zahlen, die einwandfrei diese Verhältnisse klarlegen, sind meines Wissens nicht vorhanden. Ich habe erst vor kurzem in einem Vortrag im Reichsforst-Wirtschaftsrat die Anregungen geben müssen, in dieser Beziehung endlich wissenschaftliche Forschung einsetzen zu lassen. Man weiß, daß das Holz durch wiederholtes Kochen außerordentlich in seinen Festigkeitseigenschaften geschädigt werden kann, ebenso durch Anwendung zu hoher Dämpftemperaturen. Man ist bisher z. T. in dieser Beziehung auf Werte angewiesen, die als Geheimnisse von den einzelnen Betriebsleitern gehütet werden.

[3]) Vergl. die Arbeit von Dipl.-Ing. Gentzcke, Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt Bd. 15 (1924) S. 77, der auch die weiteren Zahlen entnommen sind, die für Teile dieses Luftschiffes hier gegeben werden.

Natürlich kann man durch Verbindung von Furnieren aus verschiedenen Holzarten Sperrholz der verschiedensten Eigenschaften erzielen, jedoch muß immer dabei beachtet werden, daß bei Anwendung verschiedener Holzarten in der Bemessung der Dicken der Gleichgewichtzustand erhalten bleibt, der das Sperrholz als solches kennzeichnet. Man verwendet allgemein z. B. für die dicken Mittellagen der starken Platten Weichholz, während man als Außenfurnier Harthölzer benutzen kann. Man kann auch schwache Platten aus verschiedenen Holzarten aufbauen, z. B. solche mit weicher Mittellage und Außenlagen mit verhältnismäßig hohen Oberflächenhärten. Man kann also durch Anwendung verschiedener Hölzer auch die Festigkeitseigenschaften und die Bearbeitungsfähigkeiten z. B. beim Biegen, Drücken und Ziehen entsprechend beeinflussen. Man kann sogar noch weiter Holzarten zum Sperrholzaufbau verwenden, die als Vollholz für ähnliche Zwecke überhaupt nicht in Frage kommen können. So werden z. B. in überwiegendem Maße zur Zeit in Europa das afrikanische Gaboon oder auch Okumé mit Erfolg zu Sperrplatten verarbeitet, die wegen ihrer geringen Festigkeitseigenschaften als Vollholz gar nicht in Frage kommen. Nebenbei sei hier darauf hingewiesen, welche wichtige Aufgabe hierdurch das Sperrholz löst in der Frage der Verwertung minderwertiger Hölzer für höhere Zwecke, eine Frage, die um so dringlicher wird, je mehr die Holzknappheit auf der ganzen Welt fortschreitet.

Veredlung des Holzes vor der Verleimung

Man hat nicht ohne Erfolg versucht, das Holz vor seiner Verarbeitung, wie bereits erwähnt, einer Veredlung zu unterwerfen, um durch diese einen Teil der Ungleichmäßigkeiten auszuschalten, die dem Holz als solchem innewohnen und die durch die Vorbehandlung bei der Verarbeitung zum Furnier in den Werkstoff getragen werden können. Beim Schütte-Lanz-Luftschiff hat man durch Harzen mit Paraffin und Räuchern mit Formaldehyd und Lackieren nicht nur eine Verbesserung bezüglich der geringeren Wasseraufnahme des Holzes, sondern auch eine Steigerung der Festigkeit erzielt, Abb. 5 und 6.

Mannigfache Versuche sind gemacht worden, das für Sperrholz verarbeitete Holz zu tränken. Diese Versuche haben nur dann zufriedenstellende Ergebnisse gezeigt, wenn man entweder bei der darauf folgenden Verleimung oder vorher das Holz unter starken Druck gesetzt hat.

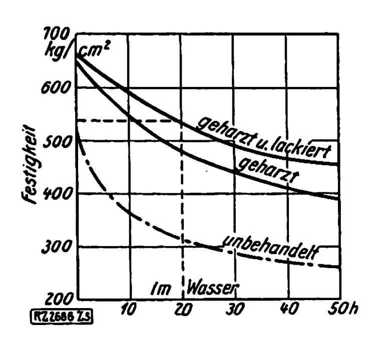


Abb. 5 Einfluß der Feuchtigkeit auf die Festigkeit von schwachen Sperrplatten in unveredeltem und veredeltem Zustande

Auf Grund jahrelanger Versuche auf diesem Wege ist es gelungen, ein Verfahren auszuarbeiten, das die Festigkeitseigenschaften des Holzes außerordentlich steigert und vor allen Dingen die unverwüstliche Lebenskraft des Holzes erhält, die sich in dem Quellen und Schrumpfen unter dem Einfluß von Feuchtigkeitsänderung äußert — auch wenn es noch so oft von zahlreichen Patentinhabern totgesagt wird —, es jedoch in Grenzen eindämmt, die eine verhältnismäßig große Gleichmäßigkeit der Furniere erwarten läßt. Dieses so behandelte Holz ist unter dem Namen Lignostone bekanntgeworden. Es wird vorzugsweise aus deutscher Buche gefertigt durch eine Tränkung unter einer bestimmten Temperatur und gleichmäßiger, allseitiger Zusammenpressung des Holzes senkrecht zu seiner Wuchsrichtung. Die Zusammenpressung ist so stark, daß bei verschiedenen Arten das spezifische Gewicht auf etwa das Doppelte seines ursprünglichen Wertes steigt.

In Zahlentafel 1 habe ich einige Festigkeitszahlen angegeben, die zeigen, was man mit einer derartigen Vorbehandlung des Holzes erreichen kann. Man sieht, daß Werte erzielt werden, die weit über denen der wertvollsten ausländischen Harthölzer, wie Pockholz und Teakholz, liegen. Die Bearbeitung dieses Lignostones erfordert freilich etwas andre Werkzeuge als diejenigen, die man bei unbehandeltem Holz zu gebrauchen gewohnt

Zahlentafel 1
Einfluß der Veredlung auf das Holz
Mechanische Eigenschaften verschiedener Hölzer und von Lignostone
(Versuche unter 10 vH Feuchtigkeit, berechnet auf die Trockensubstanz)

Holzart	Spez. Gewicht	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Biegeproben					Schlagbiegeprobe	σ_B	Härte			Spaltfestigkeit	
		σ_B	σ_E	$\frac{\sigma_E}{\sigma_B}$	E	fm		axial	nach Janka	nach Ago	nach Brinell	radial	tangential
Rotbuche	0,67	1300	610	0,47	134,0	0,29	2,8	610	—	—	—	45	26
Birke	0,69	1180	400	0,34	129,5	0,24	3,0	570	660	30	—	43	32
Erle	0,54	950	400	0,42	97,4	0,45	2,1	420	550	25	—	27	18
Pockholz	1,21	2090	1380	0,61	160,0	0,20	4,6	1080	2400	104	—	55	47
Teakholz	0,68	1090	660	0,61	124,2	0,26	1,7	530	570	26	—	31	18
Lignostone	1,35	2610	1260	0,48	242,8	0,15	7,1	—	—	150	27	106	92

Diese Zahlen sind den Berichten der Untersuchungsstelle der N. V. Maatschappij „Ago" in Ter-Apel entnommen.

Es bedeutet:

Spalte 1 σ_B Bruchspannung in kg/cm²,

„ 2 σ_E Last an der Elastizitätsgrenze in kg/cm²,

„ 3 $\frac{\sigma_E}{\sigma_B}$ Wert der Biegsamkeit,

„ 4 E Elastizitätsmodul in kg/cm²,

„ 5 f_m Biegungspfeil berechnet auf 100 kg. Wert für Biegbarkeit in cm,

„ 6 Dynamische Arbeit bei der Schlagbiegeprobe in mkg beim Bruch eines Stabes von 4 cm² Querschnitt und 24 cm Länge,

„ 7 σ_B Bruchspannung bei Druckbelastung in kg/cm²,

„ 8, 9, 10 Härte senkrecht zur Faserrichtung. Das Verfahren nach Brinell und auch das von Janka versagen hier bei den weicheren Hölzern. Die Maatschappij „Ago" hat in Anlehnung an Janka ein eigenes Verfahren ausgebildet, bei dem statt einer Halbkugel ein Stahlzylinder von 2 mm Dmr. und 1 mm Höhe verwendet wird. Die Härtezahl nach Brinell verhält sich zu der nach „Ago" wie 1:5,5 bis hinauf zu Brinellhärten von 100. Das Verhältnis von Janka zu Ago beträgt 1:22,

„ 11, 12 Spaltfestigkeit. Kraft in kg, die notwendig ist, um 4 cm² zu trennen (Verfahren Nördlinger).

ist, es hat auch für die Untersuchung, wie dies z. B. die der Härtebestimmung zeigt, die Konstruktion eigener Geräte bedingt.

Die Tatsache, daß man im allgemeinen bei Lignostone Kennzahlen feststellen kann, die man von Metallen her gewohnt ist, und zwar, wie ich feststellen konnte, mit großer Sicherheit und Gleichmäßigkeit, zeigt zunächst die außerordentliche Veränderung, die das Holz durchgemacht hat. Es kann hieraus aber nicht etwa ein Gegensatz zu dem herausgelesen werden, was ich für gewöhnliches Sperrholz vorher ausgeführt habe. Wie erwähnt, arbeitet jedoch auch dieses Lignostone noch, weil es eben Holz ist, d. h. es quillt und schrumpft, wenn auch außerordentlich viel langsamer als unbehandeltes Holz. In Abb. 6 ist zum Vergleich mit geharzt und lackiertem Holz auch die Schaulinie von Lignostone dargestellt.

Man sieht also, daß man durch Veredlung einen großen Teil der Ungleichmäßigkeiten ausschalten kann, die der Werkstoff Holz in die Verbindung Sperrholz bringt. Ich habe mich davon überzeugen können, daß man bei Lignostone bei einer richtigen Nachprüfung, trotz der Verschiedenheiten des Ausgangsstoffes, sehr leicht außerordentlich gleichmäßige Endergebnisse erzielen kann, ohne daß das Holz als solches zerstört wird. Natürlich kann man mit geeigneten Werkzeugen Lignostone auch messern, Furniere daraus herstellen und hieraus ein Sperrholz aufbauen, das zumindest die Festigkeitseigenschaften zeigt, die in Zahlentafel 1 angegeben sind. Die Frage ist jedoch, ob sich dies wirtschaftlich ermöglichen läßt, was zur Zeit untersucht wird.

Festigkeit der Leimbindungen

Das Bindemittel, der Leim, ist eines der trübsten Kapitel, das vielleicht mit der Rolle des Härtepulvers in den verflossenen Jahrzehnten verglichen werden kann. Für industrielle Zwecke kommt Leder- oder Knochenleim nicht in Frage. Es müssen Leime verwendet werden, die wenigstens als einigermaßen feuchtigkeitsbeständig angesehen werden können. Aus diesem Grunde scheidet auch der in Amerika übliche Stärkeleim aus. Es bleiben lediglich die Leime übrig, die auf Kasein und Albumin aufgebaut sind, oder sogenannte Harzleime.

Der Flugzeugindustrie ist es zu verdanken, wenn sich gewisse Normen ausgebildet haben, mit denen man versucht, die Wertigkeit der einzelnen Verleimungen miteinander zu vergleichen. Wie früher die Feile beim Härten so häufig zur falschen Beurteilung der zweckmäßigsten Härte gedient hat, so dient heute noch das große Taschenmesser des Leimmeisters, mit dem er zwischen die verleimten Furniere eindringt und sie voneinanderreißt, dazu, um irrtümliche Begriffe über die Güte einer Verleimung hervorzubringen. Diesem Irrtum soll hier zum erstenmal entgegengetreten werden.

Je nach der Zusammensetzung, der Dickflüssigkeit des Leimes und der Porosität oder Dichte sowie der Vorbereitung des Furniers dringt der Leim mehr oder minder in die Poren der Furnierfläche ein. Dringt er tief ein, so nimmt man an, daß eine recht feste Verankerung des Leimes mit dem Holz stattgefunden hat. Es tritt dann eine sogenannte Transversalverbindung ein, das, was der

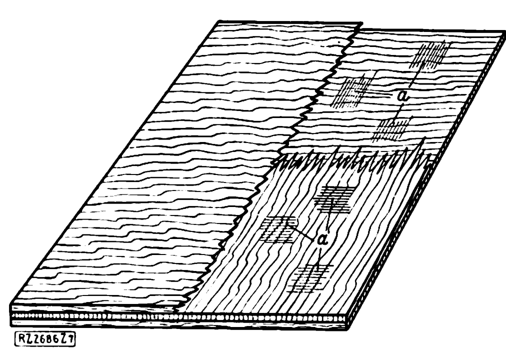


Abb. 7
Schema des Holzbruches
a Stellen, auf denen Faserchen der darüberliegenden abgerissenen Platte haften

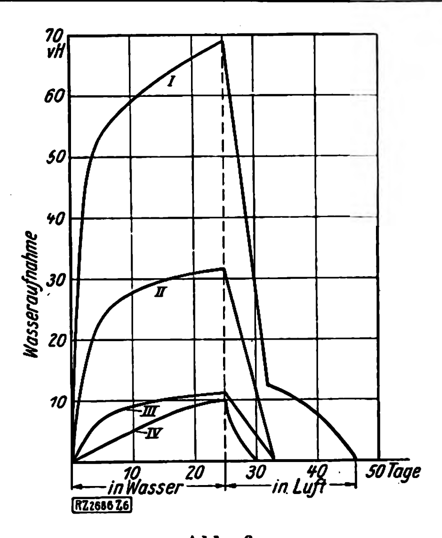


Abb. 6
Wasseraufnahme von Sperrholz, unbehandelt und veredelt sowie von Lignostone

I unbehandeltes, *II* geräuchertes, *III* im Kessel geharztes } Tannenholz, dreifach verleimt in Seewasser
IV Spezial-Lignostone in Süßwasser

Leimmeister Leimen nennt. Bleibt der Leim nach seinem Abbinden elastisch, so wird sich unbedingt hierbei eine größere Leimfestigkeit zeigen, als wenn derselbe Leim z. B. auf einem Holz verwendet wird, das eine dichte, harte Oberfläche, in das er nicht eindringen kann, bei dem also nur eine Filmbindung (ein „Kleben") stattfinden würde. Leider zeigt es sich nun, daß diejenigen Leime, die für industrielle Leimungen jetzt meist benutzt werden, vornehmlich das Kasein, nach dem Abbinden spröde werden; man merkt das leicht, wenn man mit Kasein verleimte Platten trocken biegt. Hierbei reißen die kleinen Zäpfchen, die in das Holz gedrungen sind, von der Leimhaut los, es verbleibt eine schlechtere Leimbindung, als wenn der Leim überhaupt nicht eingedrungen wäre, weil an den Bruchstellen der vom Leim ausgehenden Zäpfchen keine Verbindung mehr mit dem Holz vorhanden ist und die Gesamtheit der kleinen Bruchflächen einen nicht unbeträchtlichen Teil der noch verbleibenden Berührungsflächen zwischen Leim und Holz darstellt. Nun zeigt sich, daß bei denjenigen Leimen, die nach dem Verleimen elastisch bleiben, wie z. B. bei Yavan, eine Transversalbindung nur in sehr geringem Maß eintritt, was wohl darauf zurückzuführen ist, daß, während Kasein z. B. bei Auftragen einen Gehalt von etwa 70 bis 80 vH Wasser hat, Yavan nur etwa 10 vH zu enthalten braucht.

In Abb. 7 ist schematisch und roh dargestellt, was sich ereignet, wenn man die Platten eines Sperrholzes gewaltsam voneinander löst. Es bleiben Faserchen der abgerissenen Platte auf der darunterliegenden haften; *a* sollen derartige Stellen zeigen. Nun urteilt zur Zeit der Meister so, daß er die Verleimung für um so besser hält, je mehr Fläche der verbliebenen Platte von den Faserchen der abgerissenen bedeckt ist. Diese Fläche ist ein Maßstab der vorhanden gewesenen Transversalbindung, sofern nicht vorher durch starkes Biegen ein Abbrechen der kleinen Leimzäpfchen eingetreten ist. Sie ist bei Leimen, die mit Alkalien angesetzt sind, ferner ein Maßstab dafür, inwieweit ein Angriff auf die für die Festigkeit wertvollen Bestandteile des Holzes erfolgt ist, also eine Schwächung des Holzes an den Stellen, an denen es mit dem Leim in Berührung kommt[4]). Daß sie keinesfalls zur Beurteilung der Güte der Verleimung selbst herangezogen werden kann, werde ich sogleich an einigen Untersuchungen des Forest Products Laboratory, bekanntlich der Forschungsstelle der Forstabteilung des Landwirtschaftsministeriums der Vereinigten Staaten, zeigen. Vorher will ich noch ku

[4]) Näheres hierüber, besonders über die chemischen Vorgänge zu finden in meiner Arbeit „Einiges über Sperrholzleime", „Wirtschaftliche Technik" Bd. 7/17 (1927) S. 198.

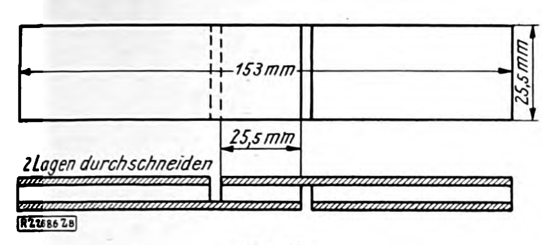


Abb. 8
Normalstab für die Untersuchung der Scherfestigkeit der Leimbindung an Sperrplatten nach den Normen des Forest Products Laboratory

eine Beschreibung des Leimprüfverfahrens geben, das zur Zeit in den Vereinigten Staaten und in England als Norm für die Lieferung von Flugzeugplatten anerkannt ist und das neuerdings auch allgemein vom Sperrholzhändler zur Beurteilung der Leimung herangezogen wird.

Prüfverfahren

Abb. 8 zeigt den normalen Zerreißstab. Aus einer Sperrplatte wird ein Stab von 153 mm Länge und 25,5 mm Breite herausgeschnitten. Im Abstande von 25,5 mm wird senkrecht zur Längsachse des Stabes, wie in Abb. 8 gezeigt, einmal das obere Furnier und das Mittelfurnier bis zum Unterfurnier durchschnitten, das andre Mal das Unterfurnier und das Mittelfurnier bis zum Oberfurnier, so daß also eine Leimprüffläche von 6,5 cm² (entsprechend 1 Quadratzoll englisch) verbleibt, an der die Zerreißkraft angreift. Das Sperrholz ist so hergestellt, daß die Faserrichtung der Außenfurniere parallel liegt mit der Richtung der angreifenden Kraft.

Mindestens drei derartige Stäbe sollen bei jedem Versuch zerrissen werden. Die Bruchfestigkeit (Scherfestigkeit) darf bei mindestens zweien nicht weniger betragen als 14 kg/cm² für Güte A und 10,5 kg/cm² für Güte B.

Als übliche Zerreißmaschine wird in England und Amerika die Avery-Maschine, Abb. 9, benutzt, die für 1500 kg Höchstbelastung gebaut ist. Die Einspannbacken des Probestabes sind deutlich zu sehen. Der links hängende Blecheimer hängt beim Zerreißversuch als Belastung auf der rechten Seite des Wagebalkens, dort, wo jetzt mehrere Belastungsgewichte an einem Haken hängen. Aus dem oberen Behälter fließt dauernd feines Schrot in den Blecheimer, bis der Bruch eintritt. In diesem Augenblick schnellt der Eimer etwas nach unten und schließt selbsttätig den Schrotzufluß ab. Alsdann werden Eimer und Gewichte in die Lage gebracht wie in Abb. 9. Das Gewicht des Eimers mit Schrotbelastung wird an dem Wagebalken gewogen, der mit einer Skala bis zu 100 kg in Abständen von je 5 kg geeicht ist. Die Zusatzgewichte hängen rechts an dem Haken, damit man die volle Belastung abwiegen kann. Das untere Handrad dient zur Erzeugung der Prüfspannung und wird jeweils so eingestellt, daß der Wagebalken immer in Nullstellung steht, und daß die Schrotlast der eingestellten Prüfspannung entspricht.

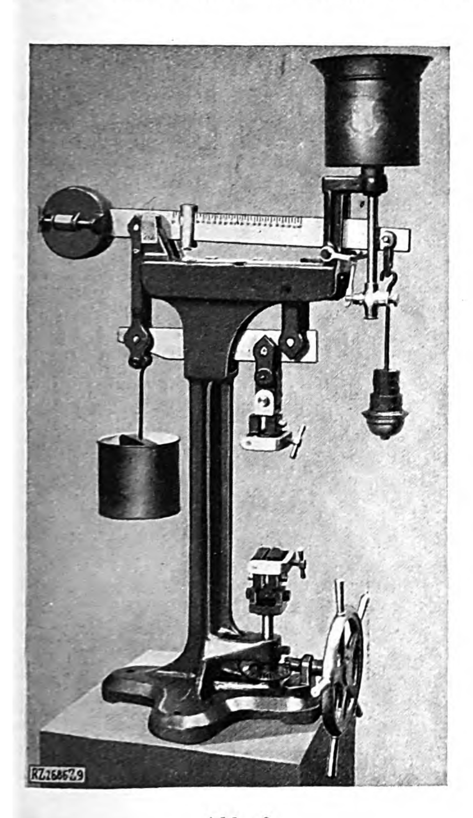


Abb. 9
Sperrholz-Prüfmaschine von Avery

Die zahlreichen Versuche in dem Forest Products Laboratory haben gezeigt, daß besonders bei Albumin, Kasein wie auch bei den sonstigen Verleimungen, die Ansprüche auf eine relative Feuchtigkeitsbeständigkeit machen, die Leimfestigkeit abnimmt, wenn das Sperrholz während einer längeren Zeit einer gewissen Feuchtigkeit ausgesetzt ist. Als Norm hat sich eine Untersuchung herausgebildet, die wie folgt durchgeführt wird. Die Probestücke werden in zwei gleiche Teile geschnitten; aus der ersten Hälfte werden sofort Probestäbe genommen, und zwar liegen in jeder Untersuchungsreihe fünf Probestäbe, von denen der Durchschnitt genommen wird. Diese werden dann zerrissen. Die Zerreißfestigkeit (es handelt sich hier stets um die Scherfestigkeit) wird nach der oben angegebenen Norm festgestellt; sodann wird der Anteil des Holzbruches ermittelt, d. h. es wird die Fläche gemessen, die mit haftengebliebenen Holzsplitterchen des abgerissenen Stückes versehen ist, und ins Verhältnis gesetzt zur gesamten Zerreißfläche. Einmal werden die Versuche an Probestäben vorgenommen, die ohne weitere Behandlung bei Raumtemperatur zerrissen werden. Zweitens werden die Stäbe 48 Stunden in Wasser gelegt und dann zerrissen. Die zweite Hälfte der genommenen Probestäbe wird ein Jahr lang in einem Raum aufbewahrt, in dem eine gleichmäßige Temperatur von 22 °C bei einem gleichmäßigen Feuchtigkeitsgehalt von 30 vH gehalten wird, eine ungemein harte Probe für Verleimungen. Nach

Zahlentafel 2
Aus den Prüfungen Blatt 1382 Versuch 5157—4 der Forest Products Laboratory, Wisconsin U.S.A., vom 21. Oktober 1926 (umgerechnet auf kg/cm²) Dreimal verleimte Birkenfurniere von je 1,6 mm Dicke mit Yavan nach einjährigem Verweilen bei 22 °C unter 30 vH relativer Feuchtigkeit

Reihe	Stab Nr.	Scherfestigkeit in kg/cm²	Holzbruch in vH	Scherfestigkeit in kg/cm²	Holzbruch in vH
		bei Raumtemperatur		beim Naßzerreißversuch nach 48 h Wässerung in Wasser von Raumtemperatur	
Y. B. 3	1	33,8	100	32,2	0
	2	31,7	95	27,2	100
	3	32,0	100	29,8	100
	4	26,8	100	27,8	100
	5	26,4	100	29,6	100
	Mittel	30,1	99	29	80
Y. B. 4	1	34,2	100	34,5	0
	2	34,6	5	29,2	0
	3	36,3	0	31,0	0
	4	35,7	0	34,5	0
	5	28,6	0	29,2	0
	Mittel	33,9	21	31,5	0
Y. B. 5	1	33,5	0	29,2	0
	2	30,7	20	32,8	0
	3	38,5	25	31,3	0
	4	32,8	0	30,7	0
	5	30,7	50	32,7	0
	Mittel	33	19	31	0

Zahlentafel 3

Aus den Prüfungen Blatt 1382/83, Versuch 5157—4 vom 21. Oktober 1926 und dem entsprechenden Versuch vom 26. Oktober 1925 der Forest Products Laboratory Wisconsin (umgerechnet auf kg/cm²)

Dreimal verleimte Birkenfurniere von je 1,6 mm Dicke mit Yavan; jeder Wert ist der Durchschnitt von fünf Einzelproben.

Leimsorte	Platte Nr.	Versuche an der ersten Hälfte der Proben nach Verleimung bei 130 °C				Nach Lagerung der zweiten Hälfte der verleimten Proben vom 26. Oktober 1925 bis 21. Oktober 1926 bei 30 vH relativer Feuchtigkeit und 22 °C			
		Trockenzerreißversuch bei Raumtemperatur		Naßzerreißversuch nach 48 h Lagern in Wasser von Raumtemperatur		Versuch bei Raumtemperatur		Naßzerreißversuch nach 48 h Lagern in Wasser von Raumtemperatur	
		Scherfestigkeit kg/cm²	Holzbruch vH	Scherfestigkeit kg/cm²	Holzbruch vH	Scherfestigkeit kg/cm²	Holzbruch vH	Scherfestigkeit kg/cm²	Holzbruch vH
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Yavan B (Holzverleimung)	1	35,7	2	28,6	67	31,7	0	27,3	30
	2	31,3	40	26,5	95	26,8	10	26,3	82
	3	33,2	19	28,6	10	30,2	99	29,2	80
	4	31,5	14	33,8	8	33,7	21	31,7	0
	5	29,5	2	24,2	41	33,2	19	31,2	0
	mittel	32	15	28,3	44	31	30	29	40
Yavan W (Holz- auch Metallverleimung)	1	32,9	86	22,6	2	30,9	86	25,7	78
	2	31,3	45	25,7	13	29,8	37	20,7	16
	3	23,8	41	23,2	99	29,7	80	21,5	41
	4	30,0	43	26,3	10	28,0	60	26,2	26
	5	31,2	0	26,3	2	24,3	0	20,2	23
	mittel	32,7	43	23,3	25	28,4	55	22,8	37

Ablauf des Jahres werden sodann die Versuche in derselben Weise wiederholt.

Wenn nun die Proben der Leimmeister für die Beurteilung der Leimfestigkeit allgemein maßgebend wären, so müßte man bei 100 vH Holzbruch die höchste Festigkeitszahl erhalten. Aus mir vorliegenden Versuchen gebe ich in Zahlentafel 2 einige Zahlen, und zwar von einem Birkensperrholz, das aus drei Furnieren von je 1,6 mm Dicke mit Yavan verleimt worden ist, also dem Leim, der hauptsächlich Filmbindung ergibt und doch die höchsten Festigkeitswerte zeigt.

Zahlentafel 2 zeigt keinen irgendwie gearteten gesetzmäßigen Zusammenhang zwischen Holzbruch und Leimfestigkeit. Im Gegensatz zur Leimmeisterregel ist gerade bei der geringsten Festigkeit die ganze Fläche mit anhaftenden Teilen des abgerissenen Furniers belegt (Y. B. 3 Nr. 5), während die höchste Festigkeit (Y. B. 4 Nr. 3) bei reiner Filmbindung ohne Bruch gemessen wurde.

Aus Zahlentafel 2 geht hervor, wie der genau durchgeführte wissenschaftliche Versuch wieder einmal bewiesen hat, daß eine jahrelang gebrauchte Faustregel nicht zu Recht besteht, und daß vielleicht so manches Werk bei Versuchen mit Leimen auf falsche Bahnen gelenkt worden ist, weil die exakte Forschung noch nicht die Grundlage für die richtige Beurteilung gefunden hatte.

Der Begriff der Feuchtigkeitsbeständigkeit ist natürlich nicht eindeutig. Es hat sich gezeigt, daß von den bisher meist gebräuchlichen Leimen der Kaseinleim in dieser Beziehung noch die besten Ergebnisse erzielen ließ, daß aber auch bei ihm nach längerer Feuchthaltung eine Zersetzung unter Herabminderung der Festigkeit eintritt. Diese Tatsache ist nicht, wie man irrtümlich lange Zeit angenommen hatte, auf Bakterien zurückzuführen, sondern wie das Forest Products Laboratory feststellen konnte, auf eine chemische Zersetzung des Kasein durch Einwirkung von Feuchtigkeit.

Zahlentafel 3 zeigt die Festigkeit des auch de Kasein an Festigkeit und Feuchtigkeitsbeständigke überlegenen Yavans B, das für Holzverleimung benut wird, und des Yavans W, das für Verleimung von Sper holz mit Metallen verwendet wird, bei dem, wie au aus Zahlentafel 3 hervorgeht, eine Beeinträchtigung d Festigkeit durch Einwirkung von Feuchtigkeit nicht h festgestellt werden können. Es zeigt sich, daß z. B. d Bindung mit einem derartigen Leim mehr als dopp so stark ist, wie diejenige, welche von der Britisch Admiralität vorgeschrieben worden ist.

Vergleicht man die Mittelwerte der entsprechend Spalten 3 und 4 mit 7 und 8, ferner 5 und 6 mit 9 und so sieht man, daß auch die für Verleimungen so schar Probe, die Verbindung ein Jahr lang 30 vH Feuchtigk auszusetzen, an der Festigkeit der Verleimung nichts ändert hat. Das besagt, daß die Leimfrage gelöst ist und ihr der Versuch, gleichmäßiges Sperrholz zu schaffen, ni scheitern wird. Letzthin verlangen der Kraftwagenbau u auch der Eisenbahnwagenbau Verbindungen von Metall mit Sperrholz. Auch diese Frage ist, wie Zahlentafel für Yavan W zeigt, gelöst.

Ich möchte nochmals betonen, daß der knappe Ra hier natürlich nur gestattet hat, den Gegenstand schl lichtartig zu behandeln. Wer in der Industrie die (eignetheit von Sperrholz für den einen oder and Zweck feststellen will, sieht aus dem Obigen, daß es fal wäre, aus dem Handel irgendein Sperrholz für Versu zu beziehen. Man muß sich mit gut eingerichteten Fabril in Verbindung setzen und ihnen genau sagen, was n haben will. Nur dann können Versuche zur Ausnutz der Eigenheiten des Sperrholzes für die Technik zum folge führen. [B 2686]

Die Brennstoffausnutzung im Bäckereigewerbe

Von Prof. Chr. Eberle, Darmstadt

Die üblichen Backofenbauarten — Eingehende Versuche der Hauptstelle für Wärmewirtschaft zur Feststellung des Wärmeverbrauches und der Wärmeverluste

Die Brennstoffnot der Kriegs- und Nachkriegsjahre hat die Aufmerksamkeit weitester Kreise des Gewerbes auf die Frage der bestmöglichen Brennstoffausnutzung gelenkt. War bis dahin die sparsame Verwendung des Brennstoffes nur unter dem Gesichtspunkt der Kostenverminderung geboten, so galt es jetzt mit einer zugewiesenen Kohlenmenge eine möglichst hohe Heizwirkung zu erzielen, um die Aufrechterhaltung des Betriebes im bisherigen Umfang zu ermöglichen. Die Durchführung eines Betriebes und seine Leistungsfähigkeit waren Brennstoffragen geworden, und so ist es sehr verständlich, daß sich in dieser Zeit die volle Aufmerksamkeit der Gewerbetreibenden der Brennstoffausnutzung und dem Wirkungsgrad der Brennstoffverwendung zugewendet hat.

Der unermüdlichen Belehrung, der regen Mitarbeit der Feuerungstechniker und der Gewerbetreibenden ist es in vielen Fällen auch gelungen, den Brennstoffverbrauch bedeutend herabzusetzen; ein besonderer Erfolg war es, daß es gelang, Arbeitsvorgänge, die früher nur mit bestimmten hochwertigen Brennstoffen durchgeführt werden konnten, auf minderwertige Kohlen umzustellen. Untersuchungen am Küchenherd[1]) zeigten, daß im allgemeinen kaum 10 vH der Kohlenwärme für das Kochen ausgenutzt werden, und daß durch entsprechende Bemessung der Feuerung und geeignete Bedienung die Nutzwärme verdoppelt werden kann. Die von verschiedenen Seiten durchgeführten Versuche an Schmiedöfen[2]) verschiedener Art und Größe lehrten, daß die Wärmeausnutzung bei diesem für Gewerbe und Industrie so bedeutsamen Arbeitsvorgang ganz erschreckend gering ist und sich zwischen 3 und 20 vH bewegt.

Diese auf vielen Gebieten der Brennstoffverwendung gewonnenen Erfahrungen haben die Erbauer von Feuerungseinrichtungen aller Art zu einer rührigen und erfolgreichen Verbesserungsarbeit angeregt, die sich über die Zeiten der Kohlennot hinaus fortgesetzt hat, und es ist im Sinne der wirtschaftlichen Vervollkommnung aller Vorgänge unseres Volks- und Wirtschaftslebens zu wünschen, daß diese Arbeit im Gange gehalten wird und durch weitere Untersuchungen immer neue Anregungen erhält. Diese Erwägungen veranlaßten das Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit in Industrie und Handwerk auch Mittel für diesen Zweck zur Verfügung zu stellen. Die vorliegende Arbeit verdankt ihre Entstehung dieser Zuwendung.

Allgemeines

Einteilung und Kennzeichnung der Backöfen

Die Entwicklung des Backofens ist im wesentlichen bestimmt durch die Entwicklung seiner Heizeinrichtung. Nach der Art der Beheizung lassen sich die verschiedenen, heute gebräuchlichen Backofenbauarten unterscheiden in unmittelbar und mittelbar beheizte Öfen. Bei den unmittelbar beheizten sogenannten „Deutschen Öfen" streichen die Heizgase durch den Backraum, werden dann in mehreren Zügen um den Herd geführt und ziehen nach dem Schornstein ab. Solange man nur Holz verheizte, brannte das Feuer unmittelbar auf dem Herd selbst ab. Mit der Einführung der Kohlenheizung wurde seitlich oder unterhalb des Herdes ein besonderer Rost eingebaut. Die weiteren Verbesserungen am Deutschen Ofen erstreckten sich auf die zweckmäßige Ausbildung von Rost und Feuerraum und den dichten Abschluß der Einschießöffnungen und des Rauchgasabzuges.

Da ein ununterbrochenes Beschicken des Deutschen Ofens wegen der Zwischenheizung nicht möglich und damit seine Leistungsfähigkeit begrenzt war, suchte man diesen Nachteil durch den Bau von mittelbar beheizten Öfen zu vermeiden.

Im „Kanal- oder Unterzugofen" trennte man Heizraum und Backraum vollständig und erwärmte den Backherd durch Feuerzüge, die unterhalb und oberhalb des Backherdes verliefen. Der Ofen konnte damit unabhängig vom Einschießen geheizt werden; er gestattete eine weit stärkere Ausnutzung seiner Backfläche.

Zu den mittelbar beheizten Öfen ist auch der „Dampfbackofen" oder „Röhrenofen" in seinen verschiedenen Bauarten zu zählen. Der Backraum wird hier durch Stahlrohre, die teilweise mit Wasser gefüllt sind und von denen ein Ende in den Feuerraum ragt, geheizt. Die Rohre sind mit Gefälle nach dem Feuerraum zu verlegt, damit das geheizte Ende stets mit Wasser gefüllt ist und der kondensierende Dampf sich in diesem Teil sammelt. Die Röhrenöfen sind durchweg mit zwei übereinanderliegenden Backherden ausgerüstet. Oft ist zur besseren Ausnutzung der Abgase noch ein dritter, von Kanälen beheizter Herd über den andern angeordnet. Die verschiedenen Bauarten der Röhrenöfen unterscheiden sich hauptsächlich in der Art ihrer Beschickung mit Backgut, der Anordnung der Herde, sowie der Anlage und den Zügen der Feuerung.

Die Backofenfeuerung und ihre Besonderheiten

Durch die besonderen Verhältnisse beim Backvorgang unterscheiden sich die Backofenfeuerungen grundsätzlich von andern industriellen Feuerungen. Die Backofenfeuerung hat die Aufgabe, den Ofen so zu erhitzen, daß während des Backens der Backraum auf einer bestimmten Temperatur gehalten wird. Dies ist nur möglich, wenn größere Massen an der Erwärmung teilnehmen, so daß die Wärme weitgehend gespeichert wird. Anderseits gilt es, den Wärmeverlust der erhitzten Steinmassen nach außen zu vermindern, also für gute Isolierung des Ofens Sorge zu tragen, wenn die mit einer starken Abkühlung verbundenen Nachteile langer Anheizzeit und erheblicher Wärmeverluste und entsprechend vermehrten Brennstoffverbrauches vermieden werden sollen. Man ging daher beim Bau der Backöfen bereits in früher Zeit vom einfachen Ziegelstein zu hartgebrannten Steinen mit geringem Wärmeleitvermögen über. Der eigentliche Wärmebedarf zum Backen ist im Verhältnis zu der zur Erwärmung des Ofens benötigten Wärmemenge gering. Das eingeschossene Backgut wird zunächst auf 100 °C erwärmt und gibt dann im Verlaufe des Backvorganges einen Teil seines Wassergehaltes ab. Durch die im Backraum erforderliche Temperatur von mindestens 240 °C wird der äußere Teil der Ware, die Rinde, auf 200 °C und mehr erhitzt, während die Krume, der innere Teil, infolge seines Wassergehaltes kaum mehr als 100 ° annimmt.

Der Wärmebedarf ist demnach kurz nach dem Einschießen am größten, um dann mit fortschreitender Gare des Brotes kleiner zu werden. Diesen Bedingungen entspricht der alte, unmittelbar geheizte Backofen am besten, da die höhere Wandtemperatur der inneren Mauerschichten des Backraumes eine erhöhte Wärmeabgabe im Beginn des Backens ermöglicht. Auch bei den mittelbar beheizten Backöfen wird diesem Umstande Rechnung getragen, indem man den Ofen vor jeder neuen Brotbeschickung stark heizt und das Feuer während des Ausbackens zurückgehen läßt. Dazu kommt, daß auch backtechnisch die etwas höhere Temperatur des Ofens beim Einbringen des Brotes gefordert wird, um rasches Anbacken und schnelle Krustenbildung zu erreichen.

---

[1]) Archiv für Wärmewirtschaft Bd. 4 (1923) S. 136 ff.
[2]) Archiv für Wärmewirtschaft Bd. 3 (1922) S. 99 ff.
[3]) Die Untersuchungen wurden von der Hauptstelle für Wärmewirtschaft durchgeführt.

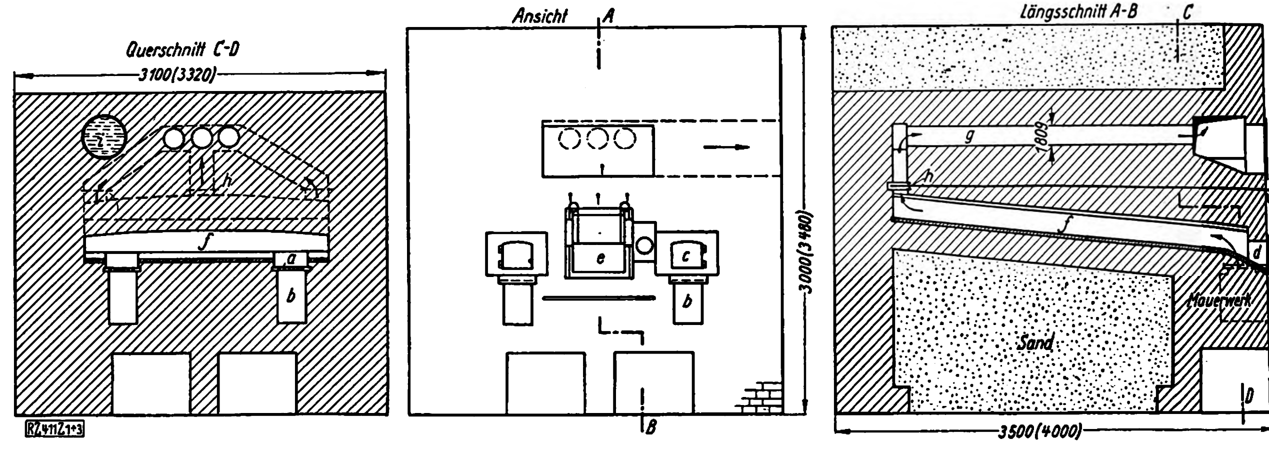


Abb. 1 bis 3. Deutscher Ofen.
Herd 2,40 × 1,90 [3,00 × 2,20] m² Rost zweimal 0,28 × 0,27 [zweimal 0,3 × 0,26] m²

a Rost
b Aschenfall
c Feuertür
d Einschießöffnung (Mundloch)
e Schiebetür (Schruft)
f Backraum
g Rauchkanal
h Schieber
i Warmwasserkessel

Die theoretisch an das Backgut übergehende Wärmemenge ergibt sich für 1 kg Brot aus folgender Rechnung:

Wird der Ausbackverlust mit 12,75 vH des fertigen Brotes angenommen, so entspricht 1 kg Brot eine Teigmenge von $\frac{1}{1-0{,}1275} = 1{,}132$ kg. Das Brot bestehe aus 30 vH Rinde mit 18 vH Wassergehalt, die beim Verlassen des Ofens auf 200 °C erhitzt sei und 70 vH Krume mit 43 vH Wassergehalt, die eine Temperatur von 100 °C habe.

Beim Herausziehen ist an fühlbarer Wärme im Brot enthalten:

in der Rinde:

$$0{,}30\ (0{,}18 \cdot 1 + 0{,}82 \cdot 0{,}3) \cdot (200 - 20) = 23{,}0 \text{ kcal},$$

in der Krume:

$$0{,}70\ (0{,}43 \cdot 1 + 0{,}57 \cdot 0{,}3) \cdot (100 - 20) = 33{,}6 \text{ kcal}.$$

Zur Verdampfung des Verlustwassers sind nötig, wenn der abziehende Dampf auf 230° erhitzt ist:

$$0{,}132\ (701 - 20) = 90 \text{ kcal}.$$

Insgesamt sind demnach für 1 kg Brot aufzuwenden $23{,}0 + 33{,}6 + 90{,}0 = 146{,}6$, d. h. rd. 150 kcal, für 1 kg Teig rd. 130 kcal.

Im Schrifttum sind oft höhere Werte angegeben, indem die Verdampfwärme des beim Backen auftretenden Wrasens mitberücksichtigt wird oder Zuschläge für die Ofenauskühlung gemacht werden. Für Kleingebäck ist infolge des größeren Ausbackverlustes der Wärmebedarf höher, für schwerere Brote etwas geringer; auch sind natürlich die Art des Mehles und seine Verarbeitung auf den Wärmebedarf von Einfluß.

Einer vollkommenen Verbrennung stehen bei allen Backofenfeuerungen der unterbrochene Betrieb und die unregelmäßige Brennstoffaufgabe entgegen; denn selbst bei stark beanspruchten großen Öfen wird nur zeitweise geheizt. Das häufige Öffnen der Feuertür bei der Brennstoffaufgabe läßt kalte Luft eintreten, die den Luftüberschuß erhöht und die Verbrennungstemperatur erniedrigt. Durch die hohe Brennstoffschicht, besonders beim Anheizen des Ofens, das verhältnismäßig schnell erfolgen soll, wird bei den durchweg sehr gashaltigen Brennstoffen die Kohlenoxydbildung begünstigt. Außerdem muß berücksichtigt werden, daß nur in den größten Betrieben erfahrene Heizer das Feuer bedienen; meist muß der durch Teigbereitung und Backen stark beanspruchte Bäcker nebenbei die Feuerung versehen. Diese Schwierigkeiten, die durch die Eigenart des Bäckereibetriebes gegeben sind, sind zu beachten, wenn man den folgenden Ergebnissen der Untersuchungen im praktischen Betriebe gerecht werden will.

Durchführung der Untersuchung und Auswertung der Ergebnisse

Bei der Auswahl der zu untersuchenden Backöfen wurde Wert darauf gelegt, daß, soweit es die örtlichen Verhältnisse erlaubten, jede der verschiedenen Ofenbauarten vertreten war. Die Untersuchungen wurden i Darmstädter Bäckereien in der Zeit von Juli 1926 bi Mai 1927 durchgeführt und erstreckten sich nur a Backöfen mit Kohlenheizung. Die Öfen wurden in dem Zu stande, in dem sie sich gerade befanden, untersucht; Brenn stoffe und Backgutmengen waren normal. Die Bedienung de Ofens und der Feuerung wurde durchweg dem Bäcke überlassen, um die Verhältnisse, unter denen tatsächlic gearbeitet wird, zu erfassen. Die gewonnenen Brennstof verbrauchzahlen stellen daher weder Mittel- noch Gren werte für die betreffende Ofenart dar; sie sollen nur eine Anhalt über die im praktischen Betrieb erreichten Zahle geben[4]). An den Versuchstagen wurden die verbacken Teigmengen sowie die dazu erforderlichen Brennstof mengen gewogen und zugleich von dem Brennstoff Durc schnittsproben genommen, die in der Hessischen Chem schen Prüfungsstation für die Gewerbe in Darmstadt a ihren Gehalt an Asche und Wasser untersucht sowie ein kalorimetrischen Heizwertbestimmung unterzogen wurde Die anfallenden Herdrückstände wurden ebenfalls gewog und eine Mittelprobe jeder Versuchsreihe auf ihren Geh an Verbrennlichem geprüft. Während der Heizzeit wurde die Temperatur der abziehenden Rauchgase kurzen Zeitabständen abgelesen und Proben der Rauc gase im Orsatgerät auf ihren Gehalt an CO_2 und O_2 g prüft. Außerdem wurden Zug, Raumtemperatur u Außentemperatur festgestellt. Den CO-Gehalt der Abga ermittelte man aus dem CO_2- und O_2-Gehalt unter Berü sichtigung der Brennstoffzusammensetzung. Bei der B rechnung der in den folgenden Zahlentafeln enthalten Tagesmittelwerte wurden die Beobachtungen der einz nen getrennten Heizzeiten entsprechend den jeweils v heizten Brennstoffmengen verwertet. Wurde am Sonnt oder an Werktagen abends vorgeheizt, so wurde d Brennstoffverbrauch dem folgenden Backtag zugeschrieb Die Brennstoffbedarfzahlen sind auf Teig bezogen, w dessen Gewicht am einfachsten vor dem Einbringen fe zustellen war. Beim Vergleich mit andern im Schriftt aufgeführten Werten sind die starken Unterschiede Heizwerte der Brennstoffe zu beachten. Zur Umrechnu der Ergebnisse auf 100 kg Brot kann für freigeschoben gemischtes Brot mit 1,13 bis 1,115 kg Teigeinlage für 1 Fertigware, je nach dem Brotgewicht, gerechnet werd Wegen des höheren Ausbackverlustes ist bei Kleingeb eine Teigmenge von 1,20 bis 1,24 kg zugrunde zu legen. W man den Brennstoffbedarf auf die verarbeitete Mehlme beziehen, so sind 100 kg Mehl etwa 150 kg Teig glei zusetzen.

[4]) Es sei an dieser Stelle auf die Erhebungen verwiesen, die Brennkrafttechnische Gesellschaft E. V., Berlin, 1921/22 unter Mitwirk des Bäckerzentralverbandes „Germania" in einer Reihe von Bäcker in Berlin, Hamburg und Frankfurt a. M. durchgeführt hat. Die Er nisse sind in der „Zeitschrift für Brennstoff und Wärmewirtsch (Mitteilungen der Brennkrafttechnischen Gesellschaft) Bd. 4 (1922) veröffentlicht.

Ergebnisse der wärmetechnischen Untersuchungen

Der unmittelbar beheizte Backofen (Deutscher Ofen)

Die beiden untersuchten Deutschen Öfen, Abb. 1 bis 3, sind nahezu von der gleichen Bauart und beide seit etwa 25 Jahren ohne wesentliche Veränderungen ihrer Feuerung in Betrieb. Die freien Maße gelten für Ofen I, die eingeklammerten für Ofen II. Die Herdfläche beträgt bei Ofen I $2{,}40 \times 1{,}90 = 4{,}56\ m^2$, bei Ofen II $3{,}00 \times 2{,}20 = 6{,}60\ m^2$, die Rostfläche zweimal $0{,}28 \times 0{,}27 = 0{,}151$ bzw. zweimal $0{,}3 \times 0{,}26 = 0{,}156\ m^2$. Wie aus der Zeichnung ersichtlich ist, wird der Herd durch zwei gleichausgebildete, seitliche Feuerungen geheizt. Die von dem Rost *a* abziehenden Heizgase streichen durch den Backraum *f*, ziehen durch die drei Heizkanäle *g* über dem Backraum nach vorn und gehen seitlich nach dem Kamin ab. Zur Regelung des Zuges und der Ofentemperatur dienen die Schieber *h*. Das Backgut wird durch die Einschießöffnung *d* (Mundloch) eingebracht, die mittels einer Schiebetür *e* (Schruft) verschlossen werden kann. Der Aschenfall *b* ist bei beiden Herden offen, doch kann der Rost nach dem Heizen durch eine Platte abgedeckt werden.

Zahlentafel 1 enthält die Ergebnisse der Versuche am Backofen I. Als Brennstoff wurden rheinische Braunkohlenbriketts mit 5,8 vH Aschen- und 18,4 vH Wassergehalt verfeuert. Der untere Heizwert wurde durch Kalorimetrierung zu 4507 kcal/kg bestimmt. Der Ofen wurde morgens um 5 Uhr mit durchschnittlich 25 kg Brennstoff angeheizt, kurze Zeit stehen gelassen und dann mit Brötchen beschickt. Um 10 Uhr wurde wieder geheizt und anschließend Brot eingeschossen. Die Temperatur des Ofens am Nachmittag reichte aus, um nach Bedarf Kleingebäck und Kuchen zu backen. Die Teigmengen waren an den einzelnen Tagen wenig verschieden; sie betrugen 104 bis 130 kg. Der Wärmeaufwand für 1 kg Teig war bei Versuch 1 mit 130 kg Backgutmenge am niedrigsten, nämlich 1730 kcal; er stieg mit kleinerwerdender Belastung bis auf 2120 kcal bei 104 kg Teig am zweiten Versuchstag. Ein Einfluß der Auskühlung des Ofens über Sonntag auf den Brennstoffverbrauch am Montag war nicht festzustellen. Die Herdrückstände, die 6 bis 8 vH des Brennstoffgewichtes ausmachten, enthielten im Mittel noch 31,9 vH Verbrennliches. Die Untersuchung der Abgase ergab mittlere CO_2-Gehalte von 9,5 bis 10,5 vH und CO-Gehalte von 0 bis 0,9 vH. Bei 250 bis 280 °C Abgastemperatur bestimmen sich damit die Verluste durch freie Wärme der Rauchgase zu 14,3 bis 18,8 vH, die Verluste durch Unverbranntes in den Abgasen zu 0 bis 4,9 vH. In den Herdrückständen gingen rd. 4 vH der Brennstoffwärme verloren. Die durchschnittliche Wärmebedarfszahl für 1 kg Teig für die ganze Woche wurde zu 1950 kcal ermittelt; dabei wich das Wochenmittel ohne Einrechnung des Montags von dieser Zahl praktisch nicht ab.

Wird mit einem theoretischen Wärmebedarf von 130 kcal für 1 kg Teig gerechnet, so ergibt sich somit ein thermischer Nutzungsgrad von 6,7 vH.

In Zahlentafel 2 sind die Ergebnisse der Untersuchung von Backofen II zusammengestellt.

Als Brennstoff dienten mitteldeutsche Braunkohlenbriketts, mit 9,9 vH Aschen- und 14,3 vH Wassergehalt, deren unterer Heizwert 4972 kcal betrug. Die Bedienung des Ofens erfolgte ähnlich wie die bei Ofen I. Zum Anheizen morgens wurden normalerweise 15 bis 16 kg, Montags jedoch 20 bis 21 kg Kohle aufgegeben. Zum zweitenmal wurde bereits um 8 Uhr geheizt. Mußte zweimal am Tage Brot gebacken werden, so wurde vor dem zweiten Einschießen nochmals geheizt. Die tägliche Teigmenge schwankte zwischen 109 und 250 kg, der Brennstoffverbrauch zwischen 42 und 75 kg. Die durchschnittliche Wärmebedarfszahl für 1 kg Teig errechnet sich hier für die Woche vom 2. August bis 7. August zu 1845 kcal, ohne Berücksichtigung des Montags zu 1790 kcal. Diese Zahlen entsprechen einem thermischen Wirkungsgrad von 7,05 bzw. 7,26 vH.

Betrachten wir nun die Ergebnisse der beiden Versuchsreihen im Zusammenhang, so ergibt sich, daß wir es bei

Zahlentafel 1

Ergebnisse der Versuche an einem Deutschen Ofen

Brennstoff: Rheinische Braunkohlenbriketts; Aschengehalt 5,8 vH, Wassergehalt 18,4 vH, unterer Heizwert 4507 kcal/kg

Versuch Nr.		1	2	3	4	5	6
Tag		Mittwoch 4. August 1926	Donnerstag 5. August	Freitag 6. August	Sonnabend 7. August	Montag 9. August	Dienstag 10. August
Außentemperatur	°C	18	16	17	14	17	20
Teigmenge	kg	130	104	108	128	120	117
Davon Brot	vH	76,9	65,6	71,0	66,5	74,8	73,8
„ Kleingebäck	„	23,1	34,4	29,0	33,5	25,2	26,2
Anzahl der Brotschüsse		1	1	1	1	1	1
Brennstoffmenge	kg	50,0	49,0	49,0	50,0	51,0	50,5
desgl. für 100 kg Teig	„	38,4	47,1	45,3	39,7	42,5	43,2
Wärmeverbrauch für 1 kg Teig	kcal	1730	2120	2045	1790	1920	1950
Herdrückstände, bez. a. d. Brennstoff	vH	7,9	6,7	7,9	8,0	8,0	8,0
Hiervon verbrennlich	„	31,9					
Abgas: Mittl. CO_2-Gehalt	„	9,7	9,5	9,6	10,5	10,0	10,4
Abgas: „ O_2- „	„	10,5	10,3	10,5	9,1	9,7	9,1
Abgas: „ CO- „	„	0,0	0,5	0,0	0,6	0,6	0,9
Luftüberschußzahl		1,98	1,91	1,98	1,71	1,80	1,69
Mittl. Abgastemperatur	°C	273	279	281	249	251	266
Mittl. Raumtemperatur	„	27	26	25	26	23	25
Zug	mm W.-S.	4,3	2,8	2,8	1,7	2,2	2,3

Wärmebilanz

Tag	Mittwoch		Donnerstag		Freitag		Sonnabend		Montag		Dienstag	
	kcal	vH	kcal	vH	kcal	vH	kcal	vH	kcal	vH	kcal	vH
Verlust durch Herdrückstände	204	4,5	173	3,8	204	4,5	206	4,6	207	4,6	207	4,6
Verlust durch freie Abgaswärme	801	17,8	810	18,0	845	18,8	645	14,3	686	15,2	684	15,2
Verlust durch gebundene Wärme	—	—	138	3,1	—	—	148	3,3	155	3,4	218	4,9
Sonstige Verluste und Nutzwärme	3502	77,7	3386	75,1	3458	76,7	3508	77,8	3459	76,8	3398	76,3

Wochenmittelwerte

	kg Teig/Tag	kg Brennstoff/100 kg Teig	kcal/kg Teig
Montag bis Sonnabend	115	43,2	1950
Dienstag bis Sonnabend	114	43,5	1960

Zahlentafel 2

Ergebnisse der Versuche an einem Deutschen Ofen

Brennstoff: Mitteldeutsche Braunkohlenbriketts; Aschengehalt 9,9 vH, Wassergehalt 14,3 vH, unterer Heizwert **4972 kcal/kg**

Versuch Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tag	Freitag 30. Juli 1926	Sonnabend 31. Juli	Montag 2. August	Dienstag 3. August	Mittwoch 4. August	Donnerstag 5. August	Freitag 6. August	Sonnabend 7. August	Montag 9. August
Außentemperatur °C	14	15	15	18	18	16	17	14	17
Teigmenge kg	198	250	109	141	176	112	126	166	194
Davon Brot vH	44,6	75,3	62,5	70,5	77,9	69,1	68,6	61,6	78,1
„ Kleingebäck „	55,4	24,7	37,5	29,5	22,1	30,9	31,4	38,4	21,9
Anzahl der Brotschüsse	3	3	2	3	3	2	2	2	3
Brennstoffmenge kg	60,9	66,7	47,1	56,7	68,2	42,1	45,5	48,1	75,4
desgl. für 100 kg Teig „	30,6	26,7	43,2	40,1	38,7	37,7	36,2	29,0	38,8
Wärmeverbrauch f. 1 kg Teig kcal	1520	1325	2140	2000	1925	1875	1800	1440	1930
Herdrückstände, bez. a. d. Brennstoff vH	10,7	10,2	12,0	11,4	10,0	9,3	11,6	12,6	10,5
Hiervon verbrennlich „					36,9				
Abgas: Mittl. CO_2-Gehalt „	9,0	9,6	8,2	6,9	8,2	7,8	8,0	7,7	8,8
Abgas: „ O_2- „ „	9,8	9,9	10,9	12,3	11,0	11,6	11,3	11,4	10,5
Abgas: „ CO- „ „	0,6	—	0,4	0,6	0,3	0,1	0,2	0,6	—
Luftüberschußzahl	1,75	1,86	2,00	2,28	2,03	2,17	2,10	2,08	2,96
Mittl. Abgastemperatur °C	249	227	220	214	213	226	224	239	239
Mittl. Raumtemperatur „	20	22	20	21	20	22	19	19	20
Zug mm W.-S.	6,1	4,8	5,2	4,8	3,8	4,4	3,6	3,9	4,2

Wärmebilanz

Tag	Freitag		Sonnabend		Montag		Dienstag		Mittwoch		Donnerstag		Freitag		Sonnabend		Montag	
	kcal	vH	kcal	vH	kcal	vH	kcal	vH	kcal	vH	kcal	vH	kcal	vH	kcal	vH	kcal	[illegible]
Verlust durch Herdrückstände	320	6,4	305	6,1	359	7,2	341	6,9	299	6,0	278	5,6	347	7,0	377	7,6	314	[illegible]
„ „ freie Abgaswärme	739	14,9	663	13,3	703	14,1	771	15,5	763	15,3	797	16,0	759	15,2	797	16,0	767	[illegible]
„ „ gebundene Wärme	167	3,4	—	—	123	2,5	213	4,3	95	1,9	34	0,7	65	1,3	191	3,8	—	[illegible]
Sonstige Verluste und Nutzwärme	3746	75,3	4004	80,6	3787	76,2	3647	73,3	3815	76,8	3863	77,7	3801	76,5	3607	72,6	3891	[illegible]

Wochenmittelwerte

	kg Teig/Tag	kg Brennstoff/100 kg Teig	kcal/kg Teig
Montag bis Sonnabend	138,5	37,1	1845
Dienstag bis Sonnabend	144,1	36,1	1790

der ersten Versuchsreihe mit einem ausgesprochen kleinen Betrieb zu tun haben. Bei den geringen Schwankungen der täglichen Backgutmengen gibt der Bäcker praktisch jeweils dieselben Brennstoffgewichte auf. Die auf die Einheit bezogenen Brennstoff- und Wärmeverbrauchzahlen stellen sich sonach als Abhängige der Ofenbelastung dar. Die Ausnutzung des Ofens ist nur gering und die zum Anheizen erforderliche Brennstoffmenge im Verhältnis zur Backgutmenge so groß, daß selbst die Ofenauskühlung über Sonntag sich nicht im Brennstoffverbrauch bemerkbar macht.

Bei Ofen II liegen die Verhältnisse anders. Die täglich sich ändernde Backgutmenge bedingt ein Anpassen des Brennstoffgewichtes an die Teigmenge, was beim zweiten und dritten Heizen in Erscheinung tritt. Die Belastung des Ofens ist durchschnittlich höher als die des Ofens I. Ein Vergleich des Wärmeverbrauches für 1 kg Teig an verschiedenen Tagen zeigt seine starke Abhängigkeit von der Gesamtbackgutmenge. So beträgt die Wärmeverbrauchzahl 1875 kcal am 5. August gegenüber 1325 kcal am 31. Juli, wobei 250 bzw. 112 kg Teig verbacken wurden. Deutlich war beim Backofen II auch der Einfluß der Auskühlung des Ofens über Sonntag zu erkennen. Der Wärmeverbrauch betrug bei gleicher Backgutmenge am Freitag, dem 30. Juli, nur 1520 kcal gegenüber 1930 kcal am Montag, dem 9. August. Auffallend ist das stetige Sinken der Wärmeverbrauchzahl von Montag bis Samstag trotz des störenden Einflusses der Ofenbelastung. Die großen Stein- und Sandmassen des alten Deutschen Ofens stellen einen sehr wirksamen Wärmespeicher dar, der im Verlauf der Woche sich langsam aufládt und einem Wärmegleichgewicht zustrebt. Diese Massen bewirken einerseits eine sehr gleichmäßige Temperatur im Backraum, begünstigen jedoch anderseits eine erhöhte Wärmeabgabe des Ofens in den Ruhezeiten wegen der großen darin aufgespeicherten Wärmemengen. Je größer die Betriebspausen sind, um so stärker macht sich auch der ungünstige Einfluß der großen Massen bemerkbar. Es daher vorteilhaft, das Mauerwerk nur so stark zu mac wie es die gleichzuhaltende Backtemperatur verlangt, Isolierwirkung hauptsächlich jedoch durch hochwerti Baustoff zu schaffen, der bei gleichem Wärmeschutz geringere Massen erfordert.

Der hohe Gehalt an Verbrennlichem in den Herdr ständen bei beiden Öfen ist auf die Besonderheit der mittelbaren Feuerung zurückzuführen. Das Feuer vollständig vom Rost entfernt, wenn es stark herunte brannt ist, wobei unverbrannte Kohle gleichzeitig mit fernt wird. Da bei den Deutschen Öfen Backraum Züge in unmittelbarer Verbindung stehen, so muß dichten Abschluß der Einschießöffnung und besonders Rauchgasabzüge geachtet werden. Die vom Schorns angesaugte Luft streicht unmittelbar durch den Backr und kühlt ihn dadurch aus. Um die Größe der Ausl lung des Backraumes festzustellen, baute man an ei Versuchstag nach Beendigung des Backens in eine F des Herdes von Ofen II ein Thermoelement ein. Die T peratur der Meßstelle betrug um 18 Uhr 45 Min. 19 und am nächsten Morgen um 5 Uhr, kurz vor dem heizen, 184 °C. In der folgenden Nacht wurde einer drei Rauchgasschieber etwa 1 cm weit geöffnet; Wandtemperatur an der Meßstelle war am näch Morgen von 195 °C auf 178 °C gesunken, d. h. fast doppelt soviel wie am Vortag. Um einen sicheren schluß der Züge zu erreichen, werden oft Doppelschi eingebaut, oder man verschließt jeden der Züge d eine besondere Verschlußklappe.

Der Unterzugbackofen

Die Versuche an den mittelbar beheizten Back wurden mit der Untersuchung des in Abb. 4 bis 6 gestellten älteren Kanalofens begonnen. Die beiden H haben zweimal $2{,}15 \times 2{,}00 = 8{,}6$ m² Backfläche $0{,}75 \times 0{,}40 = 0{,}30$ m² Rostfläche. Die Feuerung ist

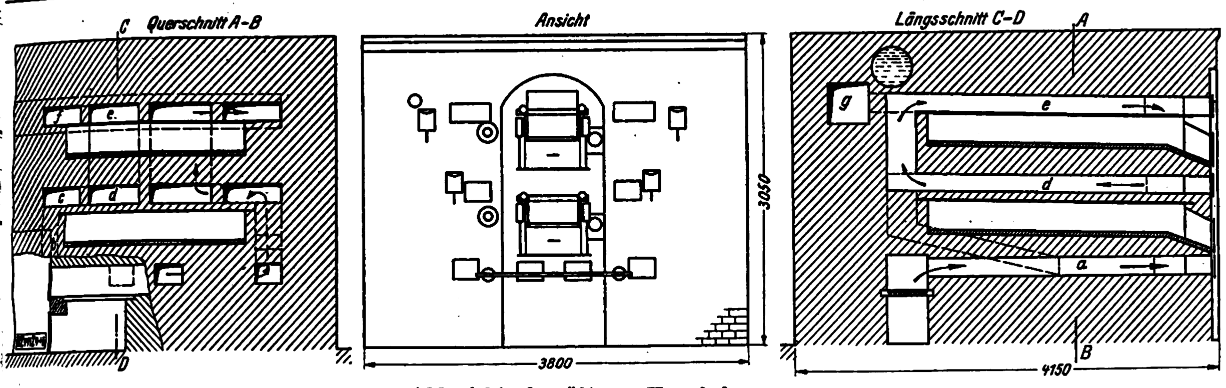


Abb. 4 bis 6. Älterer Kanalofen
Herd zweimal 2,15 × 2,00 m² Rost 0,75 × 94 m²

a) b) Kanäle unterhalb und seitlich des Herdes
c) d) Kanäle zwischen den Herden
e) f) Kanäle für den Oberherd
g Fuchs

ich angebracht und die Feuergase streichen in einer Reihe on Heizkanälen um die beiden Herde. Gleich hinter em Rost verteilen sich die Rauchgase in zwei symetrisch angeordnete Zugreihen, um erst im Fuchs wieder usammenzutreffen. Zur Veranschaulichung des Verufes der Züge ist die linke Reihe mit fortschreitenden uchstaben versehen. Die Kanäle *a* und *b* ziehen unteralb und seitlich des Herdes vor und zurück, die Kanäle und d verlaufen zwischen den beiden Herden, die Kanäle und f heizen den Oberherd von oben und münden dann n den Fuchs *g*.

Die Ergebnisse der Untersuchung sind aus Zahlenfel 3 zu entnehmen. Der Ofen wurde mit rheinischen raunkohlenbriketts geheizt, die 5,4 vH Aschengehalt und ,9 vH Wassergehalt hatten; der untere Heizwert betrug 10 kcal/kg. Zum Anheizen am Morgen wurden 45 bis kg Brennstoff aufgegeben, die für das Backen der Brötchen und eines Teiles des Brotes ausreichten. Nach abermaligem Heizen um 11 Uhr vormittags wurde das übrige Brot eingeschossen. Die Backgutmengen hielten sich zwischen 219 und 260 kg, die notwendigen Brennstoffmengen zwischen 90 und 135 kg. Damit ergeben sich für 1 kg Teig Wärmeverbrauchzahlen von 1740 bis 2980 kcal.

Da bei diesem Ofen eine besondere Vorheizung am Sonntag nötig war, um die zu starke Auskühlung in der Betriebspause zu vermeiden, ist die Wärmeverbrauchzahl am Montag sehr hoch. Im Wochenmittel ergaben sich 42,1 kg Brennstoffverbrauch auf 100 kg Teig, entsprechend einem Wärmeverbrauch von 2020 kcal für 1 kg Teig. Wird das Wochenmittel ohne Berücksichtigung des Montags gebildet, so ergeben sich 38,6 kg Kohle bzw. 1860 kcal/kg. Daraus bestimmt sich die Wärmeausnutzung zu 6,4 bzw. 7,0 vH. Die abziehenden Heizgase enthielten im Mittel 5,2 bis 6,0 vH CO_2 und 0,4 bis 0,8 vH CO und hatten eine

Zahlentafel 3 [4a])
Ergebnisse der Versuche an einem Kanalofen. I. Versuchsreihe
ennstoff: Rheinische Braunkohlenbriketts; Aschengehalt 5,4 vH, Wassergehalt 14,9 vH, unterer Heizwert 4810 kcal/kg

such Nr.	1	2	3	4	5	6
	Mittwoch 1. Septemb. 1926	Donnerstag 2. September	Freitag 3. September	Sonnabend 4. September	Montag 27. September	Dienstag 28. September
ußentemperatur °C	21	21	21	21	11	10
eigmenge kg	247	260	237	275	219	219
avon Brot vH	59,6	57,6	58,3	50,6	62,6	62,6
„ Kleingebäck „	40,4	42,4	41,7	49,4	37,4	37,4
nzahl der Brotschüsse	2	2	2	2	2	2
rennstoffmenge kg	98	94	94	102	135	90
esgl. für 100 kg Teig „	39,8	36,1	39,6	37,1	61,8	42,2
ärmeverbrauch für 1 kg Teig kcal	1920	1740	1910	1790	2980	2030
erdrückstände, bez. a. d. Brennstoff vH	6,3	5,5	6,0	6,5	—	—
iervon verbrennlich „			17,8			
bgas: Mittl. CO_2-Gehalt „	5,2	5,8	6,0	6,0	—	—
bgas: „ O_2-Gehalt „	15,1	14,4	14,0	13,9	—	—
bgas: „ CO-Gehalt „	0,4	0,5	0,7	0,8	—	—
uftüberschußzahl	3,41	3,05	2,84	2,78	—	—
ittl. Abgastemperatur °C	220	230	227	228	—	—
ittl. Raumtemperatur „	20	20	20	20	—	—
g mm W.-S.	4,4	4,1	4,2	4,2	—	—

Wärmebilanz

	Mittwoch		Donnerstag		Freitag		Sonnabend			
	kcal	vH	kcal	vH	kcal	vH	kcal	vH		
erlust durch Herdrückstände	90	1,9	79	1,6	86	1,8	93	1,9		
erlust durch freie Abgaswärme	1228	25,5	1149	23,9	1072	22,3	1057	22,0		
erlust durch gebundene Wärme	214	4,5	237	4,9	313	6,5	357	7,4		
onstige Verluste und Nutzwärme	3278	68,1	3345	69,6	3339	69,4	3303	68,7		

Wochenmittelwerte

	kg Teig/Tag	kg Brennstoff/100 kg Teig	kcal/kg Teig
Montag bis Sonnabend	243	42,1	2020
Dienstag bis Sonnabend	247	38,6	1860

[a]) s. a. Zahlentafel 1.

Zahlentafel 4

Ergebnisse der Versuche an einem Kanal-Ofen. (2. Versuchsreihe)

Brennstoff: Rheinische Braunkohlenbriketts; Aschengehalt 4,7 vH, Wassergehalt 16,3 vH, unterer Heizwert 4726 kcal/[kg]

Versuch Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
Tag	Mittwoch 5. Jan. 1927	Donnerstag 6. Januar	Freitag 7. Januar	Sonnabend 8. Januar	Montag 10. Januar	Dienstag 11. Januar	Mittwoch 12. Januar	Donnerst[ag] 13. Janu[ar]
Außentemperatur °C	1	3	5	3	8	7	6	5
Teigmenge kg	260	280	278	319	279	265	287	266
Davon Brot vH	63,5	59,7	60,3	59,4	64,0	62,3	64,2	58,[illegible]
„ Kleingebäck „	36,5	40,3	39,7	40,6	36,0	37,7	35,8	41,[illegible]
Anzahl der Brotschüsse	2	2	2	2	2	2	2	2
Brennstoffmenge kg	94	94	94	94	137	90	90	90
desgl. für 100 kg Teig „	36,2	33,6	33,8	29,5	49,2	33,9	31,4	33,[illegible]
Wärmeverbrauch für 1 kg Teig kcal	1710	1590	1600	1390	2320	1600	1480	1600
Herdrückstände, bez. a. d. Brennstoff vH	5,3	5,9	4,9	5,4	4,9	5,9	5,5	5,[illegible]
Hiervon verbrennlich „				5,0				
Abgas: Mittl. CO_2-Gehalt „	8,0	8,1	8,3	8,4	8,3	9,2	9,5	9[illegible]
Abgas: „ O_2- „ „	12,0	12,2	11,8	11,8	11,8	10,4	10,2	10[illegible]
Abgas: „ CO- „ „	0,5	0,2	0,3	0,2	0,3	0,8	0,8	0[illegible]
Luftüberschußzahl	2,25	2,34	2,22	2,24	2,22	1,89	1,86	1[illegible]
Mittl. Abgastemperatur °C	175	181	196	188	197	193	195	18[illegible]
„ Raumtemperatur „	13	13	13	13	13	13	13	1[illegible]
Zug mm W.-S.	3,5	3,3	3,5	3,3	3,9	3,4	3,7	[illegible]

Wärmebilanz

Tag	Mittwoch		Donnerstag		Freitag		Sonnabend		Montag		Dienstag		Mittwoch		Donne[rstag]
	kcal	vH	kcal	vH	kcal	vH	kcal	vH	kcal	vH	kcal	vH	kcal	vH	kcal
Verlust durch Herdrückstände	21	0,4	24	0,5	20	0,4	22	0,5	20	0,4	24	0,5	22	0,5	20
„ „ freie Abgaswärme	650	13,7	683	14,4	725	15,3	694	14,6	728	15,4	620	13,1	610	12,9	585
„ „ gebundene Wärme	172	3,6	72	1,5	105	2,2	70	1,5	105	2,2	220	4,7	233	4,9	230
Sonstige Verluste und Nutzwärme	3883	82,3	3947	83,6	3876	82,1	3940	83,4	3873	82,0	3862	81,7	3861	81,7	3891

Wochenmittelwerte

	kg Teig/Tag	kg Brennstoff/100 kg Teig	kcal/kg Teig
Montag bis Sonnabend	279	35,0	1653
Dienstag bis Sonnabend	279	33,2	1570

Temperatur von 220 bis 230 °C. In den Herdrückständen, die 5,5 bis 6,5 vH des Brennstoffgewichtes darstellten, war noch 17,8 vH Verbrennliches nachweisbar. Wie sich aus der Wärmebilanz ergibt, gingen 22,0 bis 25,5 vH als freie und 4,5 bis 7,4 vH als gebundene Wärme in den Abgasen verloren; der Herdverlust betrug durchschnittlich 2 vH.

Auch bei diesen Versuchen zeigte sich wieder der Einfluß der Menge des Backgutes auf die Höhe des Wärmebedarfes für 1 kg Teig, wenn sich auch die Belastung des Ofens nicht sehr stark änderte. So stehen dem Wert von 2030 kcal am 28. September bei 219 kg Teig die Werte von 1740 und 1790 kcal am 2. und 4. September bei 260 bzw. 275 kg Teig gegenüber. Zu beachten ist bei diesen Ergebnissen, daß das Kleingebäck 30 bis 40 vH der Backgutmenge betrug. Der Einfluß der Betriebspause über Sonntag auf den Brennstoffverbrauch ist verhältnismäßig groß, wie ein Vergleich von Versuch 5 und 6 zeigt.

Die hohen Abgasverluste der Versuche 1 bis 4 sind auf den schlechten Zustand der Feuerung zurückzuführen. Rost und Feuerraum waren seit Jahren nicht mehr nachgesehen worden. Das Mauerwerk des Feuerraumes war stark ausgebrannt; die Feuertür konnte nicht mehr dicht geschlossen werden, so daß ständig kalte Luft unmittelbar in den Verbrennungsraum eintrat. Während der Weihnachtstage 1926 wurden die Feuerung ausgebessert und die Ofenzüge gründlich gereinigt. Eine zweite, eingehende Untersuchung im Januar 1927 (8 Versuche) ergab eine wesentliche Verbesserung des Wirkungsgrades. Zahlentafel 4 enthält die Ergebnisse dieser Versuchsreihe. Der nach dem Umbau verheizte Brennstoff war derselbe wie bei der ersten Versuchsreihe, jedoch mit 4,7 vH Aschengehalt, 16,3 vH Wassergehalt und 4726 kcal/kg unterem Heizwert. Der Ofen wurde ebenso bedient, wie bereits oben besprochen. Die tägliche Teigmenge war gegenüber der ersten Versuchsreihe etwas gestiegen, die Brennstoffmenge jedoch fast die gleiche.

Bei Versuch 1 bis 4 betrug die Kohlenmenge je[weils] 94 kg; bei Versuch 6 bis 8 wurde sie bei sorgfältig[er Be]dienung des Schiebers auf 90 kg herabgesetzt. Die [Brenn]stoff- bzw. Wärmeverbrauchzahlen sind daher unmit[telbar] abhängig von der Belastung und für die letzten Ve[rsuche] etwas niedriger als für die ersten. Der Wärmeau[fwand] für 1 kg Teig bewegt sich zwischen 1390 und 2320 kc[al. Als] Wochenmittel ergab sich eine Wärmeverbrauchzahl [von] 1653 kcal mit und 1570 kcal ohne Berücksichtigun[g des] Montags.

Der Wirkungsgrad der Heizung betrug somit 7,[…] 8,3 vH.

Der mittlere CO_2-Gehalt der Abgase wurde zu […] 8,4 vH bei Versuch 1 bis 5 und 9,2 bis 9,6 vH bei Ver[such 6] bis 8 bestimmt. Bei 175 bis 197° Rauchgastemp[eratur] errechnet sich der Verlust an fühlbarer Wärme der [Ab]gase zu 12,4 bis 15,4 vH. Durch Unverbranntes i[n den] Abgasen gingen 1,5 bis 4,9 vH verloren. Durch da[s lang]same Schließen des Rauchgasschiebers mit fortschre[itender] Verbrennung bei Versuch 6 bis 8 wurde wohl de[r Luft]überschuß verringert, gleichzeitig jedoch der CO-[Gehalt] etwas erhöht, so daß die Abgasverluste etwa gleic[h blie]ben, eine bessere Verbrennung also nicht erzielt [wurde]. Die Herdrückstände enthielten noch 5,0 vH Ve[rbrenn]liches und verursachten damit einen Verlust von 0,5 vH der zugeführten Brennstoffwärme.

Nach dem Umbau machte sich der bessere Z[ustand] der Feuerung in einer beträchtlichen Verminderu[ng der] Verluste bemerkbar. Mit dem höheren CO_2-Gehalt [der Ab]gase sinkt die Luftüberschußzahl von 2,8 bis 3,4 [bei der] ersten Versuchsreihe auf 1,8 bis 2,3 bei der zweite[n. Da] gleichzeitig, auch infolge des besseren Wärmeüber[gangs] in den gereinigten Kanalwänden, die Abgastempera[tur um] etwa 30 °C kleiner wurde, gingen die Abgasverlust[e durch] freie Wärme von 22,0 bis 25,5 vH auf 12,4 bis 15,4 [vH zu]rück. Das Verbrennliche in den Feuerungsrück[ständen] betrug nach dem Erneuern der schadhaften Roststä[be …]

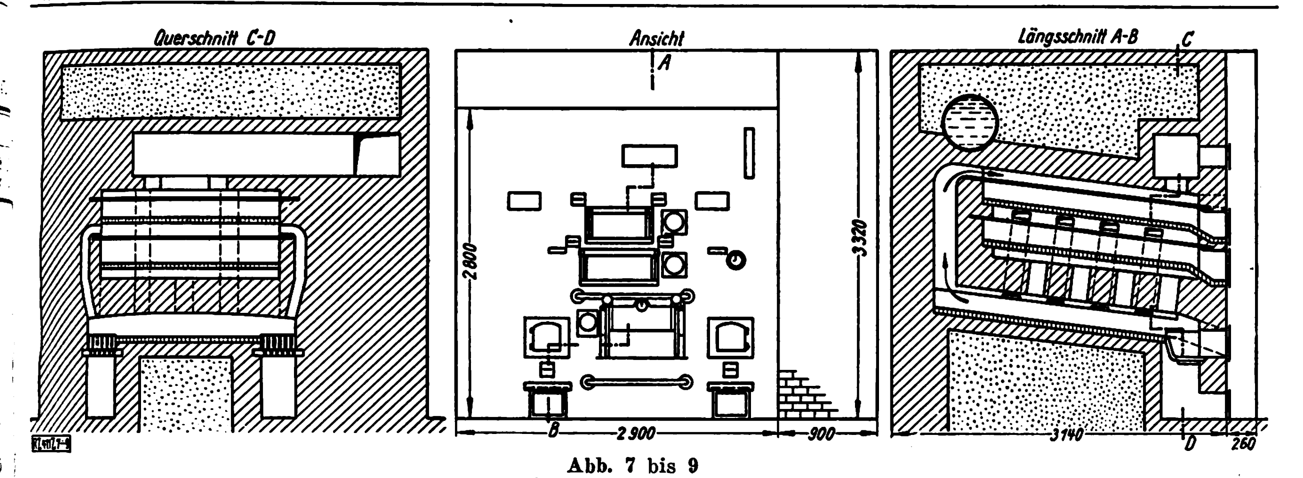


Abb. 7 bis 9
Vereinigter Deutscher Ofen und Kanalofen
Unterherd 2,20 × 1,95 m² Zwei Oberherde von je 1,90 × 1,70 m² Zwei Roste von je 0,30 × 0,30 m²

noch 5,0 vH gegenüber 17,8 vH vorher. Ergaben sich zuerst Brennstoffverbrauchzahlen von 42,1 bzw. 38,6 kg für 1 kg Teig, so betrugen sie nachher nur 35,0 und 33,2 kg für das Wochenmittel.

Der mittlere Wärmeverbrauch für 1 kg Teig war somit von 2025 auf 1653 kcal, also um 18,3 vH zurückgegangen. Im Schrifttum findet man oft die Kanalöfen als Kohlenfresser bezeichnet; wie die letzten Versuche zeigten, lassen sich bei richtiger Bedienung und Ausnutzung des Ofens und einer gut in Ordnung gehaltenen Feuerung Brennstoffverbrauchzahlen erzielen, die durchaus mit den Zahlen andrer Öfen in Wettbewerb treten können. Auch beim Kanalofen ist, wie im übrigen bei allen in unterbrochenem Betrieb arbeitenden Feuerungen, auf guten Abschluß von Feuer- und Aschenfalltür sowie Dichtheit der Feuerzüge und des Rauchgasschiebers besonderer Wert zu legen.

Vereinigter Deutscher Ofen und Kanalofen (Ago-Ofen)

Die nächste zu besprechende Versuchsreihe wurde an einem Backofen, Abb. 7 bis 9, vorgenommen, der in eigenartiger Weise mittelbar und unmittelbar beheizte Backräume verbindet. Vor dem Backen wird der untere Backraum, der als „Deutscher Herd" mit zwei Seitenfeuerungen ausgebildet ist, angeheizt. Die Heizgase ziehen nach dem Verlassen des Backraumes über dem Oberherd, der nur durch eine Eisenplatte abgedeckt ist, nach vorn und werden seitlich zum Kamin geführt. Der mittlere Herd sowie der Boden des oberen Herdes werden nur mittelbar durch

Zahlentafel 5
Ergebnisse der Versuche an einem vereinigten Deutschen und Kanalofen
Brennstoff: Mitteldeutsche Braunkohle; Aschengehalt 10,4 vH; Wassergehalt 16,5 vH; unterer Heizwert 4810 kcal/kg.

Versuch Nr.	1	2	3	4	5	6	7
Tag	Sonnabend 28. Aug. 1926	Montag 30. August	Dienstag 31. August	Mittwoch 1. September	Donnerstag 2. September	Freitag 3. September	Sonnabend 4. September
Außentemperatur °C	14	18	20	21	21	21	21
Teigmenge kg	293	253	253	259	245	249	304
Davon Brot vH	66,0	78,0	77,5	79,1	79,9	79,6	54,0
„ Kleingebäck „	34,0	22,0	22,5	20,9	20,1	20,4	46,0
Anzahl der Brotschüsse	3	3	3	3	3	3	4
Brennstoffmenge kg	78,1	140,6	76,0	78,4	77,5	76,0	75,0
desgl. für 100 kg Teig „	27,2	56,8	30,7	30,8	32,2	31,0	25,1
Wärmeverbrauch für 1 kg Teig kcal	1320	2735	1480	1480	1500	1490	1210
Herdrückstände, bez. a. d. Brennstoff vH	16,6	12,4	15,1	12,4	14,2	13,2	14,7
Hiervon verbrennlich „				23,5			
Abgas: Mittl. CO_2-Gehalt „	10,1	10,7	9,5	9,6	9 1	9,2	11,4
Abgas: „ O_2- „ „	9,4	8,5	9,0	10,1	10,5	10,6	8,0
Abgas: „ CO- „ „	0,1	0,4	0,9	—	0,1	—	—
Luftüberschußzahl	1,78	1,63	1,67	1,90	1,96	1,99	1,60
Mittl. Abgastemperatur °C	304	313	301	291	286	303	337
Mittl. Raumtemperatur „	27	25	27	28	31	32	32
Zug mm W.-S.	2,7	3,5	3,0	3,6	2,6	3,6	3,6

Wärmebilanz

Tag	Sonnabend		Montag		Dienstag		Mittwoch		Donnerstag		Freitag		Sonnabend	
	kcal	vH	kcal	vH	kcal	vH	kcal	vH	kcal	vH	kcal	vH	kcal	vH
Verlust durch Herdrückstände	316	6,6	235	4,9	287	6,0	235	4,9	269	5,6	249	5,2	279	5,8
Verlust durch freie Abgaswärme	895	18,6	878	18,2	849	17,6	918	19,1	906	18,8	969	20,1	901	18,7
Verlust durch gebundene Wärme	25	0,5	95	2,0	216	4,5	—	—	28	0,6	—	—	—	—
Sonstige Verluste und Nutzwärme	3574	74,3	3612	74,9	3458	71,9	3657	76,0	3607	75,0	3592	74,7	3630	75,6

Wochenmittelwerte

	kg Teig/Tag	kg Brennstoff/100 kg Teig	kcal/kg Teig
Montag bis Sonnabend	259	33,4	1610
Dienstag bis Sonnabend	260	29,3	1410

Kanäle geheizt, die mit dem untersten Backraum in Verbindung stehen. Nach dem Anheizen des Unterherdes werden die Schieber der Verbindungskanäle geöffnet und während des längeren Abstehens sollen durch den Umlauf der erhitzten Luft auch Mittel- und Oberherd erwärmt werden. Zur besseren Isolierung wurde das Mauerwerk des Ofens oben, und besonders seitlich, erheblich verstärkt.

In Zahlentafel 5 sind die Ergebnisse der Versuche zusammengestellt.

Als Brennstoff dienten mitteldeutsche Braunkohlenbriketts mit 10,4 vH Asche, 16,5 vH Wasser und dem unteren Heizwert 4810 kcal/kg. Der Ofen wurde am Abend vorher um 7 Uhr angeheizt und über Nacht stehengelassen. Am nächsten Morgen wurde dann in allen drei Herden gebacken; eine Zwischenheizung war nicht mehr erforderlich. Wegen der Abkühlung über Sonntag mußte der Ofen auch am Samstagabend geheizt werden. Der Brennstoffverbrauch für die Backgutmenge am Montag setzt sich also aus dem Brennstoffverbrauch am Samstag und Sonntag zusammen. Im Durchschnitt betrug die tägliche Teigmenge 250 bis 260 kg, wovon 78 bis 80 vH Brot- und der Rest Kleingebäckteig war. Nur am Samstag erhöhte sich die Backgutmenge auf rd. 300 kg infolge des größeren Kleingebäckanteils. Die Brennstoffmenge war praktisch dieselbe, so daß sich die Brennstoffmenge auf 100 kg Teig wieder unmittelbar abhängig von der Backgutmenge ergab. Die Abgase enthielten im Mittel 9,1 bis 11,4 vH CO_2 und 0,1 bis 0,9 vH CO; die Abgastemperatur betrug 286° bis 337° C.

Daraus errechnen sich die Abgasverluste durch freie Wärme zu 17,6 bis 19,1 vH und durch Unverbranntes zu 0 bis 4,5 vH. In den Brennstoffrückständen wurde noch 23,5 vH Verbrennliches festgestellt; da 12,4 bis 16,6 vH des Brennstoffgewichtes als Asche und Schlacke anfielen, gingen somit 4,9 bis 6,6 vH der zugeführten Wärme in den Rückständen verloren. Bei der Berechnung dieser Zahlen wurde der Heizwert der Rückstände mit 8100 kcal/kg angenommen. Im Mittel wurden in einer Woche für 100 kg Teig 33,4 kg Kohle verbraucht, das sind 1610 kcal für 1 kg Teig; ohne Berücksichtigung des Montags ergeben sich dafür Werte von 29,3 kg bzw. 1410 kcal. Wie die günstigsten Wärmeverbrauchzahlen an den beiden Samstagen zeigen, ist der Ofen imstande, gegenüber den normalen Wochentagen noch erheblich größere Backgutmengen, besonders Kleingebäck, mit der zugeführten Brennstoffmenge zu verarbeiten. Im übrigen gilt das beim Deutschen Ofen und dem Kanalofen über Feuerung und Speicherwirkung Gesagte auch sinngemäß für diese Bauart.

[B 411] (Schluß folgt.)

Maschinenfundamente[1])

Für die Gründungen von Maschinen ist vor allem wichtig die Vermeidung der Resonanz. Das Fundament muß also derart ausgebildet werden, daß seine Eigenschwingungszahl und die Maschinendrehzahl einen genügend großen Unterschied (möglichst über 50 vH) aufweisen. Hierzu muß man die Eigenfrequenz ermitteln. Es genügt jedoch oft nicht, die Eigenfrequenz nur innerhalb des eigentlichen Gründungskörpers zu untersuchen; denn die Gründung kann auch als Ganzes auf dem Untergrund Schwingungen ausführen, und so muß man sich auch mit diesen Schwingungszahlen befassen.

Zur Beurteilung der Eigenfrequenz einer am Baugrund schwingenden Gründung wird vorausgesetzt, daß der Boden elastisch ist und auch Proportionalität zwischen Dehnungen und Spannungen besteht (wie es bei Schwellenberechnungen und dergleichen auch angenommen wird), ferner daß die Gründung als starre, im Schwerpunkt vereinigte Masse angesehen werden kann. Für die Eigenfrequenz n_e kann dann die bekannte Formel

$$n_e = \frac{300}{\sqrt{f}}$$

angewendet werden, wobei f die Verschiebung des Schwerpunktes unter dem Eigengewicht in der Richtung der gesuchten Schwingung bedeutet.

Für die Verschiebung f ergeben sich folgende Werte:

1. Bei unmittelbarer Gründung: a) für Schwingungen in lotrechter Richtung

$$f_l = \frac{\Sigma P}{b\, l\, C}$$

wobei ΣP die gesamten Lasten, also Gründungs- und Maschinengewicht, b die Breite, l die Länge der Fundamentgrundfläche und C die Bettungszahl des Bodens, d. h. das Verhältnis zwischen Pressung und zugehöriger Einsenkung bedeuten.

b) für Schwingungen in wagerechter Richtung

$$f_w = \frac{\Sigma P}{b\, l}\left[\frac{12\, h^2}{C\, b^2} + \frac{1}{S}\right]$$

S ist hier eine Schubzahl des Bodens, d. h. das Verhältnis zwischen der Schubspannung in der Grundfläche und der dazugehörigen Verschiebung.

2. Bei Pfahlgründung: a) für Schwingungen in lotrechter Richtung

$$f_l = \frac{\Sigma P}{r}\,\frac{t}{E\, F}\left(1 - \frac{\mu}{3}\right)$$

wobei r die Anzahl der Pfähle, t die Länge der Pfähle, E die Elastizität der Pfähle, F den Querschnitt der Pfähle und μ einen Beiwert $(1 > \mu > 0)$ bedeuten.

b) Für Schwingungen in wagerechter Richtung

$$f_w = \frac{25\, t\, \Sigma P \left(1 - \frac{\mu}{3}\right)}{E\, F}\left(\frac{h^2}{2\, r\, l^2} + \frac{1}{r_2}\right).$$

h ist die Höhe des Gründungsschwerpunktes über de Kreuzungspunkt der Schrägpfähle, l die Länge der Fund mentgrundfläche in der Schwingungsrichtung, r_2 die A zahl der Schrägpfähle.

Durch obige Formeln ergeben sich für die am Bod schwingende Gründung verhältnismäßig niedrige Freque zen (mit Ausnahme der lotrechten Pfahlschwingungen, (höher ausfallen können), so daß bei rasch umlaufenden M schinen, wie Turbinen, eine Resonanz in diesem Sinne ka zu befürchten ist. Bei niedriger Drehzahl können doch diese Bodenschwingungen unangenehm werd Eine Vergrößerung der Gründungsmassen ist nicht imn günstig, sie kann sogar unter Umständen schädlich wirk wenn dadurch die Eigenfrequenz der Maschinendrehz nähergebracht wird.

Die Berechnung der Schwingungen innerhalb Gründung kommt bei Schwergewichtgründungen nicht Frage, bei aufgelösten Bauwerken sind hierfür Formeln reits veröffentlicht[2]).

Nach Ermittlung der Eigenfrequenz sind die auf Gründung einwirkenden Kräfte zu bestimmen. Bei laufenden Maschinen setze man für die Fliehkraft

$$F = \frac{a}{f}\, G',$$

wobei G' das Gewicht der umlaufenden Massen, f ruhende Durchbiegung der Welle unter diesem Gewicht a die denkbar größte Durchbiegung bedeuten.

Bei hin- und hergehenden Massen geben die von O. Fö angeführten Formeln[3]) die Massenkräfte an.

Die ermittelten Kräfte müssen dann mit einem d mischen Beiwert ν multipliziert werden, dessen Größe Verhältnis der Eigenfrequenz zur Maschinendrehzahl folgt abhängt:

$$\nu = \left|\frac{n_e^2}{n_e^2 - n_m^2}\right|_{\text{Absolutwert.}}$$

Darin sind n_e die Eigenfrequenz und n_m die Maschinen zahl. Es ist aus der Formel zu erkennen, daß der d mische Beiwert um so größer wird, je kleiner der U schied zwischen den beiden Schwingungszahlen ist. Resonanz wird

$$n_e = n_m \quad \text{und} \quad \nu = \infty.$$

Will man der Ermüdung des Baustoffes Rech tragen, so setzt man das Zwei- bis Dreifache der perio wirkenden Massenkräfte ein.

Die so erhöhten Kräfte sind dann als statische K in die Berechnung einzuführen, wodurch die dynam Aufgabe auf eine statische zurückgeführt ist. [N 2

Berlin Dr.-Ing. E. Raus

[1]) Nach einem Aufsatz des Verfassers in der Zeitschrift „Der Bauingenieur" Bd. 7 (1926) S. 859.

[2]) Dr. Geiger, Berechnung der Schwingungserscheinun Turbodynamos, Z. Bd. 66 (1922) S. 667 und Bd. 67 (1923) S. 287.

[3]) Grundzüge der technischen Schwingungslehre. Berli Julius Springer.

Entwicklung und Stand der Praktikantenfrage

Von Geh. Baurat Dr.-Ing. E. h. G. Lippart, München

Vorgetragen in der Fachsitzung „Ausbildungswesen" der 66. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure Mannheim-Heidelberg, 30. Mai 1927

Die dringende Notwendigkeit einer praktischen methodischen Ausbildung der Maschinenbaupraktikanten, ihre geschichtliche Entwicklung und Leitsätze für eine solche Ausbildung.

Zu Beginn der Ingenieurtätigkeit wurden die für den Beruf erforderlichen Kenntnisse durch die Lehrlingsausbildung erworben und durch Gesellen- und Wanderjahre vertieft. Diese Ausbildung durch die sogenannte „Meisterlehre" hat hervorragende Männer unseres Faches hervorgebracht; in England hat man an ihr als eigentlicher Ingenieurausbildung bis in die siebziger Jahre des vorigen Jahrhunderts festgehalten. Planmäßiger Ingenieurunterricht in Schulen trat erst allmählich im Laufe des vorigen Jahrhunderts an die Seite der praktischen Ausbildung; in Deutschland, dem klassischen Lande der Schulen, früher als in England und den Vereinigten Staaten. Bei uns beweisen die Hundertjahrfeiern verschiedener Technischer Hochschulen, die in diesen Jahren begangen werden, daß die wissenschaftliche Ausbildung des deutschen Ingenieurs bereits auf mehr als ein Jahrhundert geschichtlicher Entwicklung zurückblicken kann.

Im Anfang und in der Mitte des vorigen Jahrhunderts war der Bedarf des Staates und der Eisenbahnen an Ingenieuren größer als bei den privaten Maschinenfabriken; die Art der Ausbildung wurde daher wesentlich durch die Bedürfnisse des Staates und der Eisenbahn beeinflußt. Die preußisch-hessische und auch die andern staatlichen Eisenbahnverwaltungen schrieben als Vorbedingung für die Zulassung zum Dienst als Regierungsbauführer des Maschinenbaufaches eine einjährige praktische Ausbildungszeit mit einem geregelten Ausbildungsgange vor, der durch ein Beschäftigungsverzeichnis nachgewiesen werden mußte. Auch die Reichsmarine hatte in ähnlicher Weise die praktische Ausbildung der Anwärter für den Staatsdienst im Schiffbau und Schiffsmaschinenbau geregelt. Bei denjenigen Anwärtern, die ausnahmsweise ihre praktische Ausbildung nicht in den staatlichen Eisenbahn-Ausbesserungswerkstätten oder auf den kaiserlichen Werften, sondern in privaten Maschinenfabriken oder auf privaten Werften empfingen, wurde diese Ausbildung auf ihre Gleichwertigkeit hin überwacht, wozu insbesondere die in gewissen Zeitabständen verlangte Vorlage des Beschäftigungsverzeichnisses diente.

Bereits damals wurde mit Rücksicht auf den Osterschluß der meisten allgemein-bildenden höheren Schulen und den Herbstbeginn der geregelten Studiengänge die praktische Ausbildungszeit zerlegt. Die meisten arbeiteten zunächst ein halbes Jahr, bezogen dann die Hochschule und legten das zweite Halbjahr in zwei Hälften zu je drei Monaten in den Sommerferien zurück. Nur wenige arbeiteten geschlossen hintereinander ein ganzes Jahr oder anderthalb Jahre praktisch.

Für die Ingenieure des Bauingenieurfaches, insbesondere des Eisenbahn-, Straßen- und Brückenbaues, wurde die spätere Ausbildungszeit als Regierungsbauführer als ausreichende Einführung in die Praxis angesehen und von einer praktischen Ausbildung vor und während des Studiums im allgemeinen abgesehen; nur selten benutzten einige Studierende dieser Fächer die Herbstferien dazu, sich in dem Bureau oder auf der Baustelle einer größeren Tiefbaufirma oder Brückenbauanstalt zu betätigen.

Die Ausbildung in den staatlichen Werkstätten wies im Laufe der Zeit Mißstände und Unzuträglichkeiten auf, zum Teil veranlaßt dadurch, daß während der Sommerferien vielfach der erforderliche Ernst fehlte, was zum Teil unerfreuliche Rückwirkungen auch auf die jungen Praktikanten hatte, die ihr erstes Halbjahr ableisteten.

Aber auch in den privaten Werkstätten ließ die Ausbildung viel zu wünschen übrig. Zum Teil mag das daran gelegen haben, daß in der Werkstatt der aus dem Arbeiterstand hervorgegangene Meister herrschte, der wenig davon erbaut war, junge Leute in kurzer Zeit ausbilden zu sollen, die nicht Meister, sondern Ingenieure, also spätere Vorgesetzte, werden sollten. Außerdem suchten die Meister ihr Können als ihr wichtigstes wirtschaftliches Gut ängstlich geheimzuhalten. Nur besondere Tüchtigkeit und Zähigkeit, verbunden mit dem Willen, sich jeglicher Arbeit zu unterziehen, nötigte den Meistern Achtung und Anerkennung und dann auch die Bereitwilligkeit zur Unterweisung ab. Wer sich so durchsetzte, für den bot die praktische Werkstattarbeit eine wertvolle Ausbildung; aber ihre Zahl war gering, im allgemeinen war also der Wirkungsgrad der praktischen Ausbildung nicht sehr groß.

Daraus erklärte sich die Abneigung, die in industriellen Kreisen gegen diese Ausbildung entstand; daran konnte auch die vorbildliche Art, mit der einige wenige Werke, z. B. die Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg und Borsig, sich der jungen Leute annahmen, nichts ändern.

Als dann im Jahre 1900 die akademischen Grade des Dipl.-Ing. und Dr.-Ing. eingeführt wurden und die Diplomprüfungen der Hochschulen an die Stelle der Prüfungen als Regierungsbauführer vor den Staatlichen Prüfungskommissionen traten, rückte die Ausbildung in staatlichen Werkstätten gegenüber der in privaten Werkstätten mehr und mehr in den Hintergrund.

Die Hochschulen übernahmen damals zwar in ihre Diplomprüfungsordnungen die Bestimmung der einjährigen praktischen Ausbildungszeit, sahen aber von einer Überprüfung der Einzelheiten ab. Die Sekretariate der Hochschulen begnügten sich damit, sich die Zeugnisse vorlegen zu lassen und prüften nur die hierin bescheinigte Zeit.

Als Ende der neunziger Jahre in steigendem Maße private Werkstätten aufgesucht wurden, war es bereits dazu gekommen, daß Firmen, die als gut eingerichtet bekannt waren, mit Gesuchen um Aufnahme als Praktikanten überlaufen wurden und daher manchen Bewerber zurückweisen mußten. Es entstand ein Mangel an Praktikantenplätzen. Dazu kam, daß manche Werke, z. B. die Firmen Schichau, Ludwig Loewe und zahlreiche Werkzeugmaschinenfabriken, nicht Praktikanten mit kurzer Ausbildungszeit einstellen wollten, sondern eine dreijährige Lehrzeit verlangten.

Die Schwierigkeiten, die den jungen Leuten erwuchsen, um zu einer praktischen Ausbildung zu gelangen, ließen den Gedanken von Lehrwerkstätten entstehen, die den Schulen angegliedert werden sollten; allerdings wurde dieser Gedanke weniger im Zusammenhang mit der Ausbildung an den Hochschulen als vielmehr in Verbindung mit den mittleren technischen Schulen gepflegt. Ein Vorkämpfer dieses Gedankens war insbesondere der Fachschuldirektor Haedicke, der den Gedanken zunächst in Remscheid und später in Siegen verwirklichte; noch bis heute hat sich der gute Kern dieses Gedankens an den Fachschulen für die Kleineisenindustrie erhalten, wo er als eine Ergänzung und Vertiefung der bereits vorher erworbenen Werkstattausbildung gepflegt wird.

Als Ersatz für die Werkstattpraxis ist die Lehrwerkstatt einer Schule abzulehnen, und auch die Versuche, die in dieser Richtung in der Nachkriegzeit wieder unternommen worden sind, haben dies erneut erwiesen. Die praktische Ausbildung hat den Zweck, den werdenden Ingenieur in das werktätige Leben einzuführen; er soll nicht nur die Werkstoffe und ihre Be- und Verarbeitung kennen lernen, sondern darüber hinaus auch mit dem

werktätigen Menschen und seinen Leistungen vertraut werden, damit er die Zusammenhänge, die in einer Fabrik wirksam sind, erkennt. Das kann ihm keine Schule geben; um dies zu erleben, muß er mitten im praktischen Schaffen der Industrie gestanden haben.

Mit der wachsenden Industrie wuchs auch zahlenmäßig der Nachwuchs der Ingenieure, und die Klagen wegen unzureichender Praktikantenstellen führten zu einer Erörterung der Angelegenheit im Verein deutscher Ingenieure, wobei sich Männer wie Theodor Peters, Max Krause, Viktor Laeis, Anton Rieppel und Theodor Sehmer des Nachwuchses annahmen. Die letzteren veranlaßten den Verein Deutscher Maschinenbau-Anstalten, sich mit der Angelegenheit zu befassen, und in gemeinsamer Arbeit mit diesem und einer Anzahl andrer technisch-wissenschaftlicher und wirtschaftlicher Vereinigungen wurden im Jahre 1900 erstmalig

„Bestimmungen über die Ausbildung der jungen Männer, die an den Technischen Hochschulen Maschineningenieurwesen einschließlich Elektrotechnik und Schiffbau oder Hüttenwesen studieren wollen“,

ausgearbeitet und eine Liste von Werken aufgestellt, die sich bereit erklärten, gemäß diesen Bestimmungen Praktikanten aufzunehmen.

Hier muß anerkannt werden, daß auch damals bereits einzelne der größeren Firmen ihre Verantwortung gegenüber der Ausbildungsfrage gefühlt und ihr in vollem Maß gerecht geworden sind insofern, als sie eine größere Anzahl von Ausbildungsplätzen zur Verfügung stellten; planmäßig sich der Ausbildung anzunehmen, daran dachte man aber damals im allgemeinen noch nicht. Von dem Anteil, den der Betriebsleiter oder seine Assistenten an den jungen Leuten oder an dem einzelnen jungen Mann nahmen, hing es mehr oder weniger ab, ob und wieviel er während seiner praktischen Zeit, abgesehen von seinem eigenen Lerntrieb, zu sehen bekam. Auch die Hochschulen begnügten sich damit, von der Industrie zu verlangen, daß sie eine ausreichende Zahl von Praktikantenplätzen zur Verfügung stelle.

Mit dem zunehmenden Andrang empfanden die Firmen die wachsende Zahl der Praktikanten als Belästigung, und um ihr entgegenzuwirken, wurde Lehrgeld in immer mehr steigender Höhe verlangt; so wurden 300 *M* und mehr nur für die Zulassung zur praktischen Tätigkeit verlangt und dadurch wurde es manchem tüchtigen jungen Mann unmöglich gemacht, eine gute praktische Ausbildung zu erlangen.

Die Industrie sollte im Gegenteil aus erzieherischen Gründen nur in Erfüllung ihrer Verpflichtung, für ihren Nachwuchs besorgt zu sein, den Praktikanten, ebenso wie den Lehrlingen eine, wenn auch bescheidene, Entlohnung gewähren.

Aus den Reihen der jungen Ingenieure, die beim Übertritt in die Praxis erkannten, wie sehr sie durch die ungenügende praktische Ausbildung benachteiligt waren, kamen dann die Wünsche auf Verbesserung des Wirkungsgrades der praktischen Arbeitzeit und zugleich Einsprüche gegen zu hohes Lehrgeld bei ungenügender Ausbildung. Erwähnt sei z. B. der an die Praktikanten selbst sich wendende und ihnen die Augen öffnende Aufsatz von Dipl.-Ing. F. zur Nedden[1]) „Die praktische Werkstattausbildung des akademischen Maschineningenieurs“, der dann später zu dem ausgezeichneten Buche des Verfassers „Das praktische Jahr“ geführt hat, das heute noch den besten Leitfaden für die Praktikanten darstellt.

Wiederum waren es Theodor Peters und Viktor Laeis, die im Verein deutscher Ingenieure und im Verein Deutscher Maschinenbau-Anstalten auf Besserung der Verhältnisse drangen. Als Ergebnis der Erörterungen wurden in der Hauptversammlung des Vereins Deutscher Maschinenbau-Anstalten im Jahre 1908

„Bestimmungen über die Einstellung von Studierenden des Maschineningenieurwesens in Maschinenfabriken behufs praktischer Ausbildung“

beschlossen. Sie regelten in der Hauptsache das Verhältnis des Praktikanten zum Lehrherrn und sagten über die Ausbildung selbst nur, daß sie mindestens 12 Monate dauern solle, von denen 4 bis 5 Monate in Modelltischlerei und Gießerei und ein Monat in der Schmiede, der Rest in der Schlosserei, der Dreherei und den Zusammenbauwerkstätten zugebracht werden sollten, und daß dem Praktikanten Gelegenheit gegeben werden solle, auch andre Betriebzweige und die allgemeinen maschinellen Betriebseinrichtungen des Werkes kennenzulernen. Dabei war maßgebend, daß man nicht zu stark maßregelnd und vorschreibend in den Ausbildungsgang eingreifen dürfe; denn dieser hänge doch wesentlich von der Fabrik selbst ab, in der die Ausbildung vor sich gehe und von den Möglichkeiten, die der Betriebsleiter den jungen Leuten bieten könne und wolle. Weitergehende Zeitpläne wurden daher stets nur als gut gemeinte Vorschläge, niemals jedoch als bindend aufgefaßt.

Als dann der im Jahre 1908 begründete „Deutsch Ausschuß für Technisches Schulwese (Datsch)“ die Arbeiten der großen Vereine auf de Gebiete des technischen Schulwesens einheitlich for setzte und in den Jahren 1910 bis 1914 die an die Hoch schulausbildung zu stellenden Anforderungen ausgieb erörterte, behandelte er auch mehrfach die praktisch Vorbildung der Studierenden.

Im Vordergrunde stand dabei die Frage, in welch Zeitabschnitte das Jahr der praktischen Ausbildung g teilt werden solle. In maßgebenden Kreisen der Industr war man lange Zeit der Ansicht, der Praktikant müs während dieses Jahres ununterbrochen in einer Fabr tätig sein, da kürzere Zeitabschnitte störend auf d Betrieb einwirken würden, aber auch der junge Ma nur dann in den Geist des gesamten technisch-wirtscha lichen Betriebes eindringen könne, wenn er sich länge Zeit ununterbrochen darin betätige. Auch heute hall noch manche Kreise der Industrie eine mindestens e jährige ununterbrochene Praktikantenzeit für sehr wi schenswert.

Für die Teilung wurde angeführt, daß der jur Mann während der praktischen Tätigkeit vieles v seinem Schulwissen verlerne, und daß nach dem e leitenden technisch-wissenschaftlichen Studium die zwe Hälfte der praktischen Ausbildung sehr viel nutzbr gender sei. Daher wollten einige die praktische Tätigk sogar an das Ende des Studiums verlegen, mit Rücksi darauf, daß der Studierende bei der sehr anstrengen Tätigkeit während seines Studiums einer gewissen holungszeit bedürfe und er die Ferien dazu benut solle, sein Wissen zu vertiefen.

Wägt man die Gründe für die eine oder die ar Regelung ab, so wird man zu der Auffassung kom daß auch hier der Mittelweg der beste sein wird. De setzte sich schon damals mehr und mehr die Auffass durch, daß am zweckmäßigsten ein halbes Jahr vor ginn des Studiums und der Rest während des Studi abgelegt werde.

Vom Datsch ist damals bereits die Forderung gestellt worden, die Studienpläne der Hochschule mö so eingerichtet werden, daß die praktische Arbei durch die Lage des Studienbeginns zum Abgange der vorbereitenden Schule nicht beeinträchtigt w ein Gesichtspunkt, der bis dahin nur von der Hochsc Danzig berücksichtigt worden war.

Der Datsch richtete ferner, um den jungen Leute helfen, eine „Vermittlungsstelle für Praktikanten“ die zunächst mit der Geschäftsführung des VDMA bunden wurde, und gab ein „Merkblatt für Praktikar heraus.

Dann kam der Krieg. Während des Krieges u den ersten Jahren der Nachkriegzeit bereitete die U bringung der Praktikanten naturgemäß erheb Schwierigkeiten. Dabei leistete die „Vermittlungsst nützliche Dienste; sie wurde, als die Geschäftsfüh des Datsch selbständig wurde, an diese angegliedert

Diese eine zentrale Praktikantenvermittlung k aber nur Unzureichendes leisten, insbesondere, da jungen Leute vielfach erst zu spät von ihrem Vorha sein unterrichtet wurden oder aber sich zu spät a Stelle wandten. Auch die Verbreitung des „Merkbla

[1]) Z. Bd. 52 (1908) S. 173.

durch die Sekretariate der Hochschulen und durch die vorbereitenden Schulen genügte nicht, um die Mängel der Unterbringung der Praktikanten zu beheben. Außerdem erkannte man, daß ohne Zentralisierung viel wirksamer geholfen werden könne, und bediente sich dazu der Vertrauensmänner in den Bezirksvereinen des V. d. I., die auch noch heute im stillen sehr nützliche Hilfe bei der Unterbringung und Beratung der Praktikanten leisten.

Inzwischen hatte an den Hochschulen die starke Entwicklung der Betriebwissenschaften eingesetzt; dabei machte sich der Mangel einer ordentlichen praktischen Ausbildung bei den Studierenden in solchem Maße fühlbar, daß diejenigen Mitglieder des Lehrkörpers, denen die Betriebslehre anvertraut war, energisch auf eine Änderung der Zustände drängten.

Dieses Drängen wurde unterstützt durch die Mitteilungen über die erhöhte Aufmerksamkeit, die nach dem Krieg in den Vereinigten Staaten der praktischen Ausbildung und dem Zusammenwirken zwischen Hochschule und Praxis auf diesem Gebiet geschenkt wurde, wobei die verschiedensten Wege beschritten wurden, um den Wirkungsgrad dieser Zusammenarbeit möglichst günstig zu gestalten.

Die nunmehr auch in Deutschland einsetzenden Bestrebungen wurden außerordentlich dadurch unterstützt, daß der Datsch sich schon in den letzten Kriegsjahren, vor allem aber nach dem Kriege, der Lehrlingsausbildung in erhöhtem Maß angenommen hatte. Ich hatte, als ich mein Amt als Vorsitzender des Datsch antrat, den Eindruck, daß es mit den gedruckten Vorschlägen und Beschlüssen nicht sein Bewenden haben dürfe, sondern daß man Lehrmittel herausbringen müsse, die dem einzelnen Betriebsleiter die selbständige Ausarbeitung solcher Lehrmittel abnehmen würde. Auf diese Weise sind die in weitesten Kreisen Deutschlands und des Auslands als mustergültig anerkannten Lehrgänge des Deutschen Ausschusses für technisches Schulwesen entstanden, aus denen sich dann weiter die anderen Unterrichtsmittel entwickelt haben. Zunächst lediglich den Bedürfnissen der in steigendem Maße von maßgebenden Firmen errichteten Werkschulen abhelfend, haben sie sich in immer größerem Umfange die Fortbildungsschulen, Berufsschulen und andre technische Mittelschulen erobert.

Als man nach dem Kriege, wie bereits erwähnt, über Unterbringung der Studierenden in Werkstätten hinsichtlich der Ausbildung selbst anzunehmen begann und den Wirkungsgrad zu verbessern suchte, da konnten die für die Lehrlingsausbildung vorbereiteten Hilfsmittel für die Praktikantenausbildung nutzbar gemacht werden.

Bei der großen Zahl von Studierenden an der Technischen Hochschule Charlottenburg, die in Berlin und deren näheren Umgebung ihre praktische Ausbildung zu erlangen suchten, waren die Klagen und Bedürfnisse naturgemäß besonders stark fühlbar. Es ist das Verdienst von Prof. Schlesinger, daß er in sehr kräftiger und zielbewußter Weise sich für eine grundlegende Änderung einsetzte. Dr. Harm wurde mit den Vorarbeiten für ein Zusammenarbeiten der Technischen Hochschule Charlottenburg und der Groß-Berliner Metallindustrie betraut, und aus dem Zusammenwirken der Professoren Schlesinger, Romberg, Riebensahm, Kloß u. a. einerseits und führender Männer der Industrie, wie Litz und Heilandt, kamen Vorschläge zustande, die vom Verband Berliner Metallindustrieller tatkräftig aufgegriffen und durchgeführt wurden. Allerdings knüpfte die Industrie hieran die Forderung, daß diese Stellen nun auch dauernd und nicht nur während des Sommers, in den Herbstferien sogar doppelt und dreifach besetzt seien. Anfänglich war von der Industrie die Forderung einer ununterbrochenen einjährigen Ausbildungszeit aufgestellt worden, was für die meisten Studierenden infolge des Herbstbeginnes der Hochschullehrgänge den Verlust eines halben Jahres bedeutet haben würde. Neuerdings ist unter Hinweis auf die amerikanischen Einrichtungen, die Schlesinger auf seiner Studienreise genauer kennenzulernen Gelegenheit hatte, erreicht worden, daß die Industrie einer Teilung in zwei halbe Jahre zugestimmt hat, während die Charlottenburger Hochschule, ähnlich wie bereits früher Danzig, Doppelkurse eingeführt hat, die den Beginn des Studiums im Herbst und zu Ostern gestatten. Auf diese Weise ist die neuere Regelung zustandegekommen, die Prof. Hanner in seinem Bericht auf der letzten Tagung des Datsch geschildert hat[2]).

Die Berliner Verhältnisse, die zu diesem Versuch geführt haben, sind von ganz besonderer Art; die örtlichen Schwierigkeiten sollen durch den neuerlichen Versuch beseitigt werden, so gut wie dies unter den obwaltenden Verhältnissen eben möglich ist.

Zugleich läßt die Einrichtung des „Praktikantenpflegers" eine Verbeserung des Wirkungsgrades der praktischen Ausbildung durch das Zusammenwirken der drei Beteiligten, der Industrie, der Hochschule und des Schülers erhoffen. Diese Charlottenburger Einrichtung hat bereits ähnliche Versuche an andern Hochschulen ausgelöst, und es ist zu hoffen, daß durch Erfahrungsaustausch die Einrichtungen verbessert werden. Daß bei der Durchführung Meinungsverschiedenheiten aufgetaucht sind, ist selbstverständlich; soweit ich aber unterrichtet bin, ist heute zwischen sämtlichen Technischen Hochschulen unter Mitwirkung des Deutschen Ausschusses eine grundsätzliche Einigung in den wichtigsten Punkten erzielt worden.

Umstritten sind u. a. Länge und Einschaltung der einzelnen Abschnitte der praktischen Ausbildung in die Studienzeit, ferner Umfang, Art und Durchführung der theoretischen Unterweisung, endlich eine Anzahl Nebenfragen, z. B. der Zeitpunkt der Immatrikulation, zeitliche Folge und Dauer der Beschäftigung in den verschiedenen Werkstätten u. a. m. Über alle diese Fragen kann man natürlich verschiedener Meinung sein; sie treten aber zurück gegenüber den eben dargelegten großen grundlegenden Fragen.

Nicht nur im Maschinenbau und den ihm verwandten mechanischen Fächern, dem Schiffbau, Schiffsmaschinenbau, Eisenhüttenwesen und der Elektrotechnik ist praktische Ausbildung als Vorbedingung für das Diplomexamen vorgeschrieben, sondern neuerdings auch in andern Fachrichtungen, insbesondere auch im Bauwesen. In vorbildlicher Weise nimmt sich im Eisenhüttenwesen der Verein Deutscher Eisenhüttenleute der Praktikanten an. Der Bergbau kennt seit langem die geregelte Ausbildung der Bergbaubeflissenen in allen Zweigen der praktischen Tätigkeit des Bergmannes und von jeher in getrennten Zeitabschnitten. Auch in andern Zweigen der Technik bürgert sich mehr und mehr die Überzeugung ein von der Notwendigkeit einer guten Kenntnis der praktischen Arbeitsverhältnisse als Vorbedingung für ein erfolgreiches Studium.

In der gesamten Industrie macht sich neuerdings die Erkenntnis bemerkbar, daß die Berufausbildung des Nachwuchses der gewerblichen Facharbeiter dringend der Vermehrung und Verbesserung bedarf, wenn die deutsche Industrie wieder Geltung und Wettbewerbfähigkeit auf dem Weltmarkt erlangen will. Die sich hieraus ergebenden verbesserten und vermehrten Ausbildungsmöglichkeiten werden auch die praktische Ausbildung der Hochschulstudierenden verbessern helfen, so daß der weiteren Entwicklung mit einer gewissen Ruhe entgegengesehen werden kann.

Auf eine grundsätzliche Bemerkung kann an dieser Stelle nicht verzichtet werden, wenn auch das Thema dieser Ausführungen nur einen Ausschnitt aus der Frage der Hochschulausbildung behandelt. Für unsere technischen Hochschulen geschieht an sich viel zu wenig und für Versuche nach verschiedenen Richtungen, die allein zeigen könnten, welche Wege zweckmäßig sind, werden Mittel nicht zur Verfügung gestellt. Angesichts der gewaltigen Umstellung der gesamten deutschen Wirtschaft ins Technische ist das bedauerlich.

Mit einem Wort muß auch der praktischen Ausbildung der Schüler der technischen Mittelschulen, der Maschinenbauschulen und der privaten Techniken gedacht werden. Das zuletzt Gesagte über die günstige

[2]) s. Abhandlungen und Berichte über Technisches Schulwesen Bd. 8 (1926).



Wirkung der Verbesserung der Facharbeiterausbildung in der Industrie gilt in verstärktem Maße für diese jungen Leute, denen im allgemeinen die Einrichtungen der normalen Lehrlingsausbildung in Verbindung mit den Einrichtungen für die zukünftigen Hochschulen genügen dürften.

Betrachtet man den Lauf der Entwicklung, so sieht man, daß immer und immer wieder die gleichen grundlegenden Fragen wiederkehren, über die möglichst vollkommene Uebereinstimmung der Anschauungen erzielt werden muß, während in den übrigen eine gewisse Freiheit gelassen werden kann. Für die anschließende Erörterung[8]) habe ich meine Darlegung in folgende wenige Leitsätze zusammengefaßt:

1. Die Aufklärung über den Ingenieurberuf und insbesondere über die Bedeutung der praktischen Ausbildung hat bereits in den allgemeinbildenden höheren Schulen in Verbindung mit einer gründlichen frühzeitigen Berufsberatung zu beginnen.
2. Das Ziel der praktischen Ausbildung ist nicht nur die Einführung in die handwerkliche und mechanische Fertigung, sondern auch die Einführung in die wirtschaftlichen und sozialen Zusammenhänge und die Zusammenhänge zwischen konstruktivem Schaffen und der Herstellung.
3. Zur Erzielung eines möglichst großen Wirkungsgrades ist eine planmäßige Ausbildung unter verantwortlicher Leitung eines Betriebsingenieurs nach den in den Datsch-Merkblättern niedergelegten ausführlichen Richtlinien erforderlich. Hierbei k den persönlichen und bezirklichen Besonderhe Rechnung getragen werden.
4. Die praktische Ausbildung muß durch eine sie gänzende theoretische Unterweisung vertieft den, die gleichzeitig die Anfangsgründe des tec schen Zeichnens vermittelt und die mathemati naturwissenschaftlichen Vorkenntnisse wachhä
   Um diese Ergänzung wirksam zu gesta müssen Industrie und Schule möglichst eng sammenarbeiten.
5. Eine vertiefte Wechselwirkung von Theorie Praxis wird durch wiederholte praktische Täti während des Hochschulstudiums erreicht. I sondere ist praktische Tätigkeit in den höheren mestern nach Erledigung der einjährigen pr schen Ausbildung wertvoll.
6. Aus dem gleichen Grund ist eine ergänzende spezialisierte praktische Tätigkeit nach dem dium zu empfehlen (Ingenieurpraktikum).

Zum Schluß auf Grund meiner Lebensauffa und meiner praktischen Erfahrungen noch eine B kung: Man kann in der Leitung eines jungen M auch zu viel tun. Das „für sich selbst handeln mü früherer Zeit hatte, wie unser Altmeister, Sta v. Bach, wiederholt im Verein deutscher Inge ausgesprochen hat, seine sehr wertvollen, erzieheri Momente. Wir dürfen in unserem an sich nützliche streben, möglichst viel zu regeln, nicht so weit gehe wir dem werdenden Ingenieur alle Verantwortun seine Ausbildung abnehmen und ihn dazu erziehe er bei jedem Schritt, den er in seinem Leben tun irgendeine beratende Stelle erst fragt, was richt und was nicht. Das zu verhüten, ist der Sinn der demischen Freiheit, die als Mittel zur Erziehun vollen Verantwortlichkeit unentbehrlich erscheint dann, wenn wir wissen, daß manche an ihr zug gehen.

Die theoretische und praktische Erziehung n jeder Richtung eingestellt sein auf die Erziehun Pflichtgefühl gegen sich selbst, gegen die Gemein in der man arbeitet, und gegen unser Vaterland. [B

[8]) In der anschließenden Erörterung kam Einmütigkeit der Auffassungen in den grundsätzlichen Fragen zum Ausdruck; der hohe Wert der praktischen Ausbildung wurde allseitig betont, die Notwendigkeit einheitlicher Regelung und auch der Schaffung von Praktikantenämtern anerkannt, jedoch auch daran erinnert, daß, insbesondere an kleineren Industrieplätzen, die Verhältnisse mancherorts noch allerlei zu wünschen übrig ließen. Gegen die Teilung der Ausbildungszeit wurden teilweise Bedenken geäußert; einige Redner befürworteten sogar eine Ausdehnung der Praktikantenzeit über ein Jahr hinaus, u. U. auf Kosten der theoretischen Ausbildung an der Hochschule. Vor einer Zersplitterung der Ausbildung in einer größeren Anzahl von Betrieben oder Betriebabteilungen wurde gewarnt und ein längeres Verweilen in wenigen Werkstätten als geeigneter empfohlen. Vertreter des Technischen Mittelschulwesens schilderten bereits eingeführte Mittel, um auf die Mittelschulpraktikanten einzuwirken, und die besonderen Schwierigkeiten bei ihrer Unterbringung. — Es ist zu erwarten, daß die noch im Fluß befindlichen Fragen in nächster Zeit von den Hochschulen zu einer in großen Zügen einheitlichen Lösung geführt werden.

Berechnung turbulenter Ausbreitungsvorgänge

Bei turbulenter Strömung treten bekanntlich in den Gleichungen für die Hauptbewegung neben den durch die gewöhnliche innere Reibung erzeugten Spannungen noch zusätzliche scheinbare Spannungen dadurch auf, daß durch die Nebenbewegung ein Austausch von Bewegungsgröße hervorgerufen wird. Für die scheinbare Schubspannung hat Prandtl[1]) folgenden Ansatz gemacht

$$\tau = \varrho\, l^2 \left|\frac{d\,u}{d\,y}\right| \frac{d\,u}{d\,y}, \text{ s. Abb. 1.}$$

Dabei ist ϱ die Dichte des strömenden Mittels, u ist die mittlere Geschwindigkeit in der x-Richtung und y die Koordinate senkrecht dazu; l bedeutet den „Mischungsweg". Dieser Ansatz kann nun zur quantitativen Berechnung turbulenter Ausbreitungsvorgänge benutzt werden[2]). Dabei handelt es sich einmal um die Vermischung eines Luftstrom gleichförmiger Geschwindigkeit mit der ruhend (ebenes Problem der freien Strahlgrenze), Abb. um die Ausbreitung eines Luftstrahles, der entwe einem Spalt oder einem runden Loch in den umg Luftraum schießt. Übereinstimmend wird dabei satz für den Mischungsweg $l = c\,x$ gemacht, wenn x fernung von der Stelle angibt, wo die Vermischung Der Proportionalitätsfaktor c ist dabei die einzig rungsgröße der Theorie.

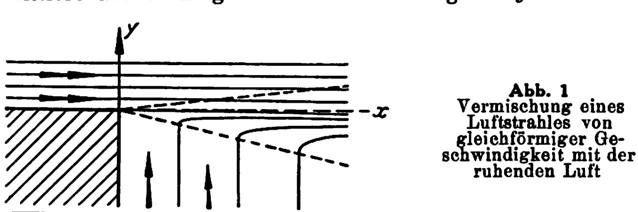


Abb. 1 Vermischung eines Luftstrahles von gleichförmiger Geschwindigkeit mit der ruhenden Luft

Die Rechnungsergebnisse wurden im Fall de Strahlgrenze und des runden Luftstrahles mit Gesc keitsverteilungen, die in der Göttinger Aerodyna Versuchsanstalt mit einem selbstaufzeichnenden schreiber aufgenommen wurden, verglichen. Die stimmung ist sehr gut. Für die freie Strahlgrenze w $l = 0{,}0174\,x$.

Außer der Geschwindigkeitsverteilung wur noch der Überdruck in dem gleichförmigen Luftst schwindigkeit U) gegenüber der ruhenden Luft der freien Strahlgrenze und die entsprechende G der Strahlausbreitung berechnet. Im Fall der freie grenze erhielt man dabei einen Überdruck von

$$0{,}00482\ \varrho\,\frac{U^2}{2},$$

eine Beziehung, die für die Eichung von Stauge einem aus einer Düse ausfließenden Strahl wichti

Bei der Berechnung des Überdrucks beim rund erwies sich ein erweiterter Ansatz für die sc Spannungen als notwendig, wodurch neben der sc Schubspannung τ auch die scheinbaren Normalsp σ_y und σ_t berücksichtigt wurden. [M 63]

Göttingen Dr. Toll

[1]) L. Prandtl, Bericht über Untersuchungen zur ausgebildeten Turbulenz, Zeitschrift f. angew. Math. u. Mech. Bd. 5 (1925) S. 136 und Bericht über neuere Turbulenzforschung im Buch „Hydraulische Probleme" Berlin 1926 S. 8.

[2]) Tollmien, Zeitschrift f. angew. Math. u. Mech. Bd. 6 (1926) S. 468

Messung mechanischer Schwingungen[1])

Von Dr.-Ing. W. Kniehahn, Berlin

Vorteile optischer Verfahren — Möglichkeiten der praktischen Ausführung — Schwingungsmessung ohne festen Nullpunkt — Anwendung auf Torsionsschwingungen

Die Fortschritte der Technik haben auf allen Gebieten die schnellaufende Maschine in den Vordergrund des Interesses gerückt. Genügten bei langsamlaufenden Maschinen im allgemeinen genaue Berechnung und einwandfreier Entwurf, um die Maschine ohne Störung und ihrem Zweck entsprechend in Betrieb zu bringen, so stellen sich bekanntlich beim Übergang zu hohen Geschwindigkeiten die verschiedensten Schwierigkeiten heraus. Insbesondere können Schwingungen störend wirken, deren Auftreten sich durch Rechnung in vielen Fällen nicht vorausbestimmen läßt, so daß man auf Messungen an der ausgeführten Anlage angewiesen ist.

Mechanische, optische, akustische und elektrische Verfahren hat man zur Anzeige sowie zum Aufzeichnen solcher Schwingungen angewandt und dabei bereits beachtenswerte Ergebnisse erzielt. Immerhin zeigt der Umstand, daß die Messung von Schwingungen nur an vereinzelten Stellen vorgenommen wird, daß der allgemeinen Einführung und Verwendung dieser Geräte noch irgend etwas im Wege steht.

Gerade in heutiger Zeit spielt außer der technischen Brauchbarkeit die Wirtschaftlichkeit auch bei solchen Meßgeräten eine große Rolle. Der Anschaffungspreis sowie die umständliche Behandlung oder zeitraubende Auswertung der Versuchsergebnisse können die Einführung erschweren. Ferner braucht die Industrie ein Meßgerät, das nicht nur für irgendeinen Sonderfall verwendbar ist, sondern mit dem man gegebenenfalls durch kleine Umstellungen Schwingungen verschiedener Art beobachten und untersuchen kann. Ein solches universales Meßgerät, das Genauigkeit mit Einfachheit und Billigkeit vereint, dürfte dazu beitragen, daß sich die Beobachtung von Schwingungen allgemein einführt und daß die Entwicklung der Entwürfe nach der dynamischen Seite hin eine wesentliche Förderung erfährt.

Man hat bisher in erster Linie mechanische Verfahren zur Messung mechanischer Schwingungen angewandt, indem man sich die Erfahrungen mit seismischen Meßgeräten zunutze machte. Bei diesen Meßgeräten ist es nicht ganz einfach, Fehler auszuschließen. Reibung und Dämpfung der einzelnen Teile und ihr richtiges Verhältnis zueinander sind äußerst schwierig abzustimmen. Auch der Antrieb bereitet oft Schwierigkeiten, und Fehler in der Bemessung der trägen Masse und der zwischen diese und die mitschwingende Masse geschalteten Feder können die Richtigkeit der Aufnahme in Frage stellen.

Immerhin hat die Praxis bewiesen, daß es gelungen ist, mechanische, elektrische und akustische Meßgeräte für diese Zwecke zu entwickeln. Aber auch das optische Verfahren hat hier Vorteile, namentlich den Vorteil, daß es Schwierigkeiten der angegebenen Art überhaupt nicht kennt. Weder die veränderliche Reibung und Dämpfung noch der Antrieb des Beobachtungsgerätes spielen hier eine Rolle. Es dürfte daher aussichtsreich sein, optische Verfahren zum Messen von Schwingungen auszubilden. Natürlich müssen die Zusammenhänge berücksichtigt werden, die Gewähr für eine einwandfreie Beobachtung bieten und die man nicht immer erkannt hat.

Zur Aufnahme und Aufzeichnung von kleinsten Bewegungsvorgängen benutzt man bereits auf den verschiedensten Gebieten optische Verfahren. Man hat jedoch bisweilen Ergebnisse erzielt, die man als optische Täuschungen beiseite legte, ohne weiter nachzuforschen, woher diese Täuschungen kamen und wie sie zu vermeiden gewesen wären. Man hat z. B. bei der optischen Beobachtung der Bewegungen von Blutkörperchen festgestellt, daß man wohl ab und zu die Bewegung in der Art der Zeitlupenaufnahmen verzögert sah, so daß man sie gleichzeitig unter dem Mikroskop beobachten konnte, man sah aber gleichzeitig andere Blutkörperchen sprungweise vor- und rückwärtsgehen, wieder erscheinen und wieder verschwinden und mußte damit die Untersuchungen ohne Erfolg abschließen.

Man hat sich ebenso damit abgefunden, daß bei der kinematographischen Wiedergabe eines fahrenden Kraftwagens die Räder trotz schneller Fahrt allmählich stillstehend erscheinen, bisweilen sich sogar scheinbar rückwärts drehen. Berücksichtigt man jedoch die einfachen Zusammenhänge, die diesen optischen Beobachtungen zugrunde liegen, so kann man solche Täuschungen leicht vermeiden.

Die optische Beobachtung schnellaufender Maschinen beruht darauf, daß infolge der Trägheit des Sehnervs ein raschlaufender Gegenstand, wenn er nur kurze Zeit belichtet, die übrige Zeit aber unsichtbar gehalten wird, dem Auge des Beobachters stillstehend erscheint. Belichtet man also den Gegenstand ebenso oft wie er umläuft, so trifft jeder Lichtblitz den Gegenstand in derselben Stellung, und das Auge sieht dauernd einen scheinbar stillstehenden Körper.

Die Belichtung kann entweder so erfolgen, daß man einen Lichtblitz bei jeder Umdrehung des beobachteten Gegenstandes in gleichen Zeitabständen erzeugt, oder man belichtet den Gegenstand und beobachtet ihn durch eine Öffnung in einer Scheibe, die synchron mit ihm umläuft. In beiden Fällen muß das Blinkwerk irgendwie angetrieben werden und Synchronismus zwischen ihm und dem Gegenstand hergestellt werden. Zum Antrieb dient entweder eine fremde Kraftquelle oder der zu beobachtende Gegenstand selbst.

In diesen beiden Punkten, der Art der Belichtung und der Art des Antriebes, unterscheiden sich die vier Möglichkeiten der Ausführung optischer Meßgeräte.

Abb. 1 und 2 zeigen schematisch die beiden Ausführungen mit unterbrochener Belichtung, einmal mit fremdem Antrieb der Unterbrechungskontaktscheibe *d* und einmal mit einer Kontaktscheibe, die auf der Welle des beobachteten Gegenstandes angebracht ist. In Abb. 3 und 4 ist der Gegenstand dauernd beleuchtet, und die Beobachtung

[1]) Auszug aus der vom Schwingungsausschuß im Wissenschaftlichen Beirat des Vereines deutscher Ingenieure preisgekrönten Arbeit „Pantoskop".

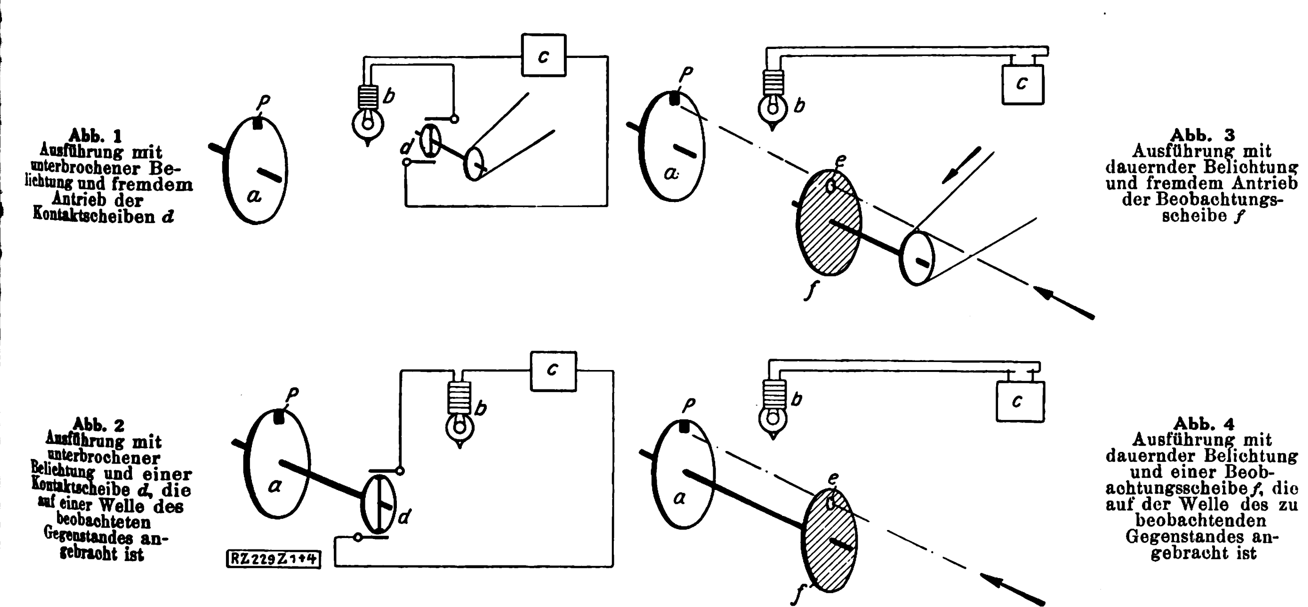


Abb. 1 Ausführung mit unterbrochener Belichtung und fremdem Antrieb der Kontaktscheiben *d*

Abb. 2 Ausführung mit unterbrochener Belichtung und einer Kontaktscheibe *d*, die auf einer Welle des beobachteten Gegenstandes angebracht ist

Abb. 3 Ausführung mit dauernder Belichtung und fremdem Antrieb der Beobachtungsscheibe *f*

Abb. 4 Ausführung mit dauernder Belichtung und einer Beobachtungsscheibe *f*, die auf der Welle des zu beobachtenden Gegenstandes angebracht ist

Abb. 1 bis 4
Die vier Möglichkeiten der Ausführung optischer Meßgeräte
a Beobachtungsgegenstand *b* Lichtquelle *c* Stromquelle *d* Kontaktscheibe *e* Beobachtungsöffnung *f* Beobachtungsscheibe



erfolgt in der Richtung des Pfeiles durch die Öffnung der Beobachtungsscheibe f, die fremd angetrieben oder auf der Welle des zu beobachtenden Gegenstandes angebracht sein kann.

Für alle diese Möglichkeiten sind bereits praktische Ausführungen vorhanden, die für die Praxis zwar brauchbar sind, für die Messung von Schwingungen aber in dieser Form noch nicht in Betracht kommen. Unter Umständen geben sie sogar bisweilen zu Täuschungen Anlaß. Diese Täuschungen beginnen in dem Augenblick, wo man entweder statt durch eine Öffnung durch mehrere Löcher der Scheibe beobachtet, oder wenn man zwischen Gegenstand und Meßgerät verschiedene Übersetzungen einschaltet. Noch größer wird die Unsicherheit, wenn das Meßgerät durch eine Reibkupplung von der Welle des Gegenstandes angetrieben wird.

Will man einwandfreie Ergebnisse auf optischem Weg erzielen, so ist zunächst wesentlich, was man beobachten will; erst hieraus ergibt sich, mit welchen Mitteln die Beobachtung zu erfolgen hat[3]). Das zeigt schon, daß an dem optischen Meßgerät Verstellmöglichkeiten für verschiedene Zwecke der Anwendung notwendig sind. Zu berücksichtigen ist der Einfluß der Anzahl der Belichtungen des Gegenstandes während eines Abschnittes der Bewegung, also der Einfluß der Anzahl der Kontaktstellen einer Kontaktscheibe oder der Anzahl der Öffnungen einer Stroboskopscheibe (Kontakt- und Stroboskopscheibe seien kurz Steuerscheiben genannt), der Einfluß des Winkels, in dem zwei oder mehrere Kontaktstellen oder Scheibenöffnungen gegenüber dem Drehpunkt der Steuerscheibe stehen, und der Einfluß des Übersetzungsverhältnisses zwischen Gegenstand und Steuerscheibe. Diese Einflüsse sind folgendermaßen zu berücksichtigen:

1. Will man einen und denselben Punkt in einer ganz bestimmten Stellung beobachten, also z. B. sein Verhalten während der Bewegung unter einer bestimmten Belastung im Bilde festhalten, so ist das nur möglich, wenn man ihn mit Hilfe einer synchron umlaufenden Steuerscheibe einmal während jedes Abschnittes der Bewegung belichtet oder bei x-maliger Belichtung während eines Abschnittes der Bewegung (x ist eine ganze Zahl) eine Übersetzung $1/x$ zwischen Gegenstand und Steuerscheibe einschaltet.

2. Will man einen und denselben Punkt zweimal erscheinen lassen, also an zwei bestimmten Punkten seiner Bewegung, die gegen einander um α° verschoben sind, so verwendet man eine Steuerscheibe mit zwei um α° versetzten Kontakten oder Öffnungen.

2a. Ist $\frac{360^\circ}{\alpha}$ eine ganze Zahl und die Anordnung der Steuerteile symmetrisch zum Drehpunkt der Steuerscheibe, so gibt diese Zahl die Anzahl der Bilder an, die dem Auge während eines Bewegungsabschnitts erscheinen oder das Übersetzungsverhältnis, das bei einmaliger Belichtung zwischen Gegenstand und Steuerscheibe eingeschaltet werden muß.

Aus diesen allgemeinen Überlegungen läßt sich ableiten, wie man die Schwingungszahl, Größe und Richtung von Ausschlägen und die Lage von kritischen Drehzahlen feststellen kann. Abb. 5 bis 8 sagen dies einfacher, als sich mit Worten ausdrücken läßt. Die Kreise stellen die Steuerscheibe mit den Kontaktstellen oder Beobachtungsöffnungen p, p', p'' dar. Bei einer beliebigen Schwingung wird der

[3]) Vergl. Dr.-Ing. Kniehahn, Keilriemenversuche, „Maschinenbau" Bd. 4 (1925) S. 376.

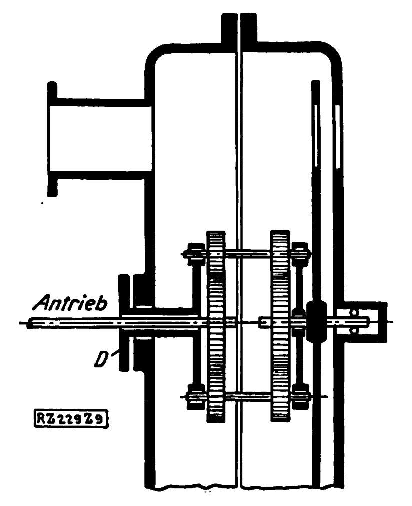


Abb. 9
Phaseneinstellung der Stroboskopscheibe

D Phaseneinstellung der Beobachtungsscheibe

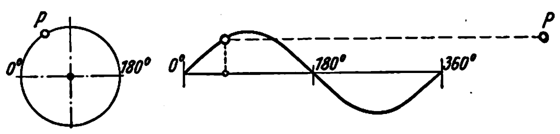


Abb. 5
Beobachtung eines Punktes, der stillstehend erscheint, so daß trotz seiner Schwingungsbewegung ein klares, eindeutiges Bild P zustande kommt. — Keine Möglichkeit Schwingungen festzustellen.

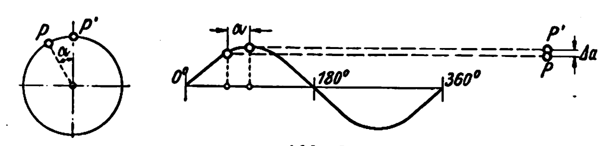


Abb. 6
Beobachtung zweier Punkte im Bewegungsabschnitt von 0° bis 360°, um die Zahl und Lage der Wendepunkte und Knotenpunkte von Schwingungen festzustellen.

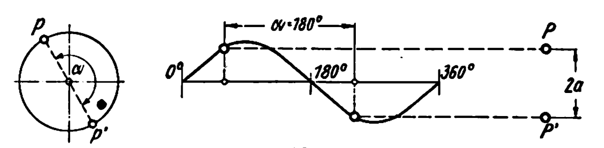


Abb. 7
Feststellung der doppelten Schwingungsausschläge in jeder Bewegungsphase unter Vermeidung eines festen Nullpunktes der Messung.

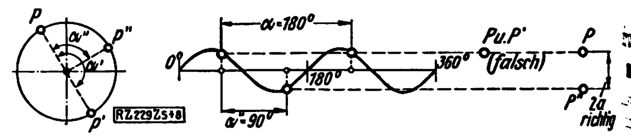


Abb. 8
Untersuchung eines Schwingungsvorganges andrer Frequenz mit falscher und richtiger Einstellung der Steuerscheibe. Falsches Ergebnis (P und P'), wenn das vorherige Abtasten nach Abb. 6 nicht vorgenommen wurde, und richtiges Ergebnis (Abstand PP'').

beobachtete Körper in den bezeichneten Stellungen seine Bewegung sichtbar (zweite Reihe), und da sich im Aug mehrere Bilder überdecken, so bieten sich dem Beobachte die in der letzten Reihe angegebenen Bilder P, P', P'' dar Zur Vereinfachung der Darstellung sind nur Schwingunge einer einzigen Richtung des Koordinatensystems ange nommen.

Abb. 5 bis 7 sollen vor allem zeigen, daß die optisch Beobachtung mit zwei Steuermitteln die Möglichkeit gib von einem Nullpunkt der Messung loszukommen. Das is für die praktische Messung von großem Vorteil. Es würd hier zu weit führen, auf Einzelheiten näher einzugehen, un es sei nur angedeutet, daß auf diese Weise Schwierigkeite inbezug auf die Einhaltung des genauen Synchronismu oder bei ungenügender Standsicherheit des Meßgerätes au geschaltet werden.

Bisher war nur von der Beobachtung der Schwingun eines Punktes in einer oder zwei sich überdeckenden, gar bestimmten Stellungen die Rede. Aber der gesamte Verla der Schwingung mit ihren Knotenpunkten und Elongatio nen ist wichtig. Um diese Beobachtung zu ermögliche kann man ein Ausgleichgetriebe zwischen Gegenstand un Meßgerät nach Abb. 9 schalten und durch Verdrehen d Scheibe D mit der Hand oder maschinell den gesamte Verlauf der Schwingung sichtbar machen oder auf d photographischen Platte festhalten.

Abb. 8 zeigt einen der Fälle, wo Täuschungen möglic sind, wenn man nicht mit Hilfe des Ausgleichgetriebes u durch Verstellen des Winkels α und entsprechendes A tasten des ganzen Umfanges die Möglichkeit hätte, nach de aus Abb. 6 ersichtlichen Verfahren zunächst eine Differe tialkurve aufzustellen, die die Anzahl der Knotenpunk und die Amplituden und damit die Frequenz der vorliege den Schwingung erkennen läßt. Beobachtet man z. B. dur ein Stroboskop, dessen Steuerscheibe aus einer zylindr schen Walze mit Schlitzen besteht, und bei dem man dur die Schlitze senkrecht zur Drehachse hindurchsieht, sieht man infolge der höheren Frequenz nach Abb. 8 ein einzigen ruhenden Punkt (P und P' überdeckt). Man wür also annehmen, daß keine Schwingung vorliegt; diese A der Beobachtung ist aber für die Messung von Schwingu gen nicht brauchbar.

Bei der Beobachtung von Fundamentschwingunge Biegeschwingungen von Wellen u. dergl. ergibt sich i allgemeinen ein Bild nach Abb. 10, wenn auf dem b obachteten Gegenstand ein Punkt gekennzeichnet ist. D

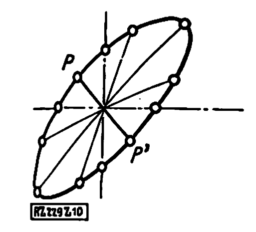


Abb. 10
Schwingungsellipse einer Biegeschwingung, wie sie bei Benutzung des Differentialgetriebes dem Beobachter erscheint.

erhaltene Schwingungsellipse bestimmt durch die Lage ihrer Hauptachse die Hauptrichtung der Schwingungen und ermöglicht gegebenenfalls, die Schwingungen in solche in Richtung der *X*-Achse und der *Y*-Achse zu zerlegen.

Insbesondre läßt ein Meßgerät, das nach den angegebenen Grundsätzen aufgeführt ist, auch die optische Beobachtung von Drehschwingungen zu. Der einzige Unterschied besteht darin, daß man senkrecht zur Wellenachse beobachten und daß man zwei um 180° gegeneinander versetzte Marken anbringen muß, Abb. 11. Da sich die Steuerscheibe des Meßgeräts gleichförmig bewegen muß, so muß man sie in diesem Fall gesondert mittels eines Gleichstrommotors antreiben, der aus einer Batterie gespeist wird.

Der zu beobachtende Punkt kann durch je eine Marke *P*, Abb. 11, an zwei um 180° versetzten Stellen der Welle angezeichnet werden. Da die Ausschläge der Welle in tangentialer Richtung liegen, ist es vorteilhaft, als Maßstab eine Strecke *m* als Meßstrecke anzuzeichnen. Dem Beobachter erscheint dann das Bild der durch die Dreh-

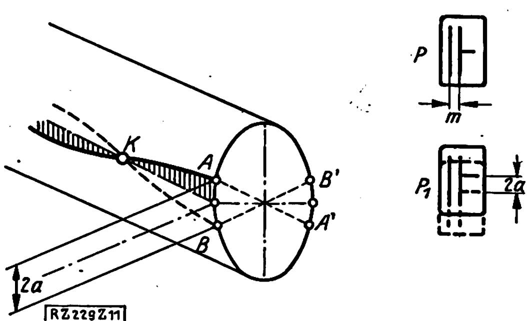


Abb. 11. Optische Messung von Torsionsschwingungen
K Knotenpunkt der Torsionsschwingung

schwingungen verzerrten Welle in der Stellung *AA'* und gleichzeitig in der Stellung *BB'*, so daß er das Bild P_1 sieht und damit den Abstand 2a, den doppelten Ausschlag der Schwingung, ablesen kann.

Eine beliebig starke Vergrößerung kann man durch Einschalten geeigneter Linsen erreichen; die Ausbildung des Gerätes in der Art einer Spiegelreflexkamera ermöglicht, die Schwingungen auf der Mattscheibe zu beobachten. Damit entfällt auch der Einwand gegen die optische Messung, man könne erst nach dem Entwickeln und Fixieren feststellen, ob die Messung gelungen ist. [M 229]

Hochdruckdampf-Kraftomnibus mit Kondensation[1])

Eine bemerkenswerte Bauart eines schweren Dampfkraftwagens für Omnibusse hat die Steam Appliance Corp. of America, Cleveland, nach der Bauart Rotobaker entwickelt. Mehrere solche Kraftomnibusse sind bereits im Betrieb. Der Wasserrohrkessel besteht aus 16 untereinander austauschbaren und leicht auswechselbaren Teilen. Über einer Verbrennungskammer, deren Wände durch Wasserrohre gebildet werden, liegen mehrere Schrägrohrbündel, die in obere Wasserkammern einmünden. Auch die Schrägrohrbündel werden durch senkrechte Wasserrohre eingefaßt. Die Außenwände des Kessels sind einzelne gepreßte Leichtmetallbleche, die in ein gegossenes Traggerüst eingesetzt sind. Auch die Kesseldecke ist ein Gußstück aus Leichtmetall. Die Speisung des Kessels erfolgt vollkommen selbsttätig. Aus dem Vorratbehälter fördert eine kleine, elektrisch betriebene Kreiselpumpe, die ein umsteuerbarer Motor mit 1750 Uml./min antreibt, das Wasser in einen Zwischenbehälter. Sobald das Wasser eine bestimmte Höhe erreicht, schließt ein Hochdruckschwimmer einen Stromkreis, wodurch ein Ventil Hochdruckdampf aus dem Kessel in den Zwischenbehälter strömen läßt, bis Druckausgleich eingetreten ist. Dann wird die Wasserpumpe umgesteuert und fördert das Speisewasser aus dem Zwischenbehälter in den Kessel, wobei wegen des Druckausgleiches nur der Reibungsverlust in der Rohrleitung zu überwinden ist. Der ganze Kreislauf erfordert bei voller Leistung 20 s. Die richtige Wirkung der Speiseanlage wird durch ein zweites Schwimmerventil überwacht.

Um die ganze Anlage in Betrieb zu setzen, schaltet der Führer am Gerätebrett einen Schalter ein. Dadurch wird der leere Kessel bis auf den normalen Wasserstand gefüllt; hier wird die Speisung selbsttätig unterbrochen, bis durch Dampfabgabe ein Nachspeisen erforderlich wird, worauf der Wasserstand selbsttätig eingehalten wird. Während sich der Kessel füllt, schaltet der Führer die Zündung für den Ölbrenner ein. Die Flamme entzündet sich jedoch selbsttätig erst dann, wenn der richtige Wasserstand im Kessel erreicht ist. Für das Anfahren genügende Dampflieferung setzt, alles zusammengerechnet, vier bis fünf Minuten nach dem Einschalten ein.

Die Verbrennungsluft liefert ein elektrischer Ventilator, der mit zwei Geschwindigkeiten arbeitet. Der Brennstoff wird durch zwei gewöhnliche Pumpen aus dem Vorratbehälter in eine Schwimmerkammer gedrückt; von da fließt er über eine Meßuhr zu einer Zerstäuberdüse, der die Verbrennungsluft durch den Ventilator zugedrückt wird. Das Gemisch wird mittels einer elektrischen Zündkerze entzündet. Der Ventilator für die Verbrennungsluft, die Zerstäuberdüse und der Unterbrecher für die Hochspannungszündung werden von einem gemeinsamen Motor angetrieben, bei dessen Versagen die Feuerung sofort stillgesetzt wird. Mit einem einzigen Handgriff kann man infolgedessen die Feuerung ein- und ausschalten. Der Schalter wird durch das Manometer in der Dampfleitung betätigt, so daß die Feuerung und die Dampferzeugung auf gleichbleibenden Dampfdruck hin geregelt werden. Die beiden Geschwindigkeiten des Ventilators für Verbrennungsluft entsprechen Geschwindigkeiten des Fahrzeuges in der Ebene von 45 und 65/70 km/h.

Die Dampfmaschine liegt unmittelbar hinter dem Kessel, der die Stelle des üblichen Wagenmotors einnimmt, also unmittelbar vor dem Gerätebrett. Die Zylinder sind sternförmig um einen gemeinsamen Kurbelzapfen angeordnet, um den sie sich drehen. Der Auspuffdampf wird in einen Ölabscheider geleitet; dann treibt er eine kleine Turbopumpe und einen Ventilator hinter dem Kühler. Die Turbopumpe pufft in einen Einspritzkondensator aus, in dem der Abdampf durch Frischwasser niedergeschlagen wird. Die Turbopumpe drückt Einspritzwasser aus dem Frischwasserbehälter durch den Kühler in den Einspritzkondensator. Der Wasservorrat beträgt rd. 450 l und soll für eine Fahrt von 3000 bis 4000 km ausreichen. [N 135]

Berlin-Zehlendorf Günther

[1]) Railway Age, Motor Transport Section Bd. 81 (1926) S. 1086.

Die Haltekraft von Holzschrauben

Bei Bauten und Maschinenteilen aus Holz ist es oft vorteilhaft, statt durchgehender Schrauben mit Muttern Holzschrauben zu verwenden. Um dabei die Sicherheit des Bauwerkes nicht zu beeinträchtigen, muß man die Haltekraft der Holzschrauben kennen. Zu diesem Zweck hat J. Eckert, Wien, rd. 250 Versuche mit verschiedenen Hölzern und verschiedenen Schrauben ausgeführt. Die Löcher wurden vorgebohrt, der Bohrlochdurchmesser war je nach der Schraubengröße um 0,5 bis 1,5 mm kleiner als der Kerndurchmesser der Schraube. Aus den Mittelwerten der Versuchsergebnisse ist folgende Formel für die Haltekraft H_q in kg bei 100 mm Einschraublänge quer zur Faserrichtung abgeleitet:

$$H_q = (0{,}4\, s\, D + 1{,}5)\, p\,.$$

Darin bedeutet *s* die Wichte des Holzes in kg/dm³, *D* den Außendurchmesser der Schraube in mm und *p* die Druckfestigkeit des Holzes in kg/cm². Die Angaben über die Druckfestigkeit wurden einer umfangreichen Arbeit von Janka[1]) entnommen. Bei den Versuchen zeigte sich, daß die Druckfestigkeit des Holzes und dadurch die Haltekraft der Schrauben um so größer ist, je mehr Jahresringe auf 1 cm Halbmesser die betreffende Holzart hat; leider sind die Versuche hierüber nicht weiter ausgedehnt worden. Die Haltekraft H_l in kg bei 100 mm Einschraublänge in der Längsrichtung der Fasern ist kleiner als H_q. Der Beiwert *c* in der Formel

$$H_l = c\, H_q$$

beträgt je nach der Holzart 0,7 bis 0,94. Man wird schon aus Sicherheitsgründen mit einem mittleren Beiwert 0,7 rechnen, wenn man die Haltekraft einer Schraube im Hirnholz berechnen will. („Werkstattstechnik" Bd. 21 (1927) S. 345) [N 604] Pa.

[1]) Dr. H. Janka, „Die Härte der Hölzer", Wien 1915.

RUNDSCHAU

Aus dem Ausland

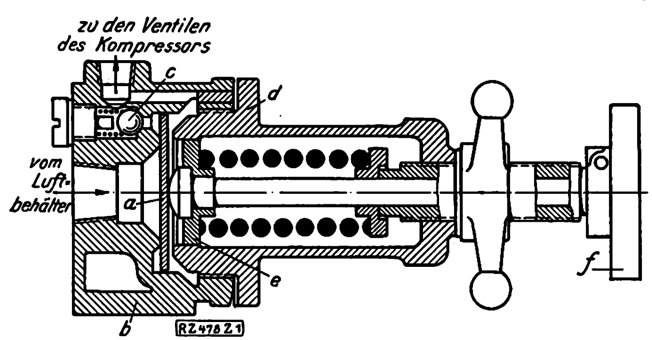


Abb. 1
Überdruckventil mit Differentialwirkung für Luftkompressoren
a Ventilplatte *c* Kugelventil *e* eingepaßte Platte
b Gehäuse *d* Deckel *f* Scheibe zum Spannen der Feder

Maschinenteile

Differential-Überdruckventil für Luftkompressoren

Die Luftkompressoren der Chicago Pneumatic Tool Co., New York City, erhalten neuerdings Überdruckventile mit Differentialwirkung, Abb. 1[1]), deren eigentlicher Teller eine einfache geschliffene Platte *a* aus rostfreiem Stahl ist. Diese Platte ist sehr genau in die Bohrung des Gehäuses *b* eingepaßt und am Umfang abgerundet, damit sie nicht ecken kann. Das Gehäuse nimmt ferner ein durch Feder belastetes Kugelventil *c* sowie die Anschlüsse an den Kompressor und an den Luftbehälter auf, so daß man das Ventil öffnen und reinigen kann, ohne die Leitungen ausbauen zu müssen.

Erreicht der Druck im Luftbehälter die angenommene Höchstgrenze von z. B. 7 at, so überwindet der Druck auf die untere Seite der Ventilplatte *a* die Spannung der Ventilfeder, und die Luft entweicht unter der Ventilplatte hinweg in den Ringraum unter dem äußeren Rande der Platte. Hier entsteht ein Überdruck, weil die Luft am Rande der Platte nicht ins Gehäuse austreten kann, und unter dem Einfluß dieser Mehrbelastung legt sich die Ventilplatte gegen den Sitz im Deckel *d*. Infolgedessen erfährt das Kugelventil den vollen Behälterdruck, und durch seine Öffnung von 6,35 mm entweicht sehr schnell der Überschuß an Druckluft.

Sobald der Druck auf 6,65 at abgenommen hat und infolgedessen die Drücke auf beiden Seiten der Ventilplatte wieder ins Gleichgewicht gelangt sind, kann Druckluft an der Ventilplatte vorbei in das Deckelgehäuse übertreten, wo von der fest eingepaßten Platte *e* ein neuer Druckraum geschaffen wird.

Dieser Druck führt in Verbindung mit der Wirkung der Ventilfeder die Platte auf ihren früheren Sitz zurück.

Das Überdruckventil wird für Drücke von 3,5 bis zu 35 at ausgeführt. [M 478] H.

[1]) „Power" Bd. 85 (1927) S. 606.

Verbrennungskraftmaschinen

Spektrographische Untersuchung über das Klopfen bei Explosionsmotoren

Auf die Bedeutung der Gasspektren für den Wärmeübergang in Maschinen und insbesondere in Feuerungen ist neuerdings wiederholt hingewiesen worden; der Ausschuß für Wärmeforschung des Vereines deutscher Ingenieure bemüht sich, grundlegende Messungen auf diesem Gebiet in Gang zu bringen. Nun werden bemerkenswerte spektrographische Versuche bekannt, durch die A. Henne und G. L. Clark[1]) Aufschlüsse über den Vorgang des Klopfens bei Explosionsmotoren gewonnen haben. Sie haben, anschließend an Versuche von Clark und Thee[2]) mit ähnlichen, aber verbesserten Einrichtungen Spektren bei der Verbrennung in einem Einzylindermotor (Bauart Delco) mit veränderlicher Verdichtung aufgenommen, wenn er ordnungsmäßig arbeitete, klopfte oder wenn das Klopfen durch Klopfschutzmittel unterdrückt wurde.

Der Motor trieb unmittelbar einen elektrischen Stromerzeuger auf der gleichen Welle und konnte durch diesen veränderlich belastet werden. In die Zylinderwand wa ein Quarzglasfenster eingelassen, durch das die Verbren nung beobachtet wurde. Die Temperatur des Zylinder wurde durch einen Luftstrom von veränderlicher Geschwi digkeit geregelt. Das Klopfen wurde mittels eines I dikators, Bauart Midgley und Boyd[3]), beobachtet. U endlich irgendeinen Teil der Verbrennung photographiere zu können, wurde ein verstellbarer Momentverschluß a der Motorwelle angeordnet, so daß man während eines se kurzen Teiles der Verbrennung mehrere Stunden lang b jedem Arbeitshub exponieren konnte. Bei spektrographisch Arbeiten braucht man nämlich, wie bekannt, sehr lange B lichtungen. Gearbeitet wurde mit einem Quarzprisma-Spekt graphen; die Untersuchung wurde auf das ultraviolette G biet beschränkt.

Die Versuche zeigten nun bei ordnungsmäßig arbeit dem Motor und bei Belichtung während der ganzen Da der Verbrennung ein Spektrum vom sichtbaren Gebiet zur Wellenlänge 3400 Å. E. (Ångström-Einheiten 10^{-7} mm), bei Überlastung mit Einsetzen des Klopfens e Verlängerung des Spektrums ins Ultraviolette bis 2360 Å und Auftauchen der zwei Wasserdampfspektren bei 3064 2811 Å. E. Teilaufnahmen, die sich je über ein Viertel Verbrennungsdauer erstreckten, ergaben bei der Ne leistung immer nahezu das gleiche Spektrum und gle Intensität und zeigen nur die Spektrallinien der Met die in den Zündkerzen enthalten waren. Beim Klopfen trat im ersten Viertel der Verbrennung ein sehr kräft und weit ins Ultraviolett (bis zu 2360 Å. E.) verlänge Spektrum auf, wobei nur die Wasserdampfbanden Sicherheit festgestellt werden konnten. Im zweiten Vi der Explosion war das Spektrum viel schwächer und kü (untere Grenze 3064 Å. E.) und enthielt scharfe Linien Metalle der Zündkerzen. Im dritten und im letzten Vi unterschied es sich kaum von dem Spektrum für N leistung. Fügte man ein das Klopfen unterdrücke Mittel dem Brennstoff bei, so beobachtete man auch Überlast in den vier Vierteln der Verbrennungsdauer das gleiche Spektrum wie bei Nennleistung, gleichvie Bleitetra-Äthyl, Jod, Anilin oder eine Äthylen-Kohlen verbindung als Klopfschutzmittel verwandt wurde. Be kenswert war nur, daß die Linien des Bleispektrums nu ersten Viertel der Verbrennung erschienen.

Die beiden Forscher ziehen aus ihren Beobachtu die folgenden Schlüsse: 1. Das Klopfen beruht auf eine waltsamen Freigabe von Energie, die im ersten Vierte Dauer der Verbrennung fast völlig beendet ist. 2. Mittel gegen das Klopfen regeln die Verbrennung so sie sich gleichmäßig auf die ganze Dauer verteilt wi ordnungsmäßigem Arbeiten des Motors. 3. Daß die linien in dem ersten Viertel der Verbrennung allein scheinen, deutet darauf hin, daß sich die Wirkung Katalysatoren auf den Beginn der Reaktion besch Warum die verschiedenen Arten von Mitteln gegen Klopfen gleich wirken, bleibt unerklärt.
[N 468] M.

[1]) „Comptes rendus" Bd. 184 (1927) S. 26.
[2]) „Industr. and Engineer. Chemistry" Bd. 18 (1926) S. 528.
[3]) Vergl. Z. Bd. 67 (1923) S. 158.

Werkzeugmaschinen

14000-t-Schmiedepresse

Bei der Konstruktion einer der größten durch I und Druckwasser angetriebenen Schmiedepresse, die amerikanische Marineministerium während des Kriege Schmieden und Biegen von Panzerplatten und zum Sc den größter Kanonenrohre herstellen ließ, war di dingung maßgebend, daß man sie vielseitig verwende doch möglichst wirtschaftlich arbeiten konnte.

Zum Schmieden und Biegen von Panzerplatten is gewisse große lichte Weite zwischen den Säulen erf lich, verhältnismäßig kleiner Einzelhub, aber größter I Das Schmieden von Kanonenrohren dagegen erforder große lichte Höhe, geringeren und wechselnden Pref und Einzelhub, aber großen Gesamthub, und eine in v Grenzen zulässige Verstellung des beweglichen Pre balkens mit dem Preßbär, um die Höhenlage in der im ganzen Bereich ausnutzen zu können, wie das di schiedenen vorkommenden Arbeiten beim Schmieden Kanonenrohren bedingen.

Die vier Tragsäulen sind daher von Mitte zu 2590 mm in der Quer- und 5790 mm in der Längsric

voneinander entfernt, ihre größte lichte Höhe zwischen dem untern feststehenden Preßtisch und dem beweglichen Preßquerbalken beträgt 5485 mm. Der Gesamthub, d. h. die größte Verstellung des beweglichen Preßquerbalkens mit dem Preßbär beträgt 2285 mm.

Die Presse wird durch drei Dampf-Druckwasser-Treibsätze betrieben, deren Dampfkolben 1930 mm Dmr. haben; die Dampfspannung beträgt 14 at. Die verlängerten Kolbenstangen arbeiten in Druckwasserzylindern und sind so bemessen, daß sie einen Wasserdruck von 475 at erzeugen. Die Druckwasserzylinder von gleichem Durchmesser sind mit den drei Arbeitzylindern des oben auf den vier Säulen befestigten Querbalkens verbunden; die drei Arbeitzylinder erhalten gleichen Druck, so daß der höchste Preßdruck 14000 t beträgt. Ebenso können auch die zwei Seitenzylinder, oder auch nur der mittlere Arbeitzylinder allein Druck erhalten. Im gleichen Verhältnis wie die Drücke können auch die Hübe der Presse verändert werden. Wird z. B. das Druckwasser der drei Treibsätze gleichzeitig auf die drei Arbeitskolben geleitet, so ergibt sich ein Einzelpreßhub von 178 mm, bei allen drei Treibsätzen auf zwei Arbeitskolben ein Hub von 266,5 mm und bei allen drei Treibsätzen auf nur einen Arbeitskolben 533 mm Hub.

Die vier Säulen der Presse haben je 16,55 m Länge und 762 mm Außendurchmesser. Zur Feststellung etwaiger Werkstoffehler hat man durch die Säule ein in der ganzen Länge durchgehendes Loch von 150 mm Dmr. gebohrt. Das unter Hochdruck stehende Ventilgehäuse zwischen den Treibsätzen und den Zylindern der Arbeitskolben ist aus einem Schmiedestahlblock von 1525 × 940 × 1065 mm³ hergestellt. Die unter Hochdruck stehenden Verbindungsrohre von 203 mm l. W. und 303 mm Außendurchmesser sind ebenfalls aus vollen Schmiedestahlstücken gedreht und gebohrt, wodurch genügende Sicherheit gegen den hohen Innendruck und die unvermeidlich auftretenden Stöße erreicht wird.

Zur Bedienung der Rückzüge des beweglichen Preßdruckbalkens, zur Amboßverschiebung und zur Betätigung der Hubvorrichtung der beiden elektrisch betriebenen Schmiedekrane mit 250 t Tragkraft ist eine Druckwasser-Akkumulatoranlage mit einem Wasserdruck von 175 at eingebaut. Die gesamte Preßanlage mit Ausschluß von Amboß und Preßeinsatz wiegt 3288 t. [N 220]

Köln-Mülheim Friederici

Schiffs- und Seewesen

Der Rove-Schiffahrtstunnel des Marseille-Rhonekanales

Am 25. April d. J. ist als erster und bemerkenswertester Teil des im Bau befindlichen Verbindungskanales von der Rhone bei Arles nach Marseille der Rove-Schiffahrtstunnel, Abb. 2, eingeweiht worden[1]).

Der Ausführungsentwurf für diesen Kanal — die ersten Pläne stammen schon aus dem Jahr 1839 — wurde von der vom eigens für dieses Bauwerk eingerichteten Dienststelle ausgearbeitet. Eine Änderung brachte nur noch das Gesetz vom 24. Oktober 1919, das den Ausbau des Kanales zwischen Port de Bouc und Martigues für Seeschiffe vorsah, Abb. 3. Danach sollte längs dieser Kanalstrecke ein Nebenhafen

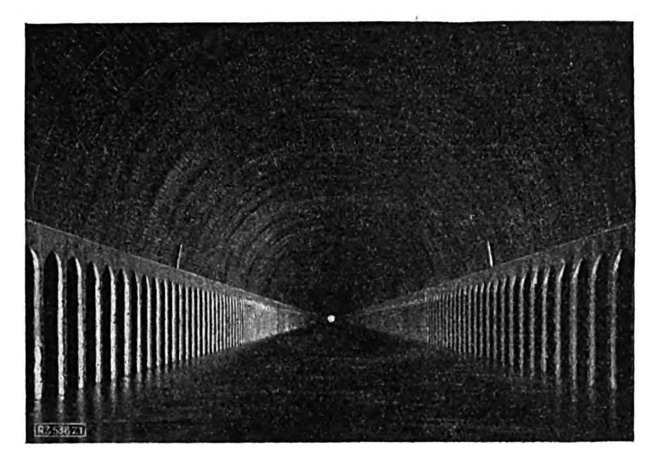


Abb. 2
Rovetunnel während des Auffüllens

zu Marseille geschaffen werden. Gleichzeitig wollte man das Becken von Berre mit rd. 15 000 ha Wasserfläche, wovon 6000 ha 8 m Wassertiefe aufweisen, als Schutzhafen für Seeschiffe benutzen.

Dadurch hat der Rovetunnel eine erweiterte Bedeutung erlangt. Die Wassertiefe wurde von ursprünglich 3 m auf 4 m gebracht; denn der voraussichtlich lebhafte Güterverkehr zwischen den beiden Häfen wird große Kähne mit 3 m Tiefgang erfordern, und außerdem ist nach den Erfahrungen im Suezkanal infolge der bei der Durchfahrt auftretenden Wasserspiegelabsenkung in engen Kanälen mit einem beträchtlichen Tiefertauchen zu rechnen.

Die Gesamtlänge des Kanals einschließlich der 5 km langen Küstenstrecke vom südlichen Tunnelende bis zum Anfange des Marseiller Hafens, die durch Steindämme geschützt ist, beträgt 82 km, Abb. 3. Der Querschnitt des jetzigen Kanales zwischen Arles und Port de Bouc wird erweitert für 600 t-Rhonekähne (rd. 60 m lang, 8 m breit bei 1,75 m Tiefgang) auf 23 m Sohlenbreite und 2,5 m Wassertiefe bei Niedrigwasser, Abb. 4. Der Wasserspiegel liegt auf der ganzen Strecke in Meereshöhe, so daß als Übergang zur

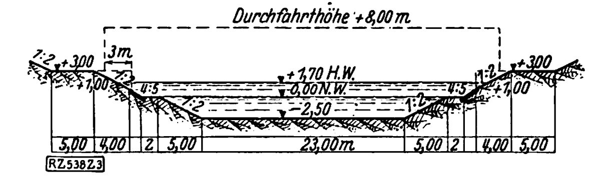


Abb. 4
Querschnitt des Kanals zwischen Arles und Port de Bouc

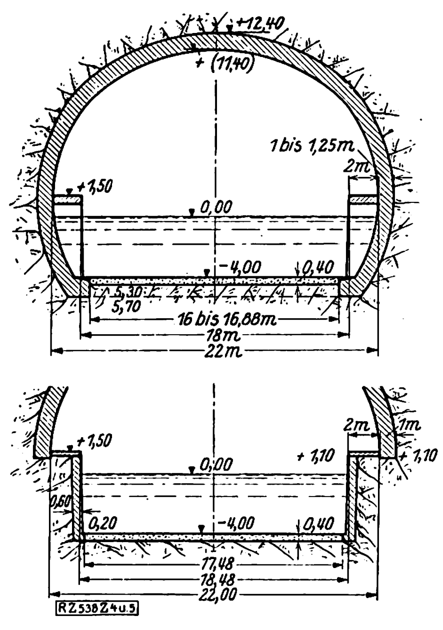


Abb. 5 und 6
Querschnitte des Rovetunnels

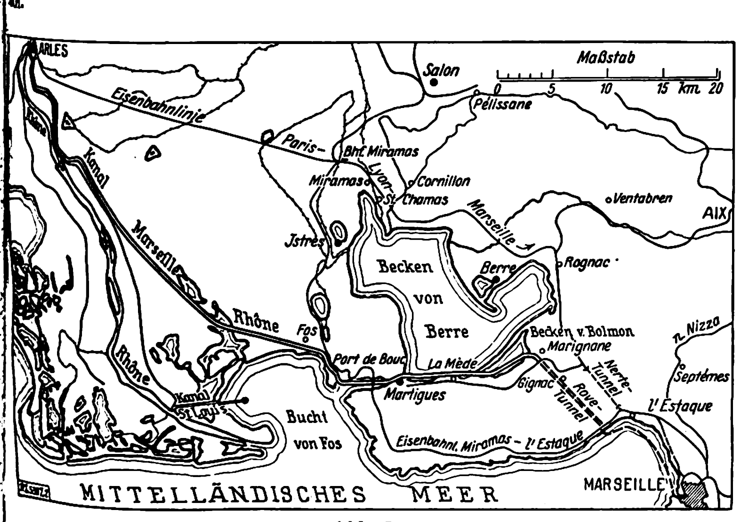


Abb. 3
Lageplan der Kanäle von Marseille zur Rhone

[1]) Vergl. Z. Bd. 60 (1916) S. 497, Annales des Ponts et Chaussées Bd. 93 (1923) S. 125, „Le Génie Civil" Bd. 83 (1923) S. 217 und Bd. 90 (1927) S. 401.

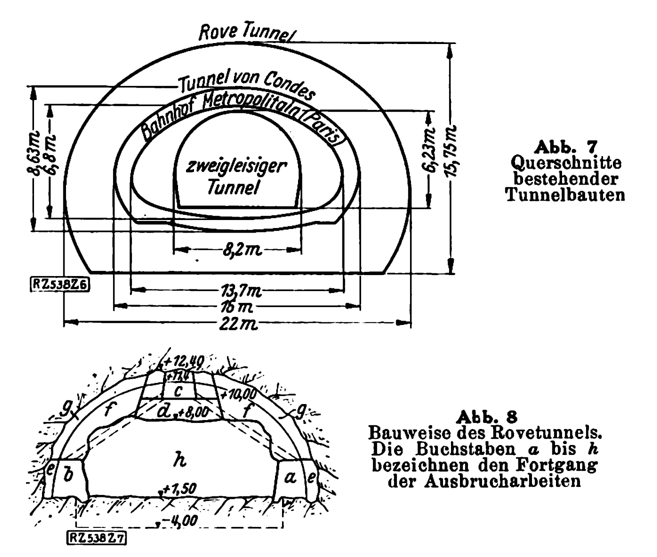


Abb. 7 Querschnitte bestehender Tunnelbauten

Abb. 8 Bauweise des Rovetunnels. Die Buchstaben *a* bis *h* bezeichnen den Fortgang der Ausbrucharbeiten

Rhone bei Arles eine Schleuse von 160 m Länge und 16 m Breite erforderlich ist.

Der 7266 m lange Tunnel, dessen Bau 1911 begonnen wurde, ist je nach der Art des Gesteines im Querschnitt nach Abb. 5 oder 6 ausgebaut. Von den jetzt bestehenden Tunnelbauten hat er weitaus den größten Querschnitt, Abb. 7. Die ausgeschachtete Fläche beträgt 300 bis 320 m², je nach der Dicke des Mauerwerkes, die zwischen 0,6 und 1,95 m liegt. Infolgedessen ist eine besondere Bauweise angewandt worden, indem zunächst bei *a*, *b* und *c*, Abb. 8, drei Stollen vorgestoßen wurden, von denen *a* Richtstollen war. Quergänge in je 100 m Abstand dienten zum Entfernen des Gesteins aus dem oberen Stollen.

Danach erweiterte man den oberen Stollen bei *d* und errichtete gleichzeitig die unteren Gewölbeteile *e*. Bei der großen Tunnelbreite durfte man zum Ausmauern des Gewölbes den ganzen Querschnitt nur in schmalen Abschnitten von höchstens 6 m Breite, in der Tunnelachse gemessen, freilegen. Man fing deshalb gleichzeitig an mehreren Stellen mit dem Ausmauern an und ging dabei jeweils von den Quergängen aus, entfernte die Teile *f*, Abb. 8, und errichtete in jedem Abschnitt bis zu fünf Lehrgerüste mit 1,5 m Zwischenraum. Der Mittelteil *h* diente zum Abstützen der Lehrgerüste. Das Gewölbe ist fast überall bis zum Fels voll ausgemauert, und da die Abschnitte je für sich fertiggestellt wurden, besteht das Gewölbe aus einzelne nicht verbundenen Ringen, s. a. Abb. 2.

Im Anschluß an die Fertigstellung des Gewölbes wu den die noch stehengebliebenen Felsmassen bei *h* entfer die Seitenteile der Leinpfade ausgemauert und, soweit e forderlich, die Sohle betoniert.

Einen Eindruck von den beträchtlichen Abmessung dieses Baues vermitteln folgende Zahlen: Im ganzen wurd 2 500 000 m³ Fels ausgesprengt; das Gewölbe umfa 250 000 m³ und die Seitenwände des Kanalbeckens erford ten 100 000 m³ Mauerwerk; 35 000 m³ Beton sind für Sohle und 12 000 m³ für die Leinpfade gebraucht word An Dynamit wurden 1300 t verbraucht, und der Gesamtkr bedarf für Pumpen und Kompressoren betrug 100 Mill. P Für den Tunnel allein wurden die Gesamtkosten zu Beg der Arbeiten auf 46 Mill. Fr geschätzt. Die tatsächlic Baukosten liefern wegen der Inflation keinen Vergleic wert.

Mit dem Rovetunnel ist der wichtigste Teil des Sch fahrtsweges Rhone—Marseille fertiggestellt. Der Aus des Kanales zwischen Port de Bouc und Martigues für schiffe erfordert noch etwa zwei bis drei Jahre, bis da benutzen die Kähne den alten Kanal. Hingegen muß Ausbaggern der übrigen Kanalstrecke bis Arles der ho Kosten wegen über viele Jahre verteilt werden. Einstwei ist daher noch die Flußstrecke bis St. Louis du Rhone benutzen, von wo aus die Überfahrt nach Bouc durch Bucht von Fos nur wenige Stunden erfordert.

[M 538] L

Der Weltschiffbau

Während vor dem Krieg als Folge der allgemei Wirtschaftslage in den verschiedenen Ländern die Besc tigung der Werften nahezu gleichzeitig und in ziem gleichmäßigen Zeiträumen zu- und abnahm, sind die Ze höchster Bautätigkeit in den wichtigsten Ländern seit 1 verschieden eingetreten, Abb. 9 und 10. Erst in der let Zeit greift die Zunahme der Bautätigkeit, die in Abb und 10 für Italien, die Vereinigten Staaten von Amer Frankreich und Holland bereits zu erkennen ist, auch England und Deutschland über, Zahlentafel 1.

Zahlentafel 1
Im Bau befindliche Schiffe nach Lloyds Register

	31. März 1926		31. Dez. 1926		31. März 19	
	Zahl	Raumgehalt B.-R.-T.	Zahl	Raumgehalt B.-R.-T.	Zahl	Raumge B.-R.-
England	218	843 070	168	760 084	297	1 2169
Deutschland	49	216 871	52	211 062	79	3509

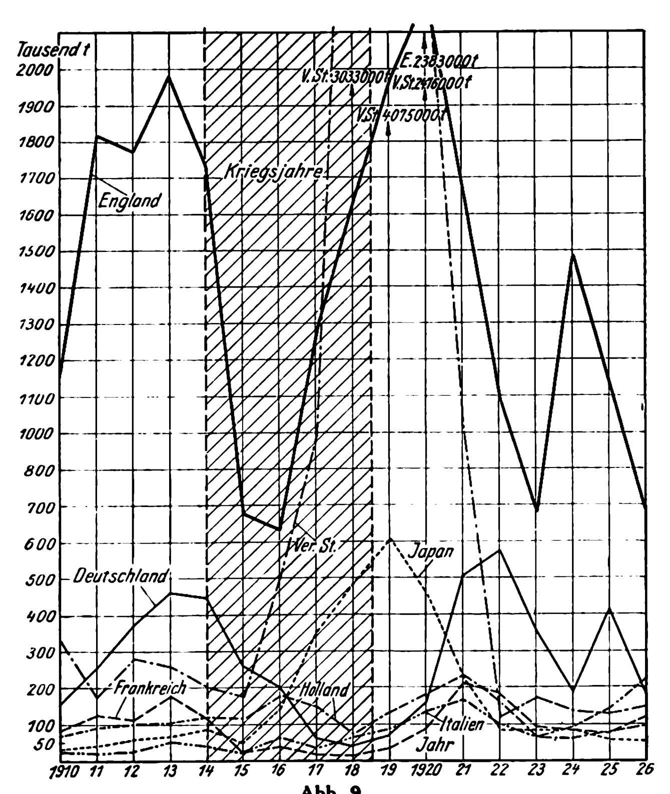


Abb. 9
Raumgehalt der von 1910 bis 1926 in den verschiedenen Ländern vom Stapel gelassenen Handelsschiffe über 100 B.-R.-T.

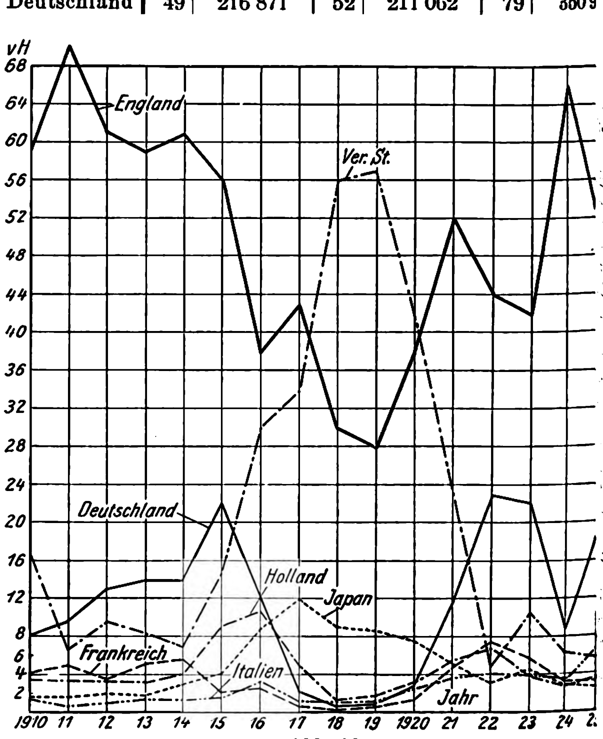


Abb. 10
Anteil der verschiedenen Länder am Weltschiffbau in de Jahren 1910 bis 1926 bezogen auf die gesamten Neubaute



Zahlentafel 2
Raumgehalt in B.-R.-T. der in den verschiedenen Ländern vom Stapel gelassenen Handelsschiffe über 100 t in den Jahren 1913, 24, 25, 26 (nach Lloyds Register)[1])

Jahr	Gr.-Britannien Irland Kolonien	Vereinigte Staaten einschl. Seen	Deutschland	Frankreich	Italien	Japan	Holland	Dänemark	Schweden	Norwegen	Andere Länder	Im ganzen
1913	1 980 492	276 448	465 226	176 095	50 356	57 755	104 296	40 932	18 524	50 637	43 455	3 332 882
1924	1 484 764	139 463	193 954	79 685	82 526	72 757	63 627	63 937	31 211	25 139	10 690	2 247 751
1925	1 130 711	128 776	418 048	75 569	142 046	55 785	78 823	73 268	53 750	28 805	7 824	2 193 404
1926	673 246	150 613	180 548	121 342	220 021	52 405	93 671	72 108	53 518	9 237	48 268	1 674 977

[1]) „Engineering" Bd. 73 (1927) S. 245.

Die Linie für England in Abb. 9 zeigt Spitzen für die Jahre 1920 und 1924, danach ging der englische Schiffbau wieder sehr zurück; er wurde im vorigen Jahre durch den unerwartet lange anhaltenden Bergarbeiterstreik sehr ungünstig beeinflußt.

Die deutschen Werften, deren Leistungsfähigkeit auf rd. 700 000 B.-R.-T. Raumgehalt im Jahre geschätzt wird, waren 1922 und 1925 noch verhältnismäßig am besten beschäftigt. Auch bei ihnen war die Beschäftigung im Jahre 1926 sehr schlecht, sie hat sich in der letzten Zeit, vor allem durch die großen Neubauaufträge des Norddeutschen Lloyd und der Hamburg-Amerika-Linie, bedeutend gehoben. Der Norddeutsche Lloyd hat im ganzen über 160 000 B.-R.-T., darunter die zwei Schnelldampfer „Bremen" und „Europa" von je 46 000 B.-R.-T. Raumgehalt und 250 m Länge in Bau gegeben. Die Aufträge der Hamburg-Amerika-Linie gehen mit rd. 180 000 B.-R.-T. Raumgehalt darüber noch hinaus.

Die größte Zunahme der Schiffbautätigkeit zeigt in Abb. 9 und 10 Italien, das verschiedene große Fahrgast-Motorschiffe im Bau hat. Die Vereinigten Staaten von Amerika, deren Anteil am Weltschiffbau in den Jahren 1918 und 1919 über die Hälfte hinausging, sind heute damit beschäftigt, den Schiffsbetrieb bei einem Teil ihrer brachliegenden Schiffe durch Einbau von Dieselmotoren wirtschaftlicher zu gestalten. Beim Umbau einiger Schnelldampfer, die früher dem Norddeutschen Lloyd gehörten, erwägt man — wohl mit Rücksicht auf die großen elektrotechnischen Firmen im Lande — den Einbau von dieselelektrischem Antrieb, der auch in andern Ländern erprobt, aber bisher nicht eingeführt worden ist.

Das größte Schiff des Jahres 1926 ist das Fahrgastschiff „Ile de France"[2]) von 43 500 B.-R.-T. Raumgehalt, das Frankreich baut. Einen Vergleich der Bautätigkeit in den letzten Jahren mit der im letzten Vorkriegsjahr enthält Zahlentafel 2. [M 209]

Berlin-Steglitz Dipl.-Ing. E. Sachs

[2]) Vergl. S. 1004 dieses Heftes.

Luftfahrt

Amerikanisches Starrluftschiff von 184000 m³ Inhalt

Das Marinedepartement hat für den Bau von zwei neuen Großluftschiffen Entwürfe vorbereitet und Versuche zur Ermittlung der besten Form eingeleitet[1]). Hiernach würde sich eine Länge von rd. 238 m und rd. 41 m Dmr. bei 184 000 m³ Inhalt ergeben. Das Verhältnis der Länge zum Durchmesser ist wesentlich kleiner als bei „Shenandoah" (207,3 : 24,1) und „Los Angeles" (200,5 : 27,7), jedoch etwas größer als für die beiden neuen englischen Luftschiffe (222,5:39,6), deren Inhalt um 42 500 m³ kleiner ist. Bei einem Durchmesserverhältnis zwischen 5 und 6 lieferten die amerikanischen Versuche die besten Ergebnisse bei gleichzeitiger Berücksichtigung des Luftwiderstandes und der Baugewichtersparnis. Wird das Verhältnis kleiner als 5, dann nimmt das Baugewicht erheblich zu. Prof. Hovgaard empfiehlt in seinem Bericht über den Unfall der „Shenandoah" stets unter 8,6 zu gehen. Wenn der Luftwiderstand allein maßgebend sei, könne noch 4,5 gewählt werden. Ferner stellte sich heraus, daß ein zylindrisches Mittelschiff nachteilig in bezug auf den Luftwiderstand sei. Kurze Schiffe von größerem Durchmesser sind weniger dem Einfluß von Windstößen unterworfen, und bei nahezu gleichem Luftwiderstand wächst das Widerstandsmoment des Querschnittes erheblich mit der Zunahme des Durchmessers. Immerhin erfordert die Kursstetigkeit in wagerechter und senkrechter Richtung ein schlankeres Schiff als die Berücksichtigung von Luftwiderstand und Baugewicht allein.

[1]) Vergl. „Engineering" Bd. 73 (1927) S. 503

Aus den Bedingungen für die bis zum 16. Mai d. J. dem Marinedepartement einzureichenden Angebote nur amerikanischer Firmen ist bemerkenswert, daß diese Luftschiffe bestimmt sind, vom Meer aus aufzusteigen. Sie werden mit Maschinengewehren bewaffnet; Vorrichtungen zum Mitnehmen, Ablassen und Aufnehmen von Flugzeugen während der Fahrt sind vorzusehen.

Als Füllung ist Heliumgas vorgeschrieben, jedoch soll auch möglich sein, Wasserstoffgas allein oder beide zusammen zu verwenden. Das Luftschiff ist in zwölf gasdichte Zellen eingeteilt, und für jede Zelle muß mindestens ein selbsttätiges Ventil angeordnet werden. Weitere Handventile, die insgesamt 1840 m³/min durchlassen, sind vorzusehen.

Vorgeschrieben sind 130 km/h Höchstgeschwindigkeit und im Mittel 93 km/h bei 12 000 km Fahrstrecke. Die Zahl der Motoren soll mindestens vier, höchstens zwölf betragen, wobei höchstens zwei in unmittelbarer Nähe voneinander anzuordnen sind. Dabei sollen sie nicht mehr in besonderen Motorgondeln angeordnet, sondern ins Innere des Schiffes verlegt werden; die Schrauben sind dabei über Zwischengetriebe anzutreiben. Besondere Motoren mit Hubschrauben werden zur Unterstützung der Aufstieg- und Landungsmanöver gefordert. Vorgeschrieben ist eine Anlage zum Erzeugen von Wasserballast aus den Verbrennungsgasen ähnlich derjenigen, die bei „Los Angeles" eingebaut ist und sich bewährt haben soll, um die Verluste infolge Ablassens von Heliumgas zum Ausgleich der Abnahme des Brennstoffgewichtes zu vermeiden. Die Unterkunfträume müssen für zehn Offizieren und 32 Mannschaften bemessen werden. Die Funkanlage für 4500 km Reichweite darf nicht mehr als 227 kg wiegen.

Einige Punkte erscheinen dem Marinedepartement besonders erwünscht: Durchbildung einer lösbaren, selbst schwimmfähigen Kommandozelle, Dämpfung des Motorengeräusches, Heizung der Wohnräume, Frostschutz für Brennstoff- und Schmierölleitungen, Anordnung einer photographischen Werkstätte und Verwendung eines geeigneten Gases als Brennstoff. Beim Entwurf sollen diese Punkte besonders beachtet werden; die Ausführung der Vorschläge bleibt jedoch vorbehalten.

Eigenartig ist die Bewertung der Einsendungen durch das Marinedepartement mit höchstens insgesamt 100 Punkten für 15 Gruppen. 1. Verhältnis von Gasinhalt zu Reingewicht und 2. Betriebsicherheit bei Höchstleistung und bei 93 km/h werden mit höchstens 15 Punkten bewertet. Mit bis zu zehn Punkten wird 3. Geschwindigkeit in rd. 900 m Höhe ausgezeichnet. Höchstens fünf Punkte werden erteilt für 4. Verhältnis von Gasinhalt zur Verdrängung, 5. Sicherheitsgrad bei voller Belastung und leer, mindestens 2,5, 6. Sicherheitsgrad bei besonders schweren Beanspruchungen, mindestens 2, 7. Betriebsicherheit der Motorenanlage und bequeme Wartung während der Fahrt, 8. Zugänglichkeit der Verbände und Gaszellen auf der Fahrt, 9. geringes Gewicht und leichte Ausbesserbarkeit, 10. Teilung des Gasinhaltes, 11. Gasersparnis im Leckfall und beim Manövrieren, 12. bequeme Handhabung auf der Fahrt, 13. leichtes Vertäuen, Landen und leichte Handhabung am Boden, 14. Schutz gegen Feuer und Unfälle, 15. Durchbildung der Einzelheiten.

Es wird schwer sein, mehrere dieser Gesichtspunkte ohne Erprobung der ausgeführten Schiffe richtig zu bewerten, und das Ergebnis dieser erstmaligen öffentlichen Ausschreibung von Luftschiffen dürfte bemerkenswert sein.

[N 474] Ls.

Kleine Mitteilungen

Fernheizwerk in Forst (Lausitz)

Auf Grund genauer Berechnungen der Anlage- und Betriebskosten hat sich die Stadt Forst entschlossen, ein Fernheizwerk zu bauen, um die zahlreichen kleineren Tuchfabriken, die sämtlich nur veraltete Dampfkesselanlagen haben, in wirtschaftlich richtiger Weise mit Dampf zu beliefern. Zunächst sollen nur die unmittelbar neben dem Elektrizitätswerk liegenden Betriebe, nämlich 24 Tuchfabriken und drei öffentliche Gebäude, vom Fernheizwerk versorgt werden.

Nach den Messungen beträgt der Dampfverbrauch 25 bis 30 t/h. Bei vollem Ausbau des Fernleitungsnetzes für das ganze Stadtgebiet und bei Anschluß aller Tuchfabriken (etwa 100) muß man mit rd. 150 t/h rechnen.

Der Dampf wird jetzt mit 6 at Anfangsdruck ins Rohrnetz geschickt und dem Abnehmer mit etwa 5 at geliefert. Da in den Färbereien das Kondensat meist nicht wiedergewonnen wird und da die Kondensatrohre auch in den Kanälen schnell zerfressen werden, soll von der Kondensatrückführung abgesehen werden. Die Rohre werden in Eisenbetonkanälen, die meist im Fahrdamm der Straße eingebettet werden, verlegt.

Vorläufig wird von der Kesselanlage des Elektrizitätswerkes Frischdampf abgegeben, damit die Anlagekosten anfangs möglichst niedrig gehalten werden. Bei günstiger Anschlußentwicklung sollen eine Hochdruckkesselanlage und eine Anzapfturbine für 37 at Betriebsdruck aufgestellt werden. [N 613 a] Pt.

Neue elektrische Lokomotiven der Schweizerischen Bundesbahnen

Die steigenden Anforderungen an die Triebfahrzeuge der Schweizerischen Bundesbahnen machten es notwendig, neben den elektrischen 2 AAA 1-Lokomotiven noch leistungsfähigere Maschinen in Dienst zu stellen. Die Entscheidung fiel auf die Bauart mit der Achsfolge 2 AAAA 1, die für Talstrecken und zur Beförderung schwerer Züge mit einer Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h bestimmt ist. Diese Lokomotive ist mit vier Einphasenwechselstrom-Triebmotoren von je 710 PS_e Stunden- und 620 PS_e Dauerleistung ausgerüstet. Die Fahrgeschwindigkeit ohne Rücksicht auf Radschlupf beträgt 65 km/h, das Dienstgewicht 117 t.

Der Rahmen besteht aus zwei durchgehenden 28 mm dicken Blechen, die durch Stoßbalken und zahlreiche Querbleche sowie Querverbindungen an den Abstützungen des Drehgestelles und der Laufachse miteinander versteift sind. Auf der linken Außenseite des Rahmens ist der aus Stahlguß in einem Stück hergestellte Außenrahmen zur Aufnahme der Triebzahnräder befestigt. Jede der vier Treibachsen wird durch einen über der Achse im Rahmen festgelagerten Motor angetrieben. Eine einfache Zahnradübersetzung mit gefedertem Ritzel überträgt das Drehmoment der Motorwelle auf das Triebzahnrad. Die mittleren Treibachsen haben 10 mm seitliches Spiel. Das Drehgestell hat 2,2 m Radstand und Kugellagerung des Stützzapfens mit beiderseitigem Spiel der Drehpfanne von 150 mm; die Laufachse ist als Bisselachse mit 95 mm Spiel ausgebildet. Eine einzelne Lokomotive dieser Reihe ist versuchsweise mit einem besonderen Drehgestell versehen, worin die letzte Treibachse und die als Adamachse ausgebildete Laufachse gelagert sind. Die Drehbewegung des Gestelles um den 300 mm vor der Treibachse liegenden Drehpunkt ist derart begrenzt, daß der Seitenausschlag, über der Laufachse gemessen, nur 50 mm beträgt. Die Verschiebung der Adamachse im Drehgestell soll erst beim Fahren durch Krümmungen mit weniger als 250 m eintreten, wenn die Auslenkung des ganzen Gestelles nicht mehr ausreicht. Die Anordnung dieses Drehgestelles bezweckt eine geringere Abnutzung der Spurkränze der Treibachsen und guten Lauf der Lokomotive in Krümmungen. („Schweizerische Bauzeitung" 25. Juni 1927 S. 341*)
[N 613 b] Krs.

Neuere Diesel-elektrische Lokomotiven

Die Firma Beardmore & Co. hat zur Zeit einige 12-Zylinder-Dieselmotoren der V-Bauart im Bau, die 1200 PS bei 750 Uml./min leisten sollen und für den Antrieb von Diesellokomotiven der Canadian National Railways bestimmt sind. Die Motoren können bis zu 1500 PS bei 900 Uml./min leisten und sollen jeder bei rd. 5,5 m Gesamtlänge etwa 10 t wiegen. Eine andre Lokomotive dieser Art, deren Achtzylinder-Reihenmotor bis zu 1000 PS bei 900 Uml./min leistet, ist für Güterzüge bestimmt und soll imstande sein, in der Ebene mit 1750 t schwerem Zuge bis zu 40 km/h Geschwindigkeit zu erreichen. Die größte Zugkraft an den Radumfängen soll 19 t betragen. Der mit der Lokomotive gekuppelte Stromerzeuger hat Verbundwicklung und Fremderregung, so daß seine Spannung sehr einfach je nach dem Strombedarf der Fahrmotoren geregelt und die Geschwindigkeit der Lokomotive ausschließlich durch den Drosselhebel beherrscht werden kann. („Engineering" 24. Juni 1927 S. 760/63*)
[N 613 c] H.

Fahrgastdampfer „Ile de France"

Dieser Turbinenschnelldampfer der Compagnie Générale Transatlantique hat vor kurzem auf seiner Probefahrt angeblich rd. 24 Kn Geschwindigkeit erreicht. Er ist zwischen den Loten 231 m lang bei 28 m Breite und 21,5 m Seitenhöhe bis zum obersten durchlaufenden Deck; das Schiff hat 9,75 m Tiefgang bei 41 000 t Verdrängung und 11 500 t Tragfähigkeit. Die Wohnräume sind für 670 Fahrgäste 1. Klasse, 408 Fahrgäste 2. Klasse, 580 Fahrgäste 3. Klasse und 800 Mann Besatzung eingerichtet.

Die vier Parsonsturbinen mit 52 000 PS Gesamtleistung, an der Welle gemessen, treiben unmittelbar die vier Schraubenwellen an. Die Dienstgeschwindigkeit wird 23 Kn betragen. Die Kesselanlage umfaßt zwölf Doppelend- und acht Einendkessel, Bauart Prudhon-Capus, alle mit Ölfeuerung. Die Ölbunker fassen 7500 m³ für die Hin- und Rückreise Havre—New York.

Bemerkenswert sind Vorkehrungen zur Mitnahme von drei Wasserflugzeugen, mit deren Hilfe die Fahrgäste gegebenenfalls ihre Reise abkürzen können.
[N 613 c] Ls.

Umbau der „Empress of Australia"

Die neuen englischen Eigner des 1922 von Deutschland ausgelieferten „Tirpitz" entschlossen sich zur Erneuerung der Maschinenanlage, weil sie 16,5 Kn Dienstgeschwindigkeit kaum einhalten konnten und dabei täglich 205 t Öl verbrauchten. Das 1913 in Stettin vom Stapel gelassene Schiff hatte ursprünglich zwei Turbinensätze mit Föttinger-Getrieben, insgesamt 14 500 PS, und vierzehn Wasserrohrkessel für 17,5 at Überdruck. Der Ausbau der alten Kessel machte Schwierigkeiten. Wegen der zwischen den geteilten Kesselschächten gelegenen Einrichtungen schuf man einen Weg durch die Schotten zur zweiten Ladeluke. Die neue Anlage umfaßt zwei Parsonsturbinensätze mit einfachem Getriebe von insgesamt 20 000 PS bei 125 Uml./min der Schrauben. Die Turbinen können auf 21 000 PS überlastet werden; die Rückwärtssätze in den Hoch- und Mitteldruckturbinen leisten 14 000 PS. Die Kesselanlage besteht aus sechs Doppelend-Zylinderkesseln und einem Einendkessel für die Hilfsmaschinen.

Bemerkenswert ist die Anordnung von Getriebe und Turbinen auf ganz niedrigen Plattenstühlen, so daß Erschütterungen auch bei Vollast nirgends bemerkbar sind. Dementsprechend ist das Getriebegehäuse als weit nach unten reichender Gußkasten ausgebildet worden, und die hochgelagerten Turbinen ruhen am vorderen Ende auf hohen gußeisernen Füßen, so daß der Kondensator unmittelbar quer unter den Turbinen angeordnet werden konnte. Die Neigung der Schraubenwellen wurde auf 46 m Länge um 685 mm erhöht. Eingebaut wurden Einscheiben-Drucklager mit Schubanzeiger und zwei elektrische Drehmoment-Meßgeräte, Bauart Ford-Siemens, als ständige Ausrüstung. Sämtliche Hilfsmaschinen wurden erneuert und zwei Dieseldynamos von 165 kW Leistung eingebaut.

Schleppversuche ergaben für die zunächst nach innen schlagenden Schrauben einen beträchtlichen Leistungsgewinn, so daß die Drehrichtung der Maschinen geändert und neue Schrauben angebracht wurden.

Auf der Probefahrt wurden 20,35 Kn bei 20 440 PS, 128 Uml./min und 21 800 t Verdrängung erreicht. Dabei betrug der Ölverbrauch 0,313 kg/PS_eh. Besonders hervorgehoben wird, daß der Ölverbrauch bei 19 Kn Geschwindigkeit 150 t und bei 16,5 Kn 100 t täglich beträgt, so daß er gegen früher auf die Hälfte vermindert sei. Dieses Ergebnis scheint bei der neuzeitlichen Maschinenanlage von bedeutend höherer Leistung und den sonstigen Änderungen der Einrichtung selbstverständlich. („Engineering" 24. Juni 1927 S. 722)
[N 613 f] Ls.

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Neue Wilhelmstr. 4, bezogen werden. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 3501)

Forschungshefte auf dem Gebiete der Ingenieurwissenschaften. Nr. 295. Festgabe Carl von Bach zum achtzigsten Geburtstag. Berlin 1927, VDI-Verlag. 95 S. m. 179 Abb. u. 1 Bildnis. Preis 14 ℳ.

Eine ansehnliche Zahl von früheren Schülern Bachs, die heute als Forscher und Dozenten auf Bachs Arbeitsgebieten tätig sind, haben Berichte über Forschungsarbeiten zu dieser Festgabe beigesteuert. Das so entstandene Werk ist als „Forschungsarbeit" mit Rücksicht darauf bezeichnet worden, daß Bach beim Verein deutscher Ingenieure um die Jahrhundertwende angeregt hat, wertvolle Arbeiten der deutschen technischen Forschungsstätten zu sammeln. Das ist mit der Herausgabe der „Mitteilungen über Forschungsarbeiten" geschehen.

Das vorliegende Werk zeigt vor allem den Ausbau der Werkstoffprüfung nach verschiedenen Richtungen hin, die sich aus der Praxis ergeben haben. Hatte man früher vorwiegend den Einfluß der Belastung geklärt, so erforscht man heute vorwiegend die Beständigkeit der Werkstoffeigenschaften bei Änderungen von Temperatur, Belastungsdauer und chemischen Einflüssen. So untersuchen R. Baumann die Elastizität von Sonderstählen in höherer Temperatur, P. Goerens und R. Mailänder die Kalt- und Warmsprödigkeit beim Zugversuch, P. Ludwik die Gleit- und Reißfestigkeit, Eugen Meyer den Verlauf des Zugversuches bei raschem Zerreißen. Zwei weitere wertvolle Beiträge beschäftigen sich mit der Streckgrenze (Moser) und mit dem Wachsen von Gußeisen (F. Wüst und O. Leihener). Die wichtigen Arbeiten der Materialprüfungsanstalt an der Technischen Hochschule Stuttgart in den letzten 20 Jahren über Raumänderungen von Zement, Zementmörtel, Beton, Eisenbeton, Kalk und Kalkmörtel werden von O. Graf eingehend beschrieben.

Aber auch andre Gebiete der Technik, in denen Bach als Forscher tätig war, sind durch wertvolle Beiträge maßgebender Forscher vertreten. Hier sind zu nennen die Arbeiten über die Berechnung der Gründung von Masten für Hochspannungsleitungen von Kleinlogel und von Pfleiderer über Untersuchungen aus dem Gebiete der Kreiselradmaschinen. Ganz besondere Beachtung verdient die Arbeit von E. Berl, H. Staudinger und K. Plagge über die Einwirkung von Natronlauge und verschiedenen andern Salzen auf Eisen. Die eingehenden Untersuchungen, die von den Verfassern im Auftrage des Speisewasserausschusses beim Verein deutscher Ingenieure durchgeführt wurden, haben für die Praxis, namentlich für den Hochdruckdampfbetrieb, sehr aufschlußreiche Ergebnisse gezeitigt. [E 365] Dr.-Ing. W. Schmidt

Erfinden und Konstruieren. Von J. Meyer. 2. erw. Aufl. Berlin 1926, Julius Springer. 82 S. Preis 5,70 ℳ.

In einer Zeit, wo sich die Bemühungen zur Belebung unsrer Wirtschaft besonders auf die Fertigung richten, ist es durchaus angebracht, auch einen Blick in die geistige Werkstätte des Erfinders und Konstrukteurs zu tun. Dazu bilden die Erfahrungen des Verfassers eine vorzügliche Anleitung. Er führt uns von der Aufgabenstellung durch die verschiedenen Stufen einer werdenden Konstruktion, teils in grundsätzlichen Ausführungen, teils an der Hand von Beispielen aus der Elektrotechnik. Das Grenzgebiet zwischen Konstruieren und Erfinden wünscht er möglichst hoch zu stellen; Konstruieren sei eben mehr als Ab- und Umzeichnen, es sei und müsse eine schöpferische Tätigkeit sein, die die Ehre jedes Konstrukteurs bedeute. Dieser hohen Auffassung entspricht es, daß Dr. Meyer auch das Recht an der „Erfindung", die im Rahmen einer gestellten Konstruktionsaufgabe gemacht wird, voll der Firma, also nicht den Angestellten zuschreibt.

Das Büchlein enthält wertvolle Gedanken und kann dem Konstrukteur, der etwas auf sich hält, sehr zum Lesen empfohlen werden. Wenn noch eine Anregung für später gestattet ist, so sei es die, noch mehr Wert auf die Methoden einerseits des logischen Aufbaues von Konstruktionen, anderseits des Gliederns und Unterteilens zu legen, und schließlich die Rücksichten auf die Fertigung, an der so manche schöne Erfindung scheitert, eingehender zu behandeln. [E 477] Dr. Kienzle

Der Schiffsmaschinenbau. 2. Bd. Von G. Bauer. München und Berlin 1927, R. Oldenbourg. 630 S. m. 500 Abb. Preis 58 ℳ.

Von dem dreibändigen Werke, das eine Neubearbeitung von Bauers „Berechnung und Konstruktion der Schiffsmaschinen und Kessel" und des gemeinsam mit Lasche herausgegebenen Buches über Schiffsturbinen unter Berücksichtigung der Fortschritte im Schiffsmaschinenbau darstellt, sind bisher die beiden ersten, zusammen rd. 1400 Seiten starken Bände erschienen. Der Aufbau des umfangreichen, im Schiffbau heute einzig dastehenden Werkes läßt sich wie folgt kennzeichnen: Der Hauptteil des ersten Bandes behandelt die Kolbendampfmaschine und die Schiffsschraube[1]), der des zweiten die Dampfturbine, während der Hauptteil des dritten Bandes der Schiffsölmaschine vorbehalten ist. An die Hauptteile sind jeweils eine Reihe von Anhängen angegliedert, in denen solche Fragen behandelt werden, die für den Schiffsmaschinen- und auch, wie z. B. der Anhang über Schlingerdämpfeinrichtungen, für den Schiffbau von Wichtigkeit sind. Die Kessel, Rohrleitungen und Hilfsmaschinen sollen dem in nicht zu ferner Zeit erscheinenden dritten Bande angegliedert werden.

Der vorliegende Band bringt mit Rücksicht auf die gegenseitigen Anregungen zwischen Schiff- und Landturbinenbau und mit Rücksicht darauf, daß Werften gelegentlich auch Maschinen für Kraftwerke liefern, einen Abschnitt über Landturbinen.

Das Werk ist mit seinen zahlreichen Ausführungsbeispielen zunächst für den Gebrauch der Praxis gedacht; darüber hinaus ist es mit Rücksicht auf den Umstand heute besonders zu begrüßen, daß unserm Nachwuchs im Schiffsmaschinenbau heute vielseitige praktische Erfahrungen im allgemeinen weniger leicht zugänglich gemacht werden können als in früheren Zeiten, in denen der Kriegschiffbau in Blüte stand. [E 475] W. S.

Ergebnisse der Aerodynamischen Versuchsanstalt zu Göttingen. Herausgeg. von L. Prandtl u. A. Betz. 3. Lfg. München und Berlin 1927, R. Oldenbourg. 166 S. m. 149 Abb. Preis 16,50 ℳ.

Der vorliegende Band bringt die Ergebnisse der Versuchsarbeiten von 1922 bis 1925 und enthält auch einige aerodynamische Untersuchungen aus dem Turbinenbau, dem Bauingenieurwesen und dem Eisenbahnwesen.

Der theoretische Teil behandelt zunächst die Gesetzmäßigkeit des Einflusses der Reynoldsschen Zahl auf den Reibungswiderstand. Eine wichtige Ergänzung der Theorie des Doppeldeckers ist die nun auch für die Anstellwinkel zuverlässige Umrechnungsformel. Außerdem ist die Tragflügeltheorie durch Untersuchungen über den Eindecker mit Endscheiben bereichert worden.

Der zweite Teil berichtet über neue Versuchseinrichtungen für Treibschrauben- und Windradmodellmessungen.

Ein umfangreiches systematisches Versuchsprogramm behandelt die Eigenschaften der Schukowskischen Flügelschnitte. Auch hierbei ist der Einfluß der Reynoldsschen Zahl berücksichtigt worden, dem man neuerdings mit Recht immer mehr Beachtung schenkt. Weitere systematische Versuchsreihen betreffen Tragflügel mit Ausschnitten, Profile mit abgeschnittener Hinterkante, Verstellflügel mit Spalt und Flügel mit angebauten Motorgondeln; besonders lehrreich sind Versuche über Oberflächenrauhigkeit an Tragflügeln, die die schlechthin ausschlaggebende Bedeutung der Saugseite für die technische Güte des Flügels zeigen. Die übrigen Untersuchungen der Lieferung gehen überwiegend auf industrielle Aufträge zurück; erwähnt seien 64 neue Profilmessungen und fünf Flugzeugmessungen, darunter die vollständige Untersuchung eines Flugzeugmodells mit laufender Schraube.

Im Verein mit den bisher erschienenen Lieferungen ist der vorliegende Band dem aerodynamisch interessierten Ingenieur und Physiker eine Fundgrube methodisch gewonnener Erfahrung und wissenschaftlicher Erkenntnis. Eine 4. Lieferung soll in einiger Zeit folgen.
[E 486] Helmbold

Praktische Statik. Einführung in die Standberechnung der Tragwerke. Von R. Saliger. 2. Aufl. Leipzig und Wien 1927, Franz Deuticke. 646 S. m. 650 Abb. Preis 33 ℳ.

Das Buch dient hauptsächlich der Erziehung des Studierenden zur praktischen Anwendung der theoretischen Grundsätze der Statik. Im Gegensatz zu den meisten Werken über die Statik der Baukonstruktionen gibt der Verfasser nicht allein die allgemeine, rein statische Behandlung der Probleme, sondern er legt den Hauptwert darauf, sich an die in der Praxis des Hoch- und Eisenbetonbaues täglich vorkommenden Fälle zu halten und in Sonderbeispielen jede

[1]) Vergl. Z. Bd. 67 (1923) S. 1012.



Aufgabe von den theoretischen Grundlagen an bis zur Wahl der Abmessungen durchzuarbeiten. Das Buch ist bewußt auf das rein Praktische beschränkt, so daß dem Studierenden das Durcharbeiten eines der bewährten rein theoretischen Werke über die Statik nicht erspart bleibt. Dies um so mehr, als wichtige Gebiete wie die Verfahren der Einflußlinien, die elastischen Formänderungen der Fachwerke, die verschiedenen Fachwerksysteme u. a. m., nur kurz gestreift sind, andres, wie z. B. das räumliche Fachwerk, ganz fehlt. Durch die gründliche Behandlung des dargebotenen Stoffes wie auch durch die leicht faßliche Darstellungsweise wird ausgezeichnet dafür gesorgt, daß der Leser nicht nur in das Wesen der Statik als Theorie eindringt, sondern auch die Eigenschaften der Bauwerke, die Eigentümlichkeiten der zum Bau verwendeten Stoffe und endlich eine wissenschaftlich einwandfreie Wahl der Abmessungen kennen lernt. Die neue Auflage des Buches, das besonders im Abschnitt über die Rahmen und kontinuierlichen Balken wesentlich erweitert ist, kann sowohl dem studierenden als auch dem praktisch tätigen Bauingenieur — für jenen als eine gute Grundlage, für diesen als ein Mittel zur Auffrischung und Erweiterung seiner Kenntnisse — bestens empfohlen werden. [E 437] F. C.

Anordnung und Ausgestaltung von Petroleumhäfen. Von Bernhard Siebert. Dissertation Danzig 1926. Berlin, Wilhelm Ernst & Sohn. 15 S. m. 23 Abb. Preis 3,50 *M.*

Zunächst ist erfreulich, daß der Verfasser bei der Veröffentlichung seiner Arbeit sie als Doktor-Dissertation zu erkennen gibt. Als solche stellt sie eine sehr fleißige und gründliche Verarbeitung des erreichbaren Stoffes dar, bei der auch die kritische Beurteilung der Einzelheiten anzuerkennen ist. Die zunehmende Bedeutung des Öles als Betriebstoff in der Schiffahrt legt die Frage nahe, warum der Verfasser die Petroleumhäfen hinsichtlich ihrer Lage zu den übrigen Teilen der Handelshäfen und den Anforderungen, die von der Schiffahrt an eine rasche und gefahrlose Versorgung mit Betriebstoff gestellt werden müssen, nicht in den Kreis seiner Untersuchungen gezogen hat. Es muß allerdings zugegeben werden, daß Erfahrungen über die unmittelbare Versorgung von Motorschiffen und Dampfern mit Ölfeuerung aus Petroleumhäfen sehr spärlich sind. Bei dem Bau neuer Häfen wird man aber dieser Frage die ihr zukommende Bedeutung widmen müssen.
[E 221] G. de Thierry

Körper und Arbeit. Handbuch der Arbeitsphysiologie. Herausg. von Edgar Atzler. Leipzig 1927, Georg Thieme. 770 S. m. 102 Abb. Preis 45 *M.*

Das vorliegende Werk ist wohl die erste Zusammenfassung der bisherigen Arbeiten auf dem Gebiet der Arbeitsphysiologie. Der Versuch, ein solches Werk zu schaffen, kann als gelungen bezeichnet werden.

Der erste Teil gibt eine Einführung in die Anatomie und Physiologie, der zweite behandelt die physische Arbeitseignung, Rassenbiologie und Arbeitseignung, physiologische Rationalisierung, die Ermüdung im praktischen Betrieb, die Ernährung des Arbeiters, seine Kleidung, Sport und Arbeit, Arbeit und Reizstoffe.

Die Verfasser sind sämtlich Mediziner. Es ist ihnen trotzdem gelungen, medizinische Fachausdrücke soweit zu vermeiden, daß der Techniker das Buch mit vollem Verständnis lesen kann.

Jeder Techniker wird in diesem Werk eine ganze Reihe ihn betreffender Abschnitte finden. Der Betriebsmann erhält eine Übersicht darüber, wie weit man heute die Leistungsfähigkeit des Arbeiters bestimmen kann. Sehr bemerkenswert ist z. B. die Nachrechnung des bekannten Taylorbeispieles des Eisenbahnverladers. Hier wird gezeigt, wie der heutige Stand der Arbeitsphysiologie immerhin eine annähernde Nachrechnung gestattet, welche körperlichen Leistungen noch als zulässig angesehen werden können. Auch der Konstrukteur von Maschinen wird aus den zusammenfassend behandelten Arbeiten des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Arbeitsphysiologie praktische Folgerungen ziehen können.

Sogar die Hausfrau findet in den Abschnitten über Ernährung und Kleidung manches für sie Wissenswerte.

Bei einer neuen Herausgabe dürfte sich vielleicht die Mitarbeit von Technikern empfehlen, damit der Inhalt des Werkes in noch stärkerem Maße, wie es hier bereits geschehen ist, den Bedürfnissen des Technikers angepaßt wird. [E 306] R. Thun

Textilmaschinen, ihre Konstruktion und Berechnung. Von Paul Beckers. Berlin 1927, M. Krayn. 283 S. m. 282 Abb. Preis 17 *M.*

Dieselmaschinen III. Berlin 1927, VDI-Verlag. 99 S. m. 277 Abb. Preis 4,50 *M.* Sonderheft der Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure.

Die Maschinentechnik in Zuckerfabriken und Raffinerien 1. T. Von Karl Schiebl. Magdeburg 1927, Schallehn & Wollbrück. 175 S. m. 207 Abb. Preis 12 *M.*

Der Transformator im Betrieb. Von Milan Vidmar. Berlin 1927, Julius Springer. 310 S. m. 126 Abb. Preis 19 *M.*

Der phasenverschobene Strom. Von Richard Falk. Berlin 1927, Julius Springer. 92 S. m. 52 Abb. Preis 6,60 *M.*

Das Telephon und sein Werden. Von August Rotth. Berlin 1927, Julius Springer. 148 S. m. 33 Abb. Preis 4,50.

Der metallische Werkstoff, 3. Bd.: **Modernes elektrolytisch Überziehen.** Von W. E. Hughes. Übers. von M. Kle nert. Leipzig 1927, Akademische Verlagsgesellscha 229 S. Preis 15 *M.*

Lehr- und Hilfsbuch der Eisen- und Stahlgießerei. V Hans Dworzak und Hans Korzinsky. Wien u Leipzig 1927, Hölder-Picjler-Tempsky. 373 S. m. 192 A Preis 10 *M.*

Der Industrieofen in Einzeldarstellungen, 1. Bd.: **Wär technische Grundlagen der Industrieöfen.** Von Hans v Jüptner. Leipzig 1927, Otto Spamer. 260 S. m. 25 A Preis 23 *M.*

Der Industrieofen in Einzeldarstellungen, 2. Bd.: **Der S mens-Martin-Ofen.** Von Ernst Cotel. Leipzig 1927, C Spamer. 150 S. m. 67 Abb. Preis 20 *M.*

Bemessungstafeln für Eisenbetonkonstruktionen. Von P Göldel. Berlin 1927, Julius Springer. 109 Taf. Pr 22 *M.*

Sammlung Göschen, 950. Bd.: **Nomographie des Bauin nieurs.** Von Max Mayer. Berlin und Leipzig 1927, W ter de Gruyter & Co. 111 S. m. 47 Abb. Preis 1,50 *M.*

Il cemento armato nelle costruzioni civili ed industri Von Luigi Santarella. Milano 1927, Ulrico Hoe 687 S. m. 522 Abb. Preis 75 Lire.

Vorläufige Richtlinien für die Ausführung von Bauwer aus Beton im Moor, in Moorwässern und ähnlich zus mengesetzten Wässern. Aufgest. vom Deutschen Aussc für Eisenbeton, Arbeitsausschuß II (Moorausschuß), zember 1926. Berlin 1927, Wilhelm Ernst & Sohn. Preis 0,30 *M.*

Edifici scolastici italiani primari e secondari. Von L L. Secchi. Milano 1927, Ulrico Hoepli. 1. Bd.: 228 S. 2. Bd.: Atlas mit 52 Taf. Preis zus. 60 Lire.

Ist Gußbeton wirtschaftlich? Von L. Baumeister. lin 1927, Julius Springer. 100 S. m. 43 Abb. Preis 7,5

Der Zement. Von Richard Grün. Berlin 1927, Ju Springer. 173 S. m. 90 Abb. u. 30 Zahlentaf. Preis 1

Der Bauingenieur in der Praxis. Von Theodor Janss 2. neubearb. Aufl. Berlin 1927, Julius Springer. 49 Preis 23,50 *M.*

Flugzeugbau und Luftfahrt, 4. H.: **Grundlagen der F lehre.** Von E. Pfister. 1. T.: Luftkräfte. Charlot burg 1927, C. J. E. Volckmann. 87 S. m. 59 Abb. P 2,50 *M.*

Eisenbahn- oder Wasserstraßenförderung. Eine Entgegn von E. Giese. Berlin 1926, Verlag „Verkehrstechn 40 S. Preis 7 *M.*

Meßkarten zur Ermittlung der Azimutgleichen. Von Immler. Berlin 1927, M. Krayn. Preis 5 *M.*

Grundzüge der Bergwirtschaftslehre. 1. T.: Allgem Bergwirtschaftslehre. Von A. Dahms. 3. Aufl. I zig 1927, A. Deichertsche Verlagsbuchhandlung. 7 Preis 3 *M.*

Schweizer Schriften für rationelles Wirtschaften, 1. **Zur Psychologie des Anlernens und Einübens im W schaftsleben.** Von A. Carrard. Zürich 1927, H & Co. 67 S. m. Abb. Preis 4 Frs.

Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, 219. **Drei grundlegende und gemeinverständliche Arbeiten Scheinwerferfrage.** Von A. Mangin u. W. Tschi lew. Uebers. von A. Sonnenfeld. Leipzig 1 Akademische Verlagsgesellschaft. 133 S. m. 48 Abb. 1 5,60 *M.*

Sammlung Göschen, 966. Bd.: **Radiotechnik.** 4. T.: St quellen für Röhrenempfangsgeräte. Von Richard brecht. Berlin und Leipzig 1927, Walter de Gru & Co. 108 S. m. 61 Abb. Preis 1,50 *M.*

Modernes Buchführen. Tendenzen und Methoden. Von Seidel. Leipzig und Wien 1927, Franz Deuticke. 14 m. 35 Abb. Preis 6 *M.*

ZUSCHRIFTEN AN DIE REDAKTION

Die Ausflußformel von de Saint-Venant und Wantzel

Der Aufsatz von Dr.-Ing. Kretzschmer, Z. Bd. 70 (1926) S. 980, gibt mir Anlaß, auf eine Besonderheit des Meßverfahrens mit Stauvorrichtung hinzuweisen, auf die ich bereits in einer früheren, bisher nicht veröffentlichten Arbeit aufmerksam machte. Gl. (33) im Aufsatz von Dr. Kretzschmer lautet:

$$G = f\,\alpha' \sqrt{2\,g\,\frac{p_1}{v_1}\,\frac{k}{k-1}\left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k+1}{k}}\right]} \quad . . \quad (1).$$

Durch Erweiterung mit

$$\frac{p_1 - p_2}{p_1 - p_2}\,\frac{p_1}{p_2} = \frac{p_1 - p_2}{p_1}\,\frac{\frac{p_1}{p_2}}{\frac{p_1}{p_2} - 1}$$

erhält man:

$$G = f\sqrt{\frac{2\,g}{v_1}\,(p_1 - p_2)}\;\alpha \sqrt{\frac{k}{k-1}\,\frac{\frac{p_1}{p_2}}{\frac{p_1}{p_2} - 1}\left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k+1}{k}}\right]} \quad (2).$$

Der Faktor α' (vergl. Gl. (29) und (31) im Aufsatz) ist:

$$\alpha' = \frac{\eta\,\mu}{\sqrt{1 - m^2\,\mu^2}} \sqrt{\frac{1 - m^2\,\mu^2}{1 - m^2\,\mu^2\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{2}{k}}}} \quad . . . . \quad (3).$$

Durch Einführung dieses Faktors und der Bezeichnungen:

$$\varphi = \frac{p_1}{p_2}; \quad \psi = m\,\mu = \frac{f}{F_1}\,\mu; \quad E = \frac{1}{\sqrt{1 - \psi^2}}$$

erhält Gl. (2) folgende Form:

$$G = \eta\,\mu\,f\sqrt{\frac{2\,g}{v_1}\,(p_1 - p_2)}$$

$$\times E \sqrt{\frac{1 - \psi^2}{1 - \frac{\psi^2}{\varphi^{\frac{2}{k}}}}\,\frac{k}{k-1}\,\frac{\varphi}{\varphi - 1}\left[\left(\frac{1}{\varphi}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{1}{\varphi}\right)^{\frac{k+1}{k}}\right]} \quad . \quad (5).$$

Erweitert man den Wurzelausdruck noch mit $\varphi^{\frac{2}{k}}$, so wird

$$G = \eta\,\mu\,f\sqrt{\frac{2\,g}{v_1}\,(p_1 - p_2)}\;E \sqrt{\frac{1 - \psi^2}{\varphi^{\frac{2}{k}} - \psi^2}\,\frac{k}{k-1}\,\frac{\varphi - \varphi^{\frac{1}{k}}}{\varphi - 1}} \quad (6).$$

Setzt man

$$A = \sqrt{\frac{1 - \psi^2}{\varphi^{\frac{2}{k}} - 1}\,\frac{k}{k-1}\,\frac{\varphi - \varphi^{\frac{1}{k}}}{\varphi - 1}} \quad . . . . . \quad (7),$$

so erhält man die von mir früher abgeleitete Form der Gleichung

$$G = \eta\,\mu\,f\sqrt{\frac{2\,g}{v_1}\,(p_1 - p_2)}\,E\,A \quad . . . . . . \quad (8).$$

Da der Faktor A nach einer höheren Funktion vom Druckverhältnis abhängig ist, kann er von den Anzeigegeräten nicht voll berücksichtigt werden, bei denen lediglich die Wurzelwerte aus dem Druckunterschied proportional zur Durchflußmenge gesetzt werden.

Um den Gütegrad eines Meßgerätes beurteilen zu können, ist es notwendig, daß man ein Bild von diesem Fehler bei den wechselnden Durchflußmengen erhält. Die Durchflußmenge ist

$$G = c\sqrt{p_1 - p_2} = c\,\sqrt{p_1}\,\sqrt{1 - \frac{p_1}{p_2}} = c\,\sqrt{p_1}\,\sqrt{1 - \frac{1}{\varphi}} \quad (10),$$

worin c eine Konstante ist. Da sich der statische Druck im allgemeinen nicht ändert, kann $\sqrt{p_1}$ als Konstante aufgefaßt werden. Also ist die Durchflußmenge proportional $\sqrt{1 - \frac{1}{\varphi}}$.

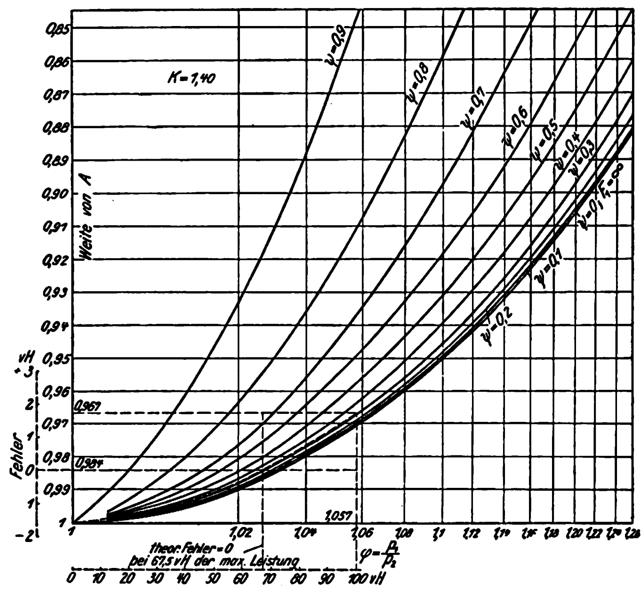


Abb. 1
Abhängigkeit des Faktors A vom Druckverhältnis

In Abb. 1 wurde daher die Abszissenachse nach $\sqrt{1 - \frac{1}{\varphi}}$ eingeteilt, während die Werte von $\varphi = \frac{p_1}{p_2}$ angeschrieben wurden. k ist (für Luft) mit 1,40 eingesetzt.

An einem Beispiel sei der Gebrauch dieses Diagramms erläutert: Beträgt das Querschnittsverhältnis $\psi = 0{,}315$ und für die größte Durchflußmenge das Druckverhältnis $\varphi = 1{,}057$, so wird $A = 0{,}967$. Findet kein Durchfluß statt, so ist stets $p_1 = p_2$ und damit $A = 1$. A ist also mit der Durchflußmenge veränderlich. Die Linie, die den zugehörigen Wert von A angibt, ist gestrichelt. Sie beginnt stets im Scheitelpunkt des Diagramms und reicht bis zu dem Punkt, der dem Höchstwert von φ entspricht. In die Berechnung der Stauvorrichtung führt man zweckmäßig einen mittleren Wert ein, der im vorliegenden Falle mit $A = 0{,}984$ angenommen sei und der mittleren Belastung des Venturirohres entspricht.

Da die Abszissenachse proportional zur Durchflußmenge eingeteilt ist, so kann man im vorliegenden Fall sofort Teile der Durchflußmenge ablesen. Die Einteilung der Ordinate nach den Fehlergrößen findet man, wenn man darauf die Abweichung der A-Werte von den wirklichen multipliziert mit 100 einträgt. Die Einteilung kann verschiebbar angebracht werden, da sie für alle Fälle nahezu gleich bleibt. Auf diese Weise erhält man die Fehlerkurve des vorliegenden Falles. Der größte theoretische Fehler beträgt $\approx \pm 1{,}6$ vH. Bei der normalen Durchflußmenge von 67,5 vH beträgt der Fehler Null.

Pittsburg, Pa., U. S. A. [M 228] Fritz Niesemann

Abnahmeversuche an Turbokompressoren

In Z. Bd. 71 (1927) Nr. 6 S. 196 nennt Obering. Rollwagen Verbrauchzahlen für Kondensationspumpensätze mit Dampfantrieb, die als außerordentlich hoch bezeichnet werden. Die erörterten Werte des Mehrverbrauches sind aber nicht unmittelbar gemessen, sondern als Unterschiede großer Zahlen, z. B. für Verdichter Nr. 4 18 500 und 17 050 kg/h, errechnet, und eine Unsicherheit von 1 vH in den Ausgangswerten beeinflußt den Unterschied erheblich.

Erfahrungsgemäß verbraucht die Kondensation bei elektrischem Antrieb und 12 bis 15 m Förderhöhe der Kühlwasserpumpen, die auch das Kühlwasser für die Zwischenkühlung der Luft fördern, rd. 4 vH der Hauptturbinenleistung. Man kann wirtschaftlich den Dampfantrieb nur mit dem Betrage belasten, der diese 4 vH übersteigt; das sind bei den Versuchen von Rollwagen weitere 3 bis 4 vH, die man z. B. in rohen Betrieben, die bei elektrischem Antrieb durch Kurzschlüsse und dergleichen häufiger gestört werden würden, allenfalls in den Kauf nehmen kann.

Gleichwertig wird der Dampfantrieb dem elektrischen, wenn der Wirkungsgrad der Hilfsturbine gegenüber dem

der Hauptturbine gerade um die elektrischen Übertragungsverluste zurücksteht. Da die inneren Turbinenverluste zum Teil durch die Gefällevermehrung infolge der Erhöhung der Temperatur des weiterverarbeitenden Dampfes wiedergewonnen werden, genügen tatsächlich etwa 65 vH Turbinenwirkungsgrad. Eine solche Turbine kann man auch bauen. Vor allem muß ihre Dampfmenge möglichst groß sein, da bei größerer Dampfmenge die Querschnitte zunehmen, Radreibungs-, Rand- und Undichtheitsverluste daher abnehmen. Bei gleicher Leistung läßt sich die Dampfmenge nur dadurch vergrößern, daß das Gefälle verkleinert, d. h. der Gegendruck, mit dem der Abdampf der Hilfsturbine in die Hauptturbine strömt, heraufgesetzt wird. Damit ist der weitere Vorteil verknüpft, daß man bei wirtschaftlich durchaus möglichem Baustoffaufwand das richtige Verhältnis von Dampf- und Umfangsgeschwindigkeit $\left(\frac{c_0}{u}\right)$ einhalten kann. Wenn der Dampf in der Hilfsturbine bis auf Kondensatordruck entspannt wird, ist das nicht möglich; dagegen kann man in neuzeitlichen, vielstufigen Turbinen immer eine Stufe mit höherem Druck finden, in die man den Abdampf der Hilfsturbine mit guter Verwertung einleiten kann. Mit zunehmender Leistung wird der Dampfantrieb der Pumpensätze wirtschaftlich immer günstiger und kann für große Leistungen bei Verwendung vielstufiger hochwertiger Gegendruckturbinen dem elektrischen überlegen sein.

Daß die Schluckfähigkeit des Niederdruckteiles für den übrigen Abdampf durch den der Hilfsturbinen unzulässig verkleinert wird, ist nicht richtig. Man muß nur dem Entwurf die richtigen Abdampfmengen zugrundelegen, die Düsen und Schaufeln des Niederdruckteiles also entsprechend den tatsächlichen Abdampfmengen bemessen. Ist das aus irgendeinem Grunde nicht richtig getroffen, oder steigt z. B. im Laufe der Zeit durch Vergrößerung der Seilgeschwindigkeit die Abdampfmenge der Fördermaschinen, die die Turbine verarbeiten soll, so werden im allgemeinen geringfügige Veränderungen an den Abdampf-Einströmdüsen genügen, um die Schluckfähigkeit des Niederdruckteiles im gewünschten Maße zu vergrößern. Zuweilen kann man auch die folgende Stufe entschaufeln, um durch Senkung des Zwischendruckes das Druckgefälle für die Abdampf-Einströmdüsen zu vergrößern, so daß die Dampfmenge je Düse steigt. In jedem Falle sind diese Veränderungen so einfacher Art, daß hieraus ein ernsthafter Einwand gegen den Dampfantrieb der Hilfsturbinen nicht hergeleitet werden kann.

Berlin Dr.-Ing. Rudolf Landsberg

Entgegnung

Die von Dr. Landsberg eingeschickte sachliche Ergänzung meiner Arbeit möchte ich nicht ohne Erwiderung lassen, da darin der Verbrauch der Hilfsturbine und sein Einfluß auf die Hauptturbine allzugering als Ergebnis der Rechnung angegeben werden. Die Wirklichkeit liegt leider nicht so günstig. Als Ergänzung meiner Versuchsangaben und die beste Widerlegung der Ansicht von Dr. Landsberg sei auf die mir bekannte beste Arbeit auf diesem Gebiet hingewiesen: „Beitrag zur Frage des Kondensationsantriebs bei Dampfturbinen" von Ebel, Essen, erschienen in der Zeitschrift „Glückauf" Bd. 9 (1925) S. 241. Darin wird das Ergebnis von Versuchen an 23 Turbinen mitgeteilt, und es bewegt sich der Verbrauch der Hilfsturbine zwischen 22 und 41,5 vH von dem der Hauptturbine bei Nennlast und der als Mehrverbrauch bezeichnete Wert zwischen 7,4 vH und 21,5 vH. Es ist auch beachtenswert, daß Ebel im Anschluß daran auf meine frühere Arbeit in der Zeitschrift „Archiv für Wärmewirtschaft" hinweist und darauf, daß seine Werte wesentlich höher als die von mir gemessenen liegen. Am Anfang der Arbeit ist ausgesagt, daß die Hilfsturbinen einen wesentlichen Teil der Schluckfähigkeit des Niederdrucks der Hauptturbinen für sich beansprucht haben, also nichts andres als auch das von mir auf Grund meiner Messungen Gesagte.

Als Ergänzung hierzu möchte ich noch darauf hinweisen, daß bei einer von mir abgenommenen 8000 kW-Turbine mit Dynamo die Höchstleistung von 8000 kW auf 9200 kW stieg, sobald die Hilfsturbine von Zwischenstufenbetrieb auf Auspuff umgestellt wurde. Die Aufgabe des Konstrukteurs, eine möglichst wirtschaftliche Hilfsturbine zu bauen, ist dadurch erschwert, daß der Gegendruck je nach der Belastung der Hauptturbine stark schwankt, in einem Fall zwischen Luftleere und 2,5 at. Richtig ist, daß der Mehrverbrauch durch Unterschiedmessung nur mit gewisser Unsicherheit ermittelt wurde.

Einwandfrei möglich ist die Ermittlung des Verbrauchs durch Kondensatmessung. Bei zwei von mi[r] untersuchten Turbinen von je 16 000 kW Nennleistung wir[d] der Abdampf der Hilfsturbine unmittelbar dem Kondensator zugeführt und bei den Messungen zu 6 vH des an[...]teiligen Verbrauchs der Hauptturbine ermittelt, und zwa[r] in ganz einwandfreier Weise durch unmittelbare Kondensa[t]messung. Aus wirtschaftlichen Gründen sind in der gle[i]chen Anlage drei weitere Turbinen von je 16 000 kW m[it] mit elektrischem Antrieb der Hilfsturbinen ausgefüh[rt]. Deren Verbrauch wurde nur zu 4 vH der Leistung d[er] Hauptturbine ermittelt.

München-Gladbach Rollwagen

Rückäußerung

Um die Erörterung zum Abschluß zu bringen, begnü[ge] ich mich mit dem Hinweis, daß meine Einwände die m[ir] bekannte Arbeit von Ebel in gleicher Weise treffen, ab[er] im übrigen der Vergleich zwischen den dort und von Ro[ll]wagen erwähnten kleinen Maschinen offenkundig älte[rer] Bauart und der großen 16 000 kW-Turbine mit anteil[ig] jedenfalls kleinerer Pumpenleistung nicht stichhaltig ist.

Meine wesentlichen Behauptungen, daß die Hilfsturbi[ne] nur durch Vergrößerung der Dampfmenge, d. h. He[r]aufsetzen des Gegendruckes, dem elektrischen Pump[en]antrieb gleichwertig werden kann, und daß die Schlu[ck]fähigkeit von Abdampfturbinen auch bei Dampfantrieb [der] Hilfsmaschinen sich mit einfachsten konstruktiven Mitt[eln] auf die gewünschte Höhe bringen läßt, betrachte ich n[icht] als widerlegt.

Berlin Landsberg

Entgegnung

In seiner zweiten Erwiderung bringt Dr. Landsb[erg] in zwei genauen Zusammenfassungen zum Ausdruck, [daß] es sich bei ihm um Vorschläge handelt, wie der Betr[ieb] mit Hilfsturbine möglichst wirtschaftlich gestaltet wer[den] kann und daß sich durch zweckmäßige Abmessungen [...] eine unzulässige Beeinträchtigung der Schluckfähigkeit [ver]meiden läßt. Dagegen ist natürlich nichts einzuwenden, [doch] zeigen meine Versuche und noch mehr die Versuche Ebels, [daß] die Praxis bis jetzt andre Wege gegangen ist, und z[war] auch bei ganz neuen Maschinen und bei solchen für K[om]pressoren auch großer Abmessungen. Es handelt sich [...] um den Gegensatz zwischen dem, was ist und was sein kön[nte].

München-Gladbach Rollwage[n]

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

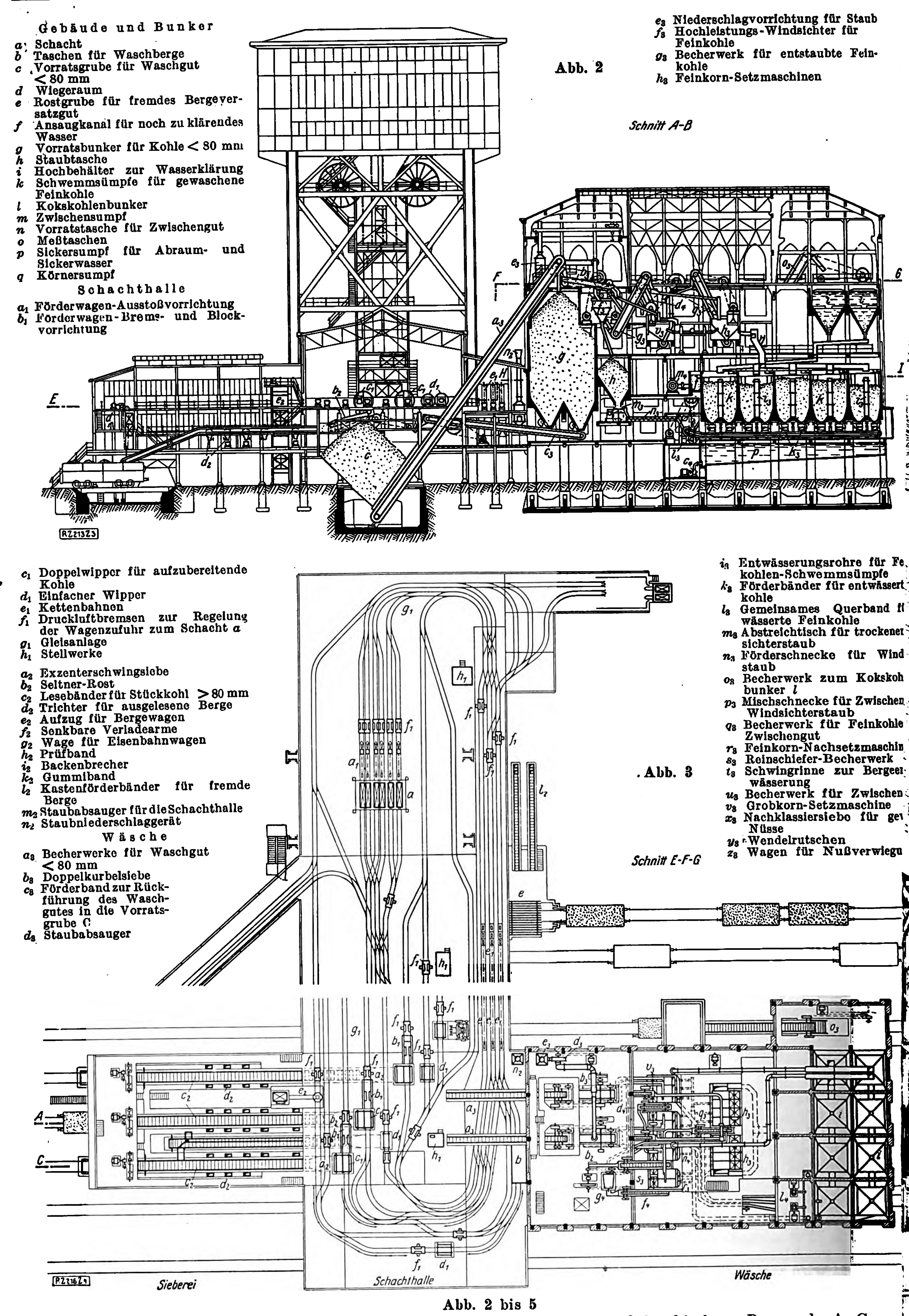


Abb. 2 bis 5

Kohlenaufbereitungsanlage der Zeche Minister Stein in Dortmund, Gelsenkirchner Bergwerks-A.-G., ausgeführt von der Gewerkschaft Schüchtermann & Kremer, Dortmund. Förderung je Schicht 2500 t Fettkohle. Leistung der Sieberei 220 t je Stunde und System. Leistung der Wäsche 125 t je Stunde und System.

fast ganz unter Ausnutzung der Schwerkraft im Laufe der Verarbeitung wieder nach unten gelangen kann. Zum Ausgleich von Förderschwankungen sind die Vorratbunker g eingebaut, in die das Waschgut unmittelbar aus den Becherwerken a_3 fallen und über das Band c_3 zur Becherwerksgrube c zurückgeführt werden kann. Auf den Doppelkurbelsieben b_3 wird die Kohle in die Größen 80 bis 30, 30 bis 10 und 10 bis 0 mm unterteilt. Der über den Vorklassiersieben b_3 auftretende Staub wird von dem Sauger d_3 angesaugt und in der Niederschlagvorrichtung e_3 von der mitgeführten Luft befreit. Die vorklassierte Rohkohle wird den auf einer gemeinsamen Bühne, Abb. 6, angeordneten Setzmaschinen zugeführt, Abb. 7 und 8.

Von den Grobkorn-Setzmaschinen v_3, Abb. 7, gelangen die reinen Nüsse über die Nachklassiersiebe x_3 und die Wendelrutschen y_3 in die Nußtaschen o, aus denen sie nach vorherigem Abbrausen mit Frischwasser auf den Fehlkornsieben a_4 über die ausziehbaren und heb- und senkbaren Verladerutschen b_4 bei gleichzeitiger Verwiegung durch die Wagen z_3 in Eisenbahnwagen verladen werden. Das hierbei anfallende Fehlkorn wird aus dem Sickersumpf p mit der Kreiselpumpe c_4 in den Körnersumpf q gedrückt. Die unreinen Berge der Grobkorn-Setzmaschine werden in der Grobkorn-Nachsetzmaschine n_4 in Reinberge und Zwischengut getrennt, das nach dem Aufschließen in dem Walzenbrecher e_4 zusammen mit dem

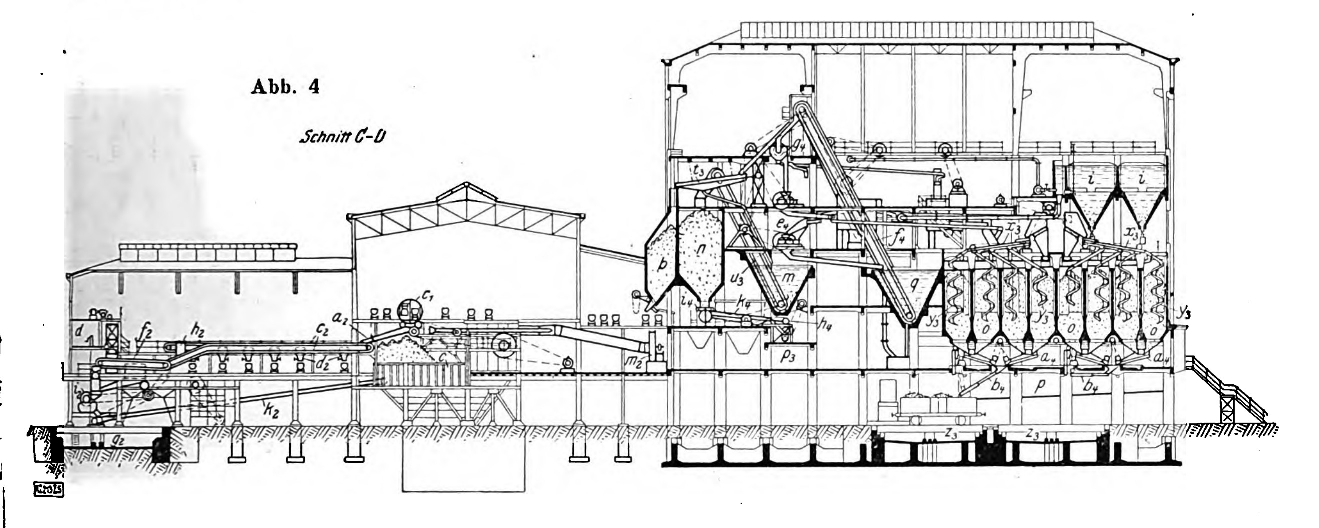


Abb. 4

a_4 Abbrausesiebe für Nüsse
b_4 Schwenkbare Verladerutschen
c_4 Kreiselpumpe für Sickerwasser
d_4 Becherwerk für Grobkorn-Nachwaschgut
e_4 Walzenbrecher zum Zerkleinern des groben Zwischengutes
f_4 Becherwerk für Nüsse
g_4 Prüftrommel für Nüsse
h_4 Förderschnecke für Windsichterstaub
i_4 Abstreichteller für Zwischengut
k_4 Entwässerungsschwingrinne für Zwischengut
l_4 Kreiselpumpen für Klärwasser
m_4 „ „ noch zu klärendes Wasser
n_4 Grobkorn-Nachsetzmaschine

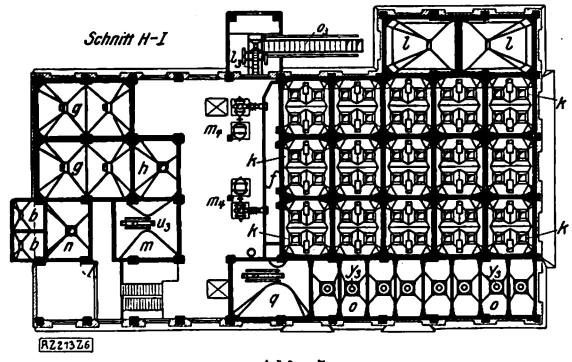
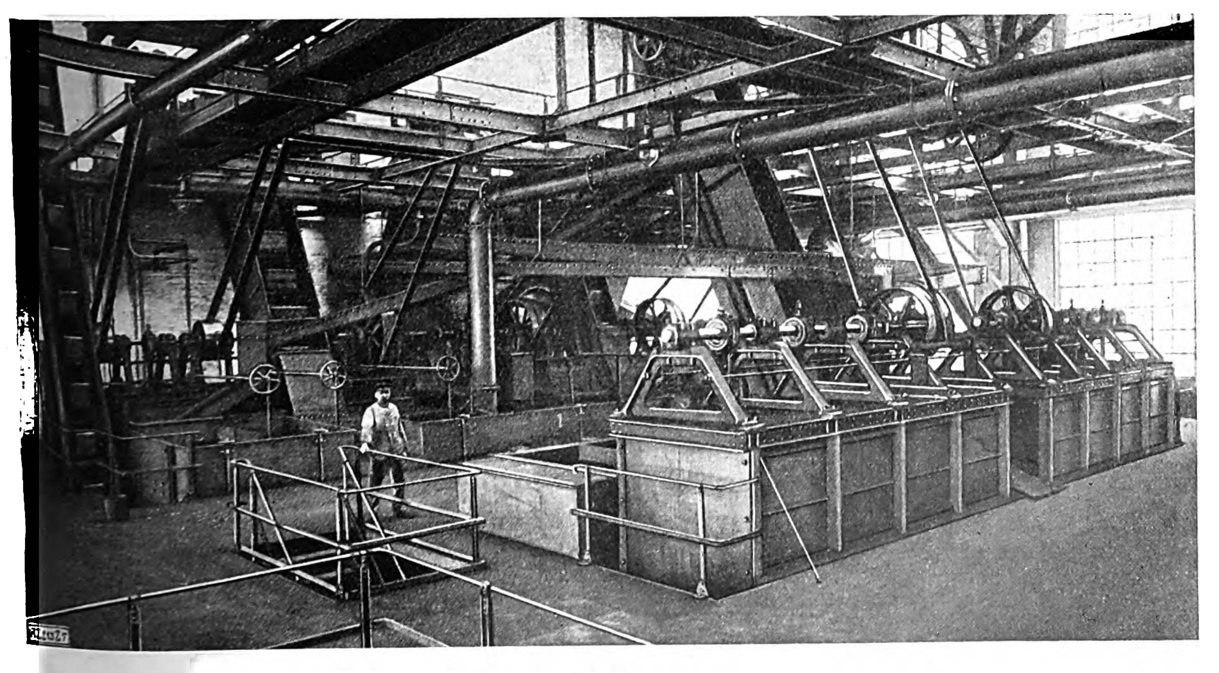


Abb. 5


Abb. 6
Setzmaschinenbühne

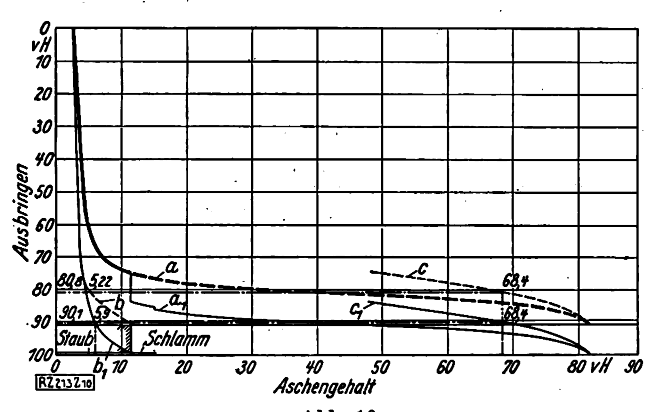


Abb. 10
Waschkurven der Rohfeinkohle

a Kurve des Aschengehaltes der Rohfeinkohle		ohne Zusatz von Staub und Schlamm
b „ „ „ „ Kohle		
c „ „ „ „ Berge		
a_1 „ „ „ „ Rohfeinkohle		bei Zusatz von 8,7 vH Windsichterstaub mit 18,58 vH Asche und 0,6 vH Schlamm mit 15,3 vH Asche
b_1 „ „ „ „ Kohle		
c_1 „ „ „ „ Berge		

feinen Zwischengut über dem Sumpf m in die Vorratstasche n geführt wird. Das Zwischengut wird von hier aus über den Abstreichteller i_4 einer Entwässerungsschwingrinne k_4 aufgegeben und kann dann in der Mischschnecke p_3 mit dem durch die Förderschnecke h_4 aus der Staubtasche h herausgeförderten Windsichterstaub vermengt werden, ehe es zum Kesselhaus gelangt.

Auf ihrem Wege zur Setzmaschine durchwandert die Feinkohle die Hochleistungs-Windsichter f_3, die der Kohle den nichtwaschbaren Staub[1]) entziehen und ihn in der Staubtasche h abgeben. Die in den Feinkorn-Setzmaschinen h_3, Abb. 8, gewaschene Feinkohle fließt zusammen mit den aus dem Hochbehälter i kommenden Schlämmen in Rinnen, in die 15 mit Entwässerungsrohren i_3 ausgerüsteten Schwemmsümpfe k von je 130 t Inhalt, in denen sich die Kohle im Verlauf von 16 bis 20 h auf 11 bis 10 vH Feuchtigkeit entwässert. Die entwässerte Feinkohle gelangt durch Öffnungen im Boden der Entwässerungstürme über die Bänder k_3 auf das gemeinschaftliche Querband l_3, auf dem ihr mit Hilfe des Abstreichtisches m_3 und der Schnecke n_3 aus der Tasche h herangebrachter Windsichterstaub zugemischt wird. Die im Unterfaß der Feinkorn-Setzmaschinen h_3 anfallenden unreinen Feinberge werden in der Feinkorn-Nachsetzmaschine r_3 nachgewaschen und in Kohle, die der Kokskohle in den Schwemmsümpfen k zugegeben wird, und reine Berge getrennt.

Das gesamte im Umlauf befindliche Waschwasser gelangt aus den Setzmaschinen in die Sümpfe k, m, q und sammelt sich nach dem Übertritt über die Wandungen dieser Sümpfe in dem Eisenbetonkanal f, Abb. 6, aus dem es die

[1]) Z. Bd. 70 (1926) S. 521 u. f.

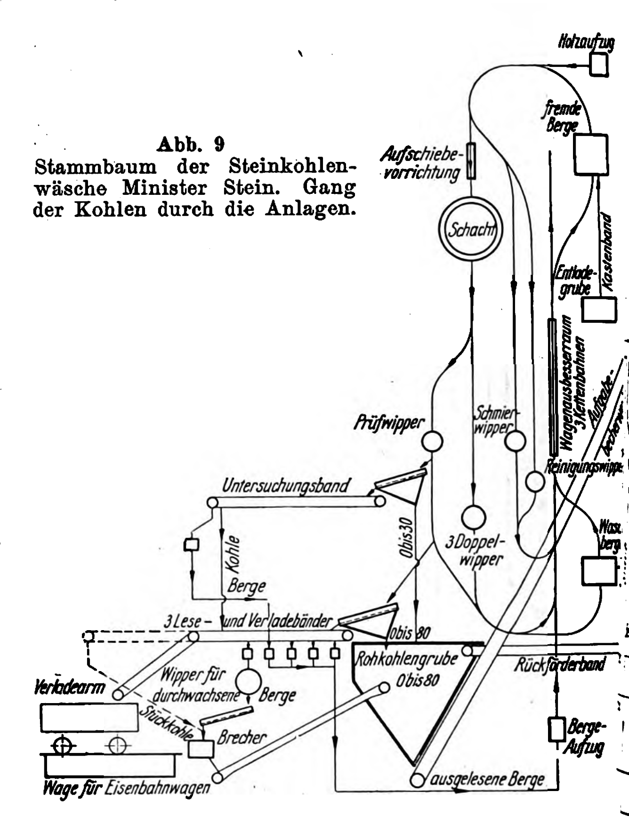


Abb. 9
Stammbaum der Steinkohlenwäsche Minister Stein. Gang der Kohlen durch die Anlagen.

Kreiselpumpen m_4 in die hochliegenden Klärbecke[n] zurückschaffen. Oberhalb des Hochbehälters ist ein[ge]nügend großer Raum freigehalten, um gegebenenfalls [bei] sich ändernden Kohlen- oder Absatzverhältnissen eine [An]lage zur Schwimmaufbereitung von Schlämmen einbauen [zu] können. Den Gang der geförderten Kohlen durch die [An]lagen, Abb. 1, zeigt der Stammbaum, Abb. 9. Ein Teil [der] in den Stammbaum eingetragenen Vorrichtungen ist noch nicht ausgeführt oder wird nicht benutzt (der [ge]strichelte Teil, Abb. 9).

Die Zusammensetzung der Rohfeinkohle gab bei [der] Voruntersuchung das in der Waschkurve wiedergege[bene] Bild, Abb. 10. Hieraus ergibt sich bei Einbeziehung [der] Schicht mit 40 vH Asche als aschenreichster Schich[t in] die Reinkohle der mittlere Aschengehalt der gewasch[enen] Kohle zu 5,22 vH bei einem Ausbringen von 80,8 vH [und] einem mittleren Aschengehalt der Berge von 68,4 [vH]. Durch die Zugabe von 0,6 vH Schlamm mit 15,13 vH A[sche] und 8,7 vH trockenem Windsichterstaub mit 11,58 vH A[sche] zur entwässerten Feinkohle, wodurch auch der Endwa[sser]gehalt der Feinkohle günstig beeinflußt wird, läßt [sich] unter Beibehaltung der Schicht mit 40 vH Asche als as[chen-]

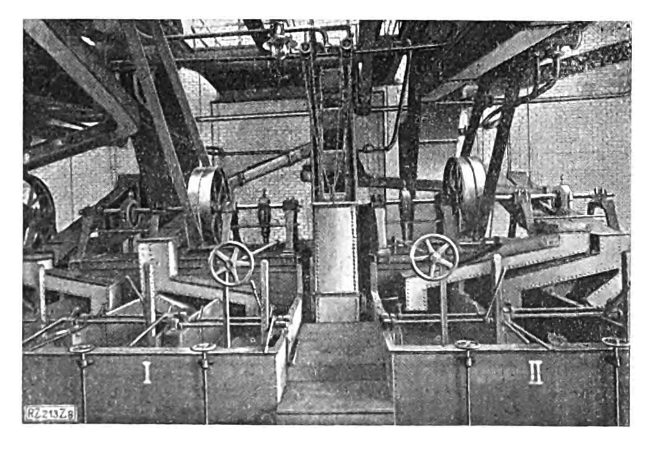


Abb. 7
Grobkorn-Setzmaschinen

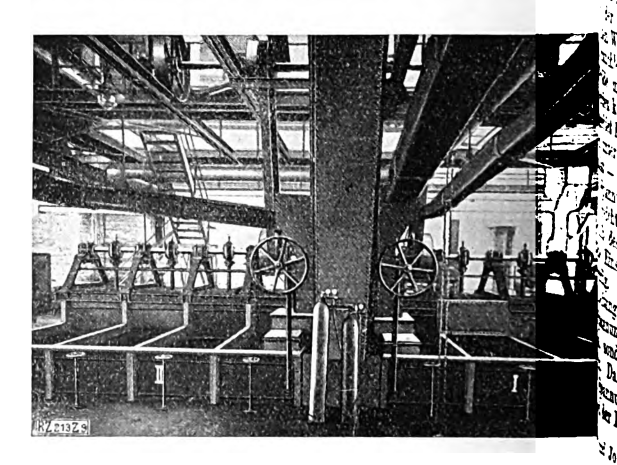
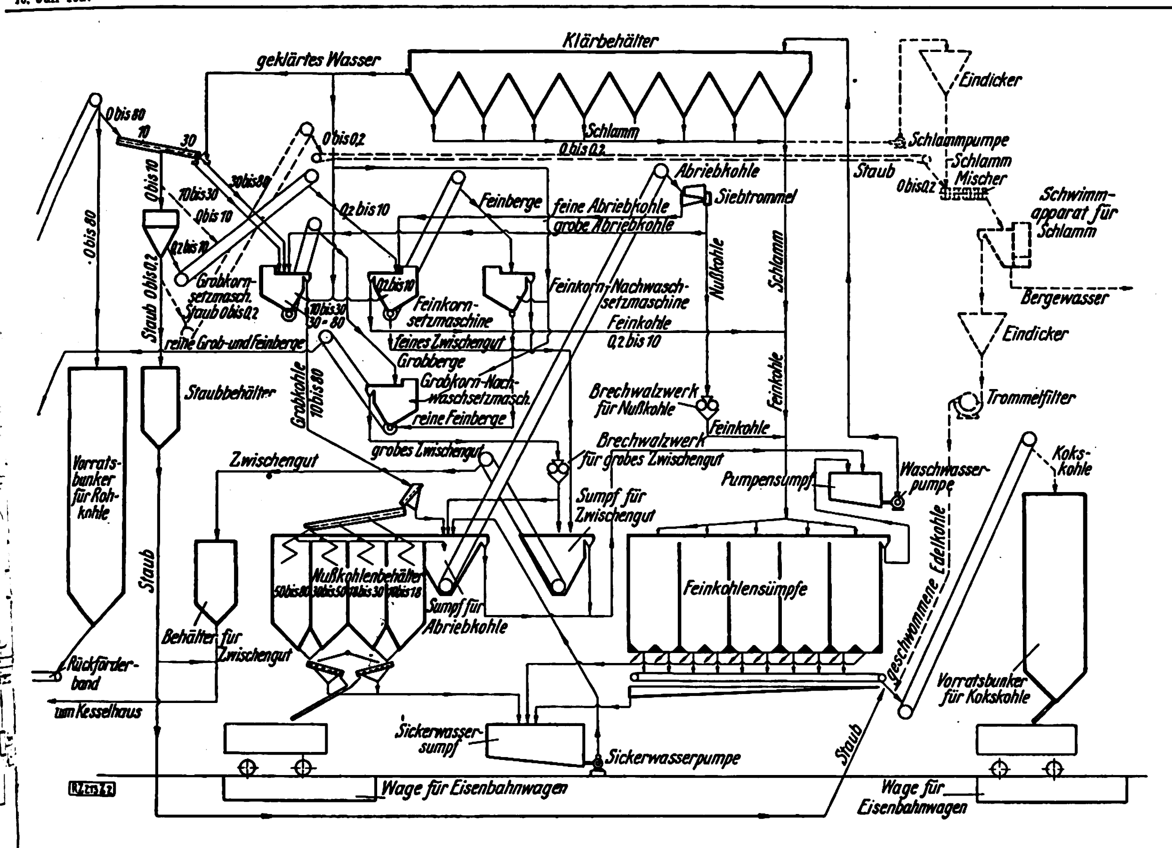


Abb. 8
Feinkorn-Setzmaschinen





…ichster Schicht in der Reinkohle ein Feinkohlenaus…ingen von 90,1 vH bei einem mittleren Aschengehalt der …inkohle von 5,9 vH erzielen.

Das Gebäude der Kohlenwäsche ist, wie fast alle …eren Wäschen, in Eisenbeton hergestellt. Die Bau…sführung ist insbesondere deshalb bemerkenswert, weil …m erstenmal ein amerikanischer Insley-Gießturm von …m Höhe von der Firma Heinrich **Butzer**, Dortmund, …nutzt wurde, um den gesamten Bau im Gußbeton…rfahren herzustellen. Zur möglichst gleichmäßigen Be…stung des Baugrundes ist das Wäschegebäude, das eine …rundrißausdehnung von 49,77 m Länge und 25 m Breite, …i einer größten Höhe von 39,1 m hat, auf einer 1450 m² …ßen Eisenbeton-Rippenplatte gegründet. Bei den Schwemmsümpfen wurden mit Rücksicht auf die notwendige vollkommene Wasserdichtigkeit sogenannte Sternkehlen vorgesehen, die einen allmählichen Übergang von den steifen Ecken zu dem schwächeren elastischen Mittelteil der Wand bilden.

Die Anlagen sind von der Maschinenfabrik Gewerkschaft Schüchtermann & Kremer, Dortmund, in Verbindung mit der Zechendirektion der Vereinigten Stahlwerke A.-G. entworfen und ausgeführt worden. Die Eisenkonstruktionen für den Förderturm zur Schachthalle und Verladung sind von der Abteilung Dortmunder Union der Vereinigten Stahlwerke A.-G. geliefert, während die Betonkonstruktion der Wäsche von der Firma Heinrich Butzer, Dortmund, hergestellt wurde. [B 213]

…euere Messungen mit dem Klydonographen

Mit dem Klydonographen (Wellenschreiber)[1]) sind viele …rsuche ausgeführt worden, um seine Eignung für den …aktischen Betrieb festzustellen[2]). Als Feinmeßgerät für …erspannungen kann der Klydonograph nicht angesehen …rden, da die ermittelten Werte erhebliche Streuung zeigen. …gegen ist er gut brauchbar als Anzeigegerät für Über…[illegible]ngen, deren Größe und Art mit hinreichender Genau[illegible] geschätzt werden können.

[illegible] Verwendungsgebiet liegt ungefähr zwischen 2,5 und …0 [illegible] bei Spannungen unter rd. 2,5 kV — der Wert dieser Grenzspannung schwankt — treten keine Lichtenbergschen Figuren auf, weil das Spannungsgefälle für das Entstehen der Polbüschel nicht ausreicht. Zum Feststellen von Überspannungen, die oberhalb des angegebenen Verwendungsgebietes liegen, ist die Einschaltung eines kapazitiven Spannungsteilers notwendig. Da die Kapazitäten des Klydonographen und der Leitungen eine Änderung im Übersetz[illegible]verhältnis des Spannungsteilers hervorrufen, dürfen die [illegible] nicht einzeln, sondern nur in betriebsmäßiger Schal[illegible] geeicht werden. Das Übersetzungsverhältnis ist anf[illegible] bei 50 Hertz[3]), Spannungsstößen und Hochfrequenz ver[illegible]; darauf ist bei der Eichung zu achten. Um Vergleiche zu ermöglichen, ist es zweckmäßig, die Länge der Polbüschelfäden in den Lichtenbergschen Figuren auf ein Einheitsdielektrikum umzurechnen, bei Verwendung photographischer Platten z. B. auf 1 mm Plattendicke; die Umrechnung kann mit Hilfe eines Schaubildes erfolgen.

An der 110 kV-Leitung Etzdorf — Chemnitz-Süd wurden durch einen Klydonographen Wanderwellen eines Wellenerzeugers aufgezeichnet, der aus zwei Kondensatoren mit einer Funkenstrecke bestand. An der Hand von mehr als 600 Klydonogrammen wurde ermittelt, daß sich der Klydonograph zur Feststellung der Anzahl, des Vorzeichens und der ungefähren Höhe von Überspannungswellen gut eignet, wenn man keine übermäßigen Anforderungen an die Meßgenauigkeit stellt. [N 557] Pa.

[1]) [illegible] Bd. 68 (1924) S. 859 und Journ. of the Am. Inst. of El. Eng. Bd. 44 (1925) S. 1094.

[2]) Hescho-Mitteilungen Heft 34 (Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren-G. m. b. H.)

[3]) Perioden in der Sekunde.

Autogyro-Wasserflugzeug

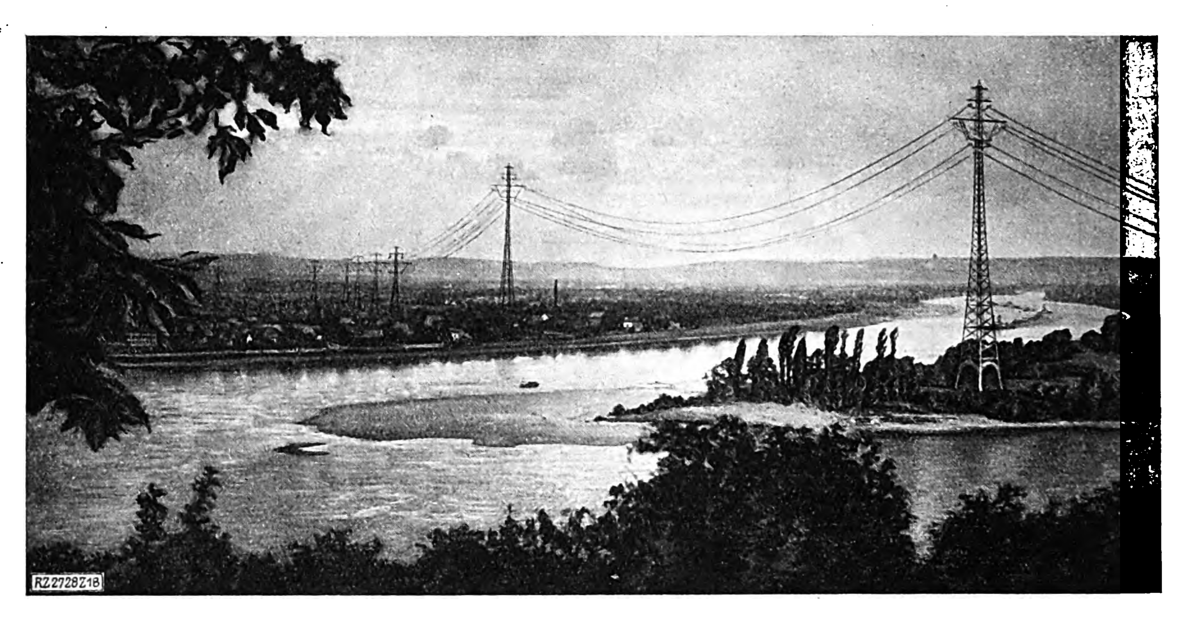
Im Auftrage des Air Ministry sind mehrere Landflugzeuge, Bauart „Autogyro" des Konstrukteurs de la Cierva[1]), ausgerüstet mit 120 PS-Motoren, gebaut worden. Die mit Erfolg durchgeführten Untersuchungen werden jetzt auch mit Wasserflugzeugen fortgesetzt werden. Auf Veranlassung des Air Ministry wird zur Zeit ein mit einem 450-pferdigen Bristol-Jupiter-Motor ausgerüstetes Wasserflugzeug mit einer Autogyro-Hubschraube hergestellt. Bemerkenswert an dieser Bauart ist die hohe Motorleistung. („The Engineer" 1. Juli 1927 S. 1) [N 625 d] Gw.

[1]) Z. Bd. 69 (1925) S. 1422 und Bd. 71 (1927) S. 651.

Zur Entwicklungsgeschichte der Hohlseile

Von Dr.-Ing. August Fuchs, Berlin

Die Schaffung von Hohlseilen ist begründet durch die Notwendigkeit, elektrische Freileitungen für sehr große Leistungen und Entfernungen bei wirtschaftlichstem Baustoffaufwand zu bauen. Gestaltung der Hohlseile mit und ohne Stützorgan sowie mit bedingt wirkendem Stützorgan. Festigkeitsprüfungen. Verlegung von Hohlseilleitungen in Deutschland[1]



Rheinkreuzung der Hohlseil-Fernleitung des Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerkes bei Koblenz

Der Gedanke der wirtschaftlichen Ausnutzung unserer Kraftquellen zwingt die Technik der elektrischen Kraftübertragung zur Bewältigung immer größerer Leistungsmomente, d. h. zur Übertragung großer Leistungen auf weite Entfernung. Um höchste Wirtschaftlichkeit zu erzielen, ist es dabei notwendig, höhere Übertragungsspannungen als bisher zu wählen. Aus den bisherigen Hochspannungsanlagen in der Größenordnung von 100 kV werden Höchstspannungsanlagen mit neuen Verhältnissen und neuen Aufgaben.

Vor allem machen sich bei diesen hohen Spannungen zwei Erscheinungen an den Leitern selbst immer mehr bemerkbar: Glimmverluste (Korona) und Hautwirkung (Skineffekt), die berücksichtigt werden müssen. Glimmverluste treten auf, sobald die elektrische Feldstärke an der Draht- oder Seiloberfläche einen gewissen Wert übersteigt. Diese Feldstärke ist abhängig von der Betriebspannung, der Leiteranordnung am Mast, dem Seildurchmesser und der Oberflächenbeschaffenheit des Seiles. Bei den bisher gebräuchlichen Übertragungsspannungen und den unter Berücksichtigung der Übertragungsleistungen gewählten Freileitungsabmessungen blieben die Glimm- und Strahlungsverluste innerhalb praktisch bedeutungsloser Grenzen. Anders liegen die Verhältnisse bei Betriebspannungen von 200 kV an aufwärts. Bei den durch die Übertragungsleistung vorgeschriebenen Abmessungen treten bei diesen Spannungen durch die Koronawirkung Verluste auf, die die Anlage derartiger Leitungen unwirtschaftlich machen würden. Durch Vergrößerung der Leiterabstände und des Leiterdurchmessers ist es möglich, sie innerhalb wirtschaftlich tragbarer Grenzen zu halten. Dabei kommt man zu Leiterabmessungen, die bei Verwendung der bisher gebräuchlichen Vollseile sehr hohe Anlagekosten bedingen würden. Der Leiterdurchmesser muß erhöht werden bei Innehaltung des durch die Übertragungsleistung bedingten wirtschaftlichen Querschnittes.

Es gibt für jede Hochspannungs-Übertragungsanlage bei gegebenem Leistungsmoment einen wirtschaftlichen Leiterdurchmesser, der durch das Verhältnis der Ank kosten bei steigendem Leiterdurchmesser zu den Ko der Strahlungsverluste bei dem betreffenden Leiterdu messer bestimmt ist. Die Gesamtwirtschaftlichkeit w um so höher, je weiter sich bei gleichem Strompreis Verhältnis zugunsten des größeren Leiterdurchmes verschiebt. Demnach wird also am wirtschaftlichsten Leiter großen Durchmessers sein ohne größeren als d die Übertragungsleistung gegebenen Leiterquerschnitt

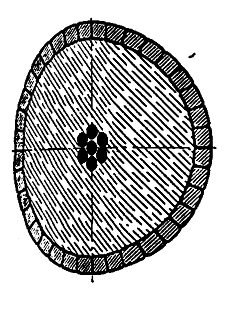
Diese Überlegung führt also zu einer hohlen rohrförmigen Ausbildung der Leiter, bei der sich Außendurchmesser nach der zu benutzenden Span richtet, während die Wanddicke durch den zu benutze Querschnitt für die Stromübertragung festgelegt wird. dieser hohlen Ausbildung werden gleichzeitig un Zusatzverluste durch Stromverdrängung (Skineffekt) mieden. Baut man derartige Hohlseile aus Runddr auf, so erhält man eine verhältnismäßig rauhe Oberf und dadurch zusätzliche Koronaverluste. Es ist zweckmäßiger, die Oberfläche glatt zu gestalten und gemäß das Hohlseil aus Einzeldrähten von rings ähnlichen Querschnitten zusammenzusetzen. Als M werte für den Durchmesser derartiger Leiter kann annehmen:

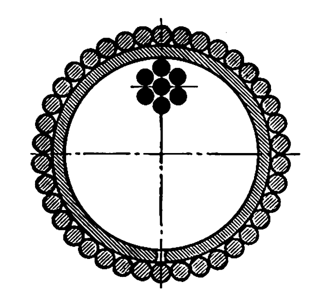
für 200 kV etwa 25 mm,
„ 300 „ „ 35 „ ,
„ 400 „ „ 45 „ .

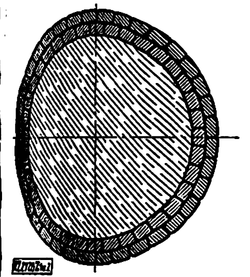
Bereits im Jahre 1919 wurde den Siemens-Schu Werken ein grundlegendes Patent[2]) erteilt, worin Erkenntnisse ausführlich niedergelegt sind, und das für die ganze weitere Entwicklung der Höchstspan Hohlseile die Grundlage gibt. Das Patent schütz seilte Hochspannungsleiter mit einem geschlossenen mantel aus Einzeldrähten von ringstückförmigen schnitten, die um eine Seele großen Durchmessers ordnet sind; die Seele als Stützorgan kann in beli Form ausgestaltet werden. Durch Vergrößerun Leitermantels und Ausbildung mit glatter Oberfläch den die Glimm- und Strahlungsverluste soweit he setzt, daß bei Verwendung solcher Leiter mit Höchs nungen wirtschaftlich gearbeitet werden kann.

[1]) Vergl. Schien, Vortrag in der Jahresversammlung 1926 des Verbandes Deutscher Elektrotechniker, ferner W. Wolff, Die Entwicklung der Hohlseile, ETZ Bd. 47 (1926) S. 969.

[2]) DRP Nr. 393 516.







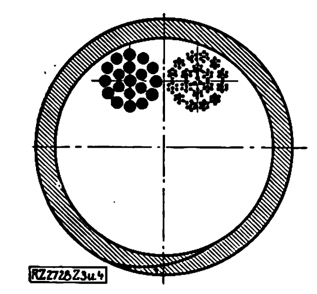


Abb. 1 und 2
Hochspannungsleiter, Bauart SSW

Abb. 3 und 4
Hohlseil, Bauart AEG

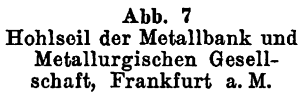
Die weitere Entwicklung der Hohlseile ist in Deutschland untrennbar mit dem Namen des Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerkes (RWE), Essen, verknüpft, das mit einer vorbildlichen technischen Großzügigkeit die Aufgabe stellte, Freileitungseile auf der eben genannten Grundlage herzustellen, und das ihre Entwicklung besonders durch Versuchstrecken und durch Probeverlegung hervorragend förderte.

Gestaltung der Hohlseile und Prüfergebnisse

Es war also die Aufgabe zu lösen, Seile mit großem Außendurchmesser und verhältnismäßig kleinem kreisringförmigem Querschnitt — also Hohlseile — herzustellen, deren mechanische Eigenschaften denen von Vollseilen gleichkommen. Dabei macht es besondere Schwierigkeiten, den Hohlseilen genügende Widerstandfähigkeit gegen radialen Druck zu geben. Nach der Lösung dieser Aufgabe unterscheidet S c h i e n drei Gruppen von Hohlseilen:

1. Hohlseile mit Stützorgan,
2. Hohlseile, die sich selbst stützen,
3. Hohlseile mit Stützorgan und bedingt sich selbst stützenden Decklagen.

1. Die ältesten Ausführungsformen eines Freileitungshohlseiles, die in dem bereits erwähnten grundlegenden Patent der SSW aus dem Jahre 1919 beschrieben sind, verwenden ein inneres Trag- oder S t ü t z o r g a n, das bei der Herstellung und im Betrieb die gegenseitige Lage der Teilleiter sichert und außerdem die axiale Zugbeanspruchung des Gesamtleiters ganz oder zum Teil aufnehmen kann, falls man weniger festen Leitungsbaustoff benutzen will, Abb. 1 u. 2. Um dieses Stützorgan aus leitendem oder nichtleitendem Werkstoff ist die Trag- oder Leiterverseilung gelegt. Eine andere Ausführungsform zeigt Abb. 3[3]). Die Leitungsdrähte sind auf einem Metallschlauch verseilt, die Zugfestigkeit übernimmt ein eigenes in den Metallschlauch eingezogenes Tragseil. Ähnlich ist eine ebenfalls dem Jahre 1922 entstammende Ausführung[4]), die den Zweck haben soll, bei bestehenden Leitungen eine Erhöhung der Betriebspannung zu ermöglichen, Abb. 4. Der Durchmesser des vorhandenen Seiles wird durch einen darübergezogenen Metallschlauch künstlich vergrößert und die dadurch entstehende zusätzliche Belastung durch ein eingezogenes Tragseil aufgenommen.



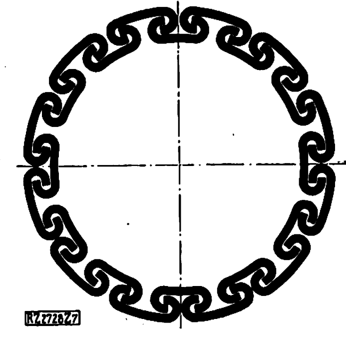


Abb. 7
Hohlseil der Metallbank und Metallurgischen Gesellschaft, Frankfurt a. M.

In der Entwicklungszeit sind nur zwei derartige Konstruktionen ausgeführt worden. Eine Bauart ist von Felten & Guilleaume entwickelt, Abb. 5, bei der um eine Runddraht-Schraubenfeder (im Anfang aus Stahl, später aus Bronze hergestellt) zwei Lagen gleicher Flachdrähte im Gegenschlag verseilt sind. Aus dem gleichen Jahr 1924 stammt die zweite Bauart[5]), Abb. 6. Über ein den Kern bildendes Tragseil ist ein Metallband hochkantig und in beliebiger Steigung schraubenförmig gewickelt. Um dieses Stützorgan werden eine oder mehrere Lagen Leitungsflachdrähte in gewohnter Weise verseilt.

2. Die Konstruktionen der Hohlseile o h n e S t ü t z o r g a n haben bisher größere Anwendung nicht gefunden. In dieser Gruppe wäre das der Metallbank und der Metallurgischen Gesellschaft, Frankfurt a. M., im Jahr 1924 geschützte Hohlseil[6]), Abb. 7, zu nennen. Es ist dadurch gekennzeichnet, daß es aus einer größeren Anzahl nebeneinanderliegender, stromleitender, zweckmäßig verdrallter

[3]) DRP Nr. 393 938 der AEG aus dem Jahre 1922.
[4]) DRP Nr. 392 076 der AEG.
[5]) DRP Nr. 416 027 der AEG. [6]) DRP Nr. 419 375.

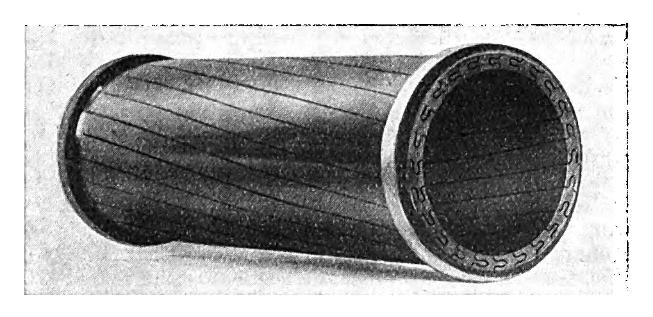


Abb. 8
Hohlseil von 42 mm Dmr., Bauart der Heddernheimer Kupferwerke

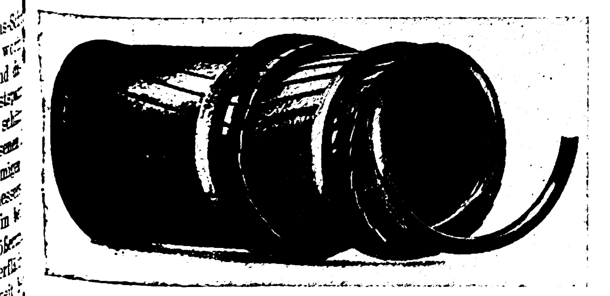


Abb. 5
Hohlseil von 42 mm Dmr., Bauart Felten & Guilleaume

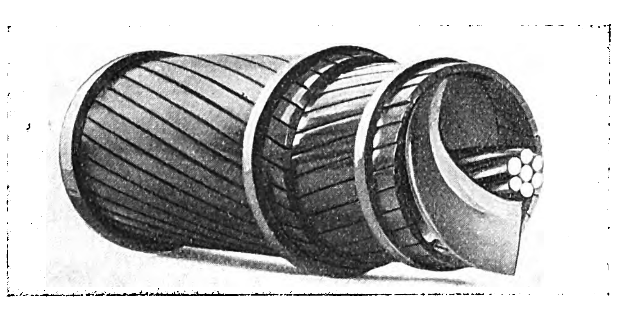


Abb. 6
Hohlseil von 42 mm Dmr., Bauart AEG



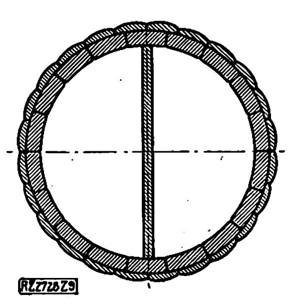


Abb. 9
SSW-Hohlseil

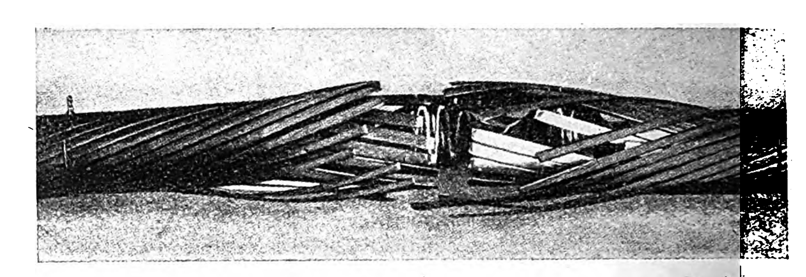


Abb. 10
Zerreißversuch an einem Hohlseil nach Abb. 9

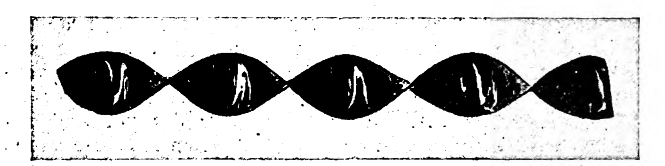


Abb. 11
Stützorgan der Siemens-Schuckert-Werke

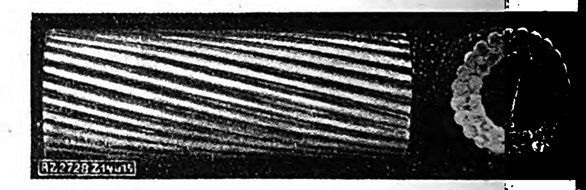


Abb. 14 und 15
Hohlseil der Anaconda Copper Mining Co.

Bänder besteht, die an ihren Rändern mit nach dem Inneren des Rohres gerichteten Falzen versehen sind, in die bandförmige Verbindungsglieder mit entsprechenden Gegenfalzen lose eingreifen. Ferner wäre das sogenannte Heddernheimer Hohlseil vom Jahr 1925 zu erwähnen, Abb. 8, das aus Bändern besteht, die mit Nut und Feder ineinander eingreifen und verseilt sind[7]). Die Konstruktionen ohne Stütze wären theoretisch wohl am günstigsten, da der ganze Baustoff mechanisch tragender Leiterquerschnitt sein könnte, dürften aber praktisch die notwendige Festigkeit gegen radialen Druck bei geringstem Leiterquerschnitt und Freibleiben von Verdrehungsspannungen nur schwer erreichen lassen.

3. Aus dieser Erwägung heraus wurden die Hohlseile **mit Stützorgan und bedingt sich stützenden Decklagen** entwickelt. Auf Grund der heutigen Erkenntnis kann wohl gesagt werden, daß diese Seile sich als durchaus betriebsicher gezeigt haben. Die beste Lösung, die den Baustoff mechanisch und elektrisch weitestgehend ausnutzt, muß mit geringstem Totgewicht arbeiten. Die Erfüllung dieser Forderung ist die Grundlage für das von den Siemens-Schuckert-Werken ausgeführte Hohlseil. Die beiden im Gegenschlag verseilten Decklagen sind so bemessen, daß die Drähte der inneren Lage einander wie Gewölbesteine in sich selbst abstützen und durch die äußeren Lagen zusammengehalten werden, Abb. 9. Sie liegen auf dem Stützorgan wie eine Balkendecke und nehmen den Hauptteil der Druckbeanspruchung bei Verlegung und Betrieb auf, während das Stützorgan, das vor allem als Lehrgerüst bei der Herstellung dient, dem Seil zusätzliche Sicherheit gibt. Dadurch ist es möglich, das Stützorgan so sehr zu entlasten, daß es im gespannten Seil keine Kerbwirkung mehr auf die Deckdrähte ausübt, die bei dieser Bauart bei Belastung bis zur Bruchlast unabhängig von der Auflagelinie auf das Stützorgan reißen, Abb. 10. Dieser teil wird sich besonders bei der Dauerbeanspruchung Betrieb bemerkbar machen.

Die Siemens-Schuckert-Werke verwenden als St organ ein um seine Längsachse verdrehtes Kupferb das zur Erhöhung der Knickfestigkeit und zur Erlang möglichst geringen Totgewichtes senkrecht zur Längsa gewellt ist, Abb. 11 und 12. Das RWE-Seil (Ausführu form 1926), zu dem die Decklagenbauart vom SSW übernommen wurde, hat als Stützorgan eine T-Dr schraubenfeder, Abb. 13, die man als eine Verbindung Stützorganes nach DRP 416 027 der AEG — und z ohne Kernseil — mit der Runddraht-Schraubenfeder, Felten & Guilleaume in ihrem Seil der ersten Gr verwenden, auffassen könnte.

Auch das Ausland hat Versuche zur Ausbildung Hohlseilen gemacht, die aber nur in Amerika zu e einigermaßen abschließenden Ergebnis gebracht wu Das Seil der Anaconda Copper Mining Co., Abb. 14 un hat ein Stützorgan aus einem I-förmigen, um seine Lä achse verdrehten Kupferband, um das zwei Lagen Kupfer-Runddrähten geschlagen sind. Das Stützorga verhältnismäßig schwer; bei einem Seil von 28 mm I wiegt es etwa 170 kg — nach einer bekannten deuts Bauart könnte es mit etwa 120 kg bei gleichem Seildu messer ausgeführt werden — und bietet dabei verhäl mäßig wenig Auflagelinie für die Deckdrähte. Die R drähte geben keine glatte Oberfläche, so daß daher Hauptwirkung, kleinste Koronaverluste zu erzielen, i erreicht ist. Ein weiterer Nachteil der Runddrähte ist Schwierigkeit, kleinste Seilquerschnitte zu erreichen. Seil von 28 mm Dmr. nach der Anaconda-Bauart 330 mm² Leiterquerschnitt; das entspricht einem Füllfa von 54 vH, der kaum mehr wesentlich unterschritten den kann. Ein Seil gleichen Durchmessers mit Fl drähten hat etwa 200 mm² Leiterquerschnitt, also e

[7]) DRP Nr. 430 826.

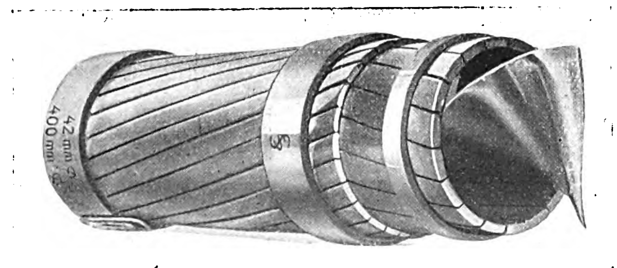


Abb. 12
Hohlseil, Bauart SSW, mit Stützorgan nach Abb. 11

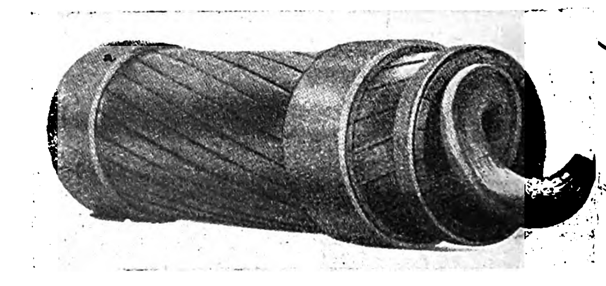


Abb. 13
Hohlseil, Bauart des RWE, mit T-förmigem Stützorg



Da bei den besten Konstruktionen das Tragorgan nur etwa 4 bis 8 vH des Gesamtgewichtes beansprucht und z. T. an der Leitung teilnimmt, so ist, elektrisch gesprochen, das Totgewicht fast null. Der Widerstand der Hohlseile berechnet sich für überschlägige Rechnungen in einfacher Weise aus dem Nenn-Querschnitt, bei Hohlseilen gleich der Summe der Einzeldraht-Querschnitte in den Decklagen, indem man für diese Leitfähigkeit $60 \frac{\text{m}}{\Omega\,\text{mm}^2}$ bei 20 ° C annimmt. Diese hohe Leitfähigkeit kommt dadurch zustande, daß etwa 65 vH des Tragorganes zusätzlichen Leiterquerschnitt bilden. Für 1 km Länge und 1 mm² Querschnitt ist demnach der Gleichstrom-Widerstand bei 20 ° C = 16,6 Ohm. Der Wechselstrom-Widerstand ist bei den großen Außendurchmessern der Hohlseile um etwa 6 bis 7 vH höher als der Gleichstrom-Widerstand.

Bei Kupferseilen dieser Bauart kann mit einer mittleren Bruchfestigkeit von 40 kg/mm² Querschnitt, bezogen auf die Summe der Einzeldrähte, gerechnet werden. Die Wärmeausdehnung gleicht der eines Vollseiles aus gleichem Baustoff. Der Elastizitätsmodul ist, wie aus Zahlentafel 1 hervorgeht, etwa der eines Vollseiles. Zur Prüfung der Druckfestigkeit wurden verschiedene Untersuchungsverfahren ausgearbeitet, die die im Betrieb und bei der Verlegung vorkommenden Beanspruchungen zwar nur unvollkommen erfassen, jedoch ebenso wie die Betriebserfahrungen zeigen, daß die Hohlseile der Gruppe 3 allen Beanspruchungen gewachsen und dabei doch wie Seile beweglich sind.

Bau von Hohlseilleitungen

Hand in Hand mit der Ausbildung der Seile ging die Ausbildung der Verlegung. Sie ist für Hohlseile von der Verlegung von Vollseilen vor allem dadurch unterschieden, daß viel größere Lasteinheiten zu bewältigen sind. Die Seile werden im allgemeinen in Längen von 1000 bis 2000 m geliefert; das gibt je nach dem Querschnitt Gewichte von 2000 bis 10 000 kg, die oft im schwierigsten Gelände bewegt werden müssen. Bei der Verlegung von Hohlseilen ist ferner zu beachten, daß sie nicht so scharf gebogen werden dürfen wie Vollseile. Dementsprechend ist das Gerät auszubilden.

Alle Schwierigkeiten, die der Herstellung und der Verlegung von Hohlseilen entgegenstanden, sind aber heute überwunden. Im Frühjahr 1926 konnte das RWE, Essen, einen 200 km langen Abschnitt von Neuenahr bis Rheinau mit Hohlseilen mit 42 mm Dmr. und 400 mm² Kupferquerschnitt ausbauen. Die Verlegung der aus zwei Systemen zu je drei Phasen bestehenden Leitung haben die Firmen AEG, SSW und Elektrobau Dessau ausgeführt. 1200 km Hohlseil wurden nach der Ausführung der RWE und der SSW, also nach dem Konstruktions-Grundgedanken der Gruppe 3, von den Firmen AEG, Felten & Guilleaume und SSW geliefert. Die mittlere Masthöhe betrug 35 bis 40 m mit bis zu 22 m breiten Auslegern, die mittlere Mastenentfernung 270 m, Abb. 16 und 17. Die größte freie Spannweite dieser Leitung hat die von den SSW mit Bronzehohlseilen von 26 000 kg Zerreißfestigkeit ausgerüstete Kreuzung des Lahntales, nahe Bad Ems, mit 864 m bei 90 m Durchhang und etwa 100 m Abstand der Leitung von der Talsohle. Einer der technisch interessantesten Punkte ist außer der von der AEG gebauten Mainkreuzung auch noch die von den SSW verlegte Rheinkreuzung nördlich von Koblenz, s. Titelbild S. 1014, wo in zwei Spannfeldern von etwa 550 m die Leitung auf 125 m hohen Gittertürmen über den Rhein geführt wird. Im Herbst 1926 ist die ganze Leitung vom Goldenberg-Werk bis Rheinau bei Mannheim fertiggestellt worden; sie ermöglicht die Kupplung von Braunkohlen- und Wasserkraftenergie zweier wichtiger Stromversorgungsgebiete Deutschlands.

Die hier in kurzen Zügen gezeichnete Entwicklungsarbeit ermöglicht einen Ausbau der elektrischen Kraftversorgung ohne Rücksicht auf Landes- und Reichsgrenze. Sie führt Deutschland wieder an die Spitze im Freileitungsbau und ist ein beredtes Zeugnis dafür, was gute Gemeinschaftsarbeit zwischen Verbraucher und Erzeugerfirma zu leisten imstande ist. [B 2728]

Neue Gemeinkostenzahlen aus dem Maschinenbau[1])

Dem Verein Deutscher Maschinenbau-Anstalten gebührt der Dank der gesamten deutschen Industrie, daß er ihr mit der Herausgabe der Seyderhelmschen Schriften (die erste Ausgabe mit den Zahlen von 1924 erschien 1925) neue Grundlagen zur Hebung ihrer Wirtschaftlichkeit erschlossen hat. Nicht minder anzuerkennen ist die von fortschrittlichem Gemeinsinne zeugende Mitarbeit der Werke, die frei von kleinlicher Geheimniskrämerei die Zahlen ihrer Selbstkostenrechnung bekanntgaben. Erst dadurch wurden die Ermittlungen möglich, die der Verfasser in mühevoller Rechnungsarbeit zu einem Gesamtbilde vereinigte. Die Schwierigkeiten solcher Betriebsvergleiche sind damit schon berührt: noch immer sind die Uneinheitlichkeit der Selbstkostenberechnung und die Scheu vor Preisgabe von „Betriebsgeheimnissen" schwer überwindbare Widerstände, die sich einer planmäßigen Auswertung solcher Vergleiche entgegenstellen.

Brachte die erste Ausgabe (VDMA-Druckschrift S. 12) nur die Ergebnisse eines Jahres, so erweitert sich im vorliegenden Hefte der Überblick zu einem Bilde der Entwicklung während dreier Jahre, in denen Beschäftigungsgrad, Löhne und Rohstoffpreise erhebliche Änderungen zeigten. Ihr Einfluß spiegelt sich deutlich und meist in ungünstiger Weise in den Betriebsgemeinkosten wider; anderseits zeigen einzelne Zahlen, wie trotz ungünstiger Wirtschaftslage durch planmäßige Rationalisierung auf Grund eingehender Selbstkostenverfolgung wirtschaftliche Verbesserungen zu erzielen sind. Überall wird klar ersichtlich, daß die übliche Berechnung der Gemeinkostensätze in vH der Fertigungslöhne kein richtiges Bild gibt; so betragen z. B. die Betriebsgemeinkosten einer Anzahl Gießereibetriebe im Mittel

	1924	1925	1926	
bei einem Beschäftigungsgrade von	72	79	41	vH
bezogen auf Fertigungslöhne . . .	310	263	294	„
dagegen bezogen auf die Fertigungsstunde	2,20	2,41	3,09	ℳ/h.

Für sechs mechanische Werkstätten einschließlich Schlosserei ergaben sich die mittleren Betriebsgemeinkosten

	1924	1925	1926	
bei einem Beschäftigungsgrade von	75	75	56	vH
bezogen auf Fertigungslöhne zu . .	203	194	269	„
bezogen auf die Fertigungsstunde	1,29	1,62	2,51	ℳ

für etwa die gleichen Werke als Gesamtbetriebe betrugen die Betriebs- und Handlungsgemeinkosten zusammen

bei einem Beschäftigungsgrade von	75	81	52	vH
bezogen auf Fertigungslöhne . . .	357	321	363	„
bezogen auf die Fertigungsstunde	2,30	2,50	3,09	ℳ/h

Für den Anteil von Nebenbetrieben und einzelnen Kostenarten an den Gemeinkosten werden mehrere umfangreiche Zahlentafeln gebracht, aus denen einige Durchschnittswerte bezogen auf die Fertigungsstunde, hier erwähnt seien:

Die Kosten betrugen	1924	1925	1926	
bei einem Beschäftigungsgrade von	77	81	51	vH
für Werkzeugmacherei und Maschinenreparatur	0,22	0,24	0,38	ℳ/h
„ Heizung der Fabrikräume . .	0,033	0,032	0,03	„
„ elektr. Strom und Kraft . . .	0,135	0,137	0,154	„
„ Gesamtgehälter	0,64	0,76	1,19	„
„ Steuern	0,24	0,15	0,20	„

Auf jeder Seite der Schrift steht so die Mahnung, durch gründliche Ermittlung solcher Kosten den Betrieb bis ins kleinste zu erforschen und die Stellen zu suchen, an denen Ersparnisse möglich sind. Unter den Beispielen ist eine über den Energieverbrauch einer nicht voll ausgenutzten Werkzeugmacherei (Gruppenantrieb von 13 Werkzeugmaschinen durch einen Elektromotor) sehr lehrreich. Nur 16 vH der dem Motor zugeführten Arbeit wurde als Zerspanungsarbeit nutzbar gemacht, während 30 vH auf Leerlaufarbeit der Werkzeugmaschinen und 54 vH auf Leerlaufarbeit der Vorgelege und des Elektromotors entfielen.

In ähnlicher Weise bieten noch viele Stellen des Betriebes Gelegenheit für Wirtschaftlichkeitsmessungen und Verbesserungen. [N 605] Zdl.

[1]) Dr.-Ing. K. Seyderhelm, „Die Entwicklung der Unkostensätze und Nebenbetriebskosten in Maschinenfabriken und verwandten Betrieben". Ausgabe II: Ziffern für 1924 bis 1926 (VDMA-Drucksache Februar 1927. S. 19, vergl. a. S. 1040 dieses Heftes).

Fortschritte im Bau von Gleiswiegevorrichtungen

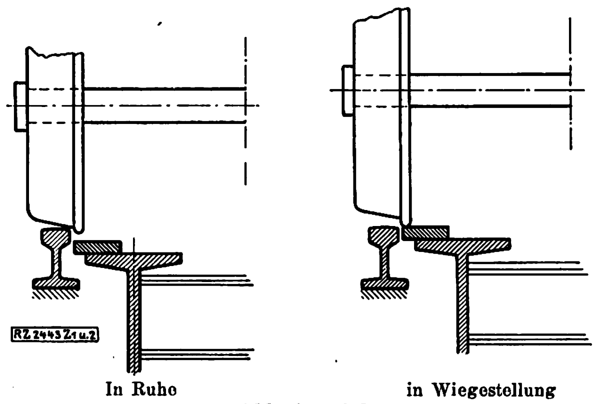
Von Dr.-Ing. Max Raudnitz, Darmstadt

Beschreibung einer Wage ohne Gleisunterbrechung der bekannten Bauart — Schwierigkeiten bei der Einführung neuzeitlicher Herstellverfahren im Gleiswagenbau — Beschreibung einer neuen Wagenbauart und ihrer baulichen, fabrikatorischen und wirtschaftlichen Vorteile — Eichergebnisse

Der Gleiswagenbau ist einer von den Herstellzweigen des Maschinenbaues, bei denen die Mannigfaltigkeit der Formen innerhalb einer Maschinengattung eine Normalisierung und Typisierung äußerst erschwert oder unmöglich macht. Die von den verschiedenen Käufern und Käufergruppen verlangten Ausführungsarten sind hier so zahlreich, daß bei den bisher bekannten Konstruktionen eine größere Reihenherstellung so gut wie unmöglich war. Es soll nun im folgenden gezeigt werden, welcher Art die Schwierigkeiten sind, die bei einer Reihenherstellung auftreten, und wie das Bestreben, sie zu beseitigen, in diesem Falle zum Beschreiten ganz neuer Wege zur Lösung der vorliegenden baulichen und fabrikatorischen Aufgaben geführt hat.

Beschreibung einer Wage bekannter Bauart ohne Gleisunterbrechung

Bei der in Deutschland heute vorherrschenden W a g e o h n e G l e i s u n t e r b r e c h u n g ist die Wagenbrücke so schmal, daß sie innerhalb der Fahrschienen angeordnet werden kann. Die Fahrschienen laufen ohne Unterbrechung an beiden Seiten der Wagenbrücke vorbei und sind fest gelagert. Im Ruhezustand liegt die Wagenbrücke so tief, daß alle Fahrzeuge, also auch schwerste Lokomotiven, über die Wage fahren können, ohne die Brücke oder den Wägemechanismus zu berühren. Soll ein Eisenbahnwagen gewogen werden, so wird er über die Wagenbrücke geschoben und diese durch Windwerk so lange angehoben, bis der Wagen mit seinen Radspurkränzen vollständig von den Fahrschienen abgehoben ist und somit von der Brücke getragen wird, Abb. 1 und 2. Obwohl die Wage ohne Gleisunterbrechung zur Entlastung einen viel größeren Arbeitsaufwand verursacht, als die ihr vorangegangene ältere Bauart, die Wage mit Gleisunterbrechung, hat sie sich wegen der größeren Schonung von Brücke und Wiegemechanismus beim Befahren mit Lokomotiven und andern Fahrzeugen, die nicht zur Verwiegung gelangen sollen, in Deutschland durchgesetzt und die Wage mit Gleisunterbrechung heute fast ganz verdrängt.



In Ruhe — in Wiegestellung

Abb. 1 und 2
Wage ohne Gleisunterbrechung

Für die Wage ohne Gleisunterbrechung hat sich im Laufe der Zeit eine Bauart herausgebildet, die grundsätzlich von allen deutschen Wagenfabriken ohne nennenswerte Unterschiede angewendet wird. Abb. 3 bis 6 zeigen eine solche Wage. Die Fahrschienen *a* liegen auf einem Rahmen aus Formeisen *b*, mit dem auch sämtliche Lagerstellen der Hebel in fester Verbindung stehen. Die Wagenbrücke, eine Eisenkonstruktion aus Formeisen, ist mittels der Pendelstützen *c* und Pendelgehänge *d* schwingend an den Hauptschneiden *s* der großen Haupttraghebel *e* (Dreieckhebel) aufgehängt. Die Lastdrücke werden durch das Hintereinanderschalten von Dreieckhebel *e* und Querhebel *f*, meist im Verhältnis 1 : 100, ins Kleine übersetzt

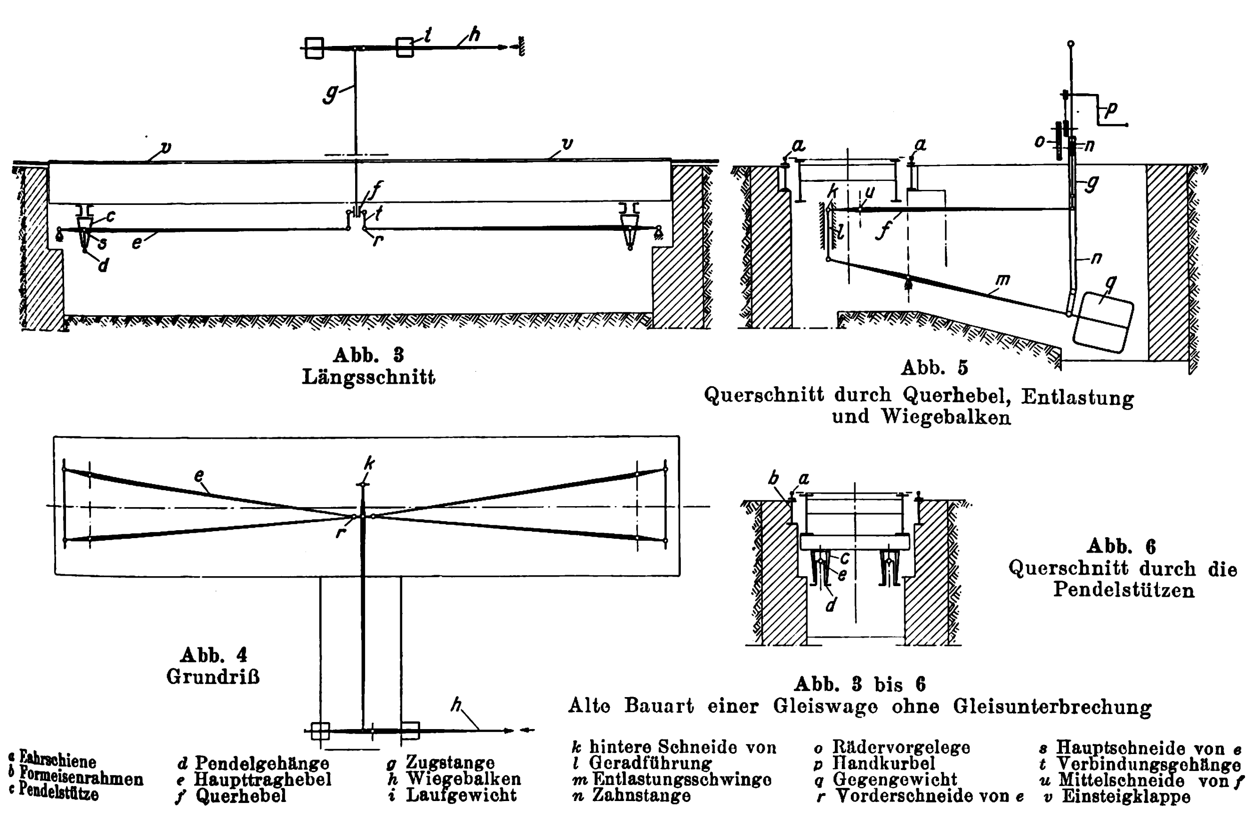


Abb. 3
Längsschnitt

Abb. 4
Grundriß

Abb. 5
Querschnitt durch Querhebel, Entlastung und Wiegebalken

Abb. 6
Querschnitt durch die Pendelstützen

Abb. 3 bis 6
Alte Bauart einer Gleiswage ohne Gleisunterbrechung

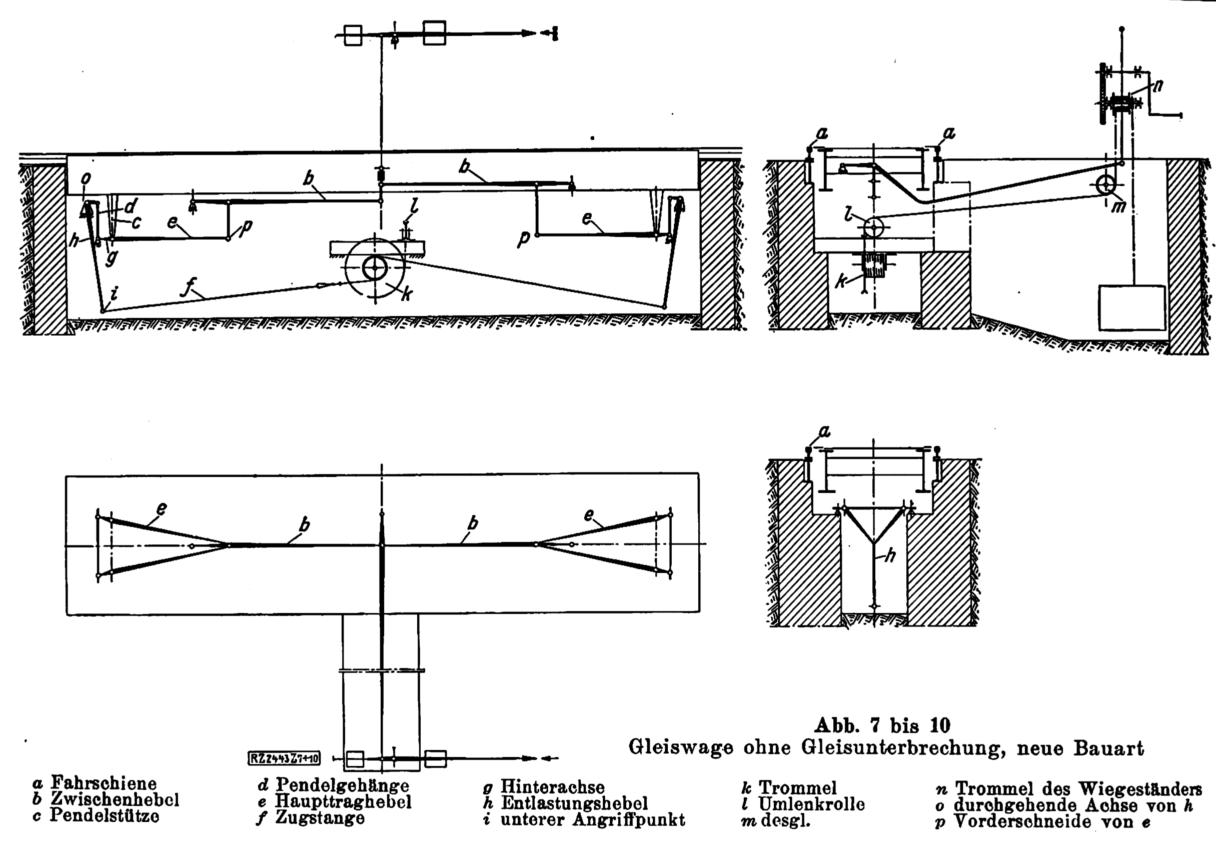


Abb. 7 bis 10
Gleiswage ohne Gleisunterbrechung, neue Bauart

a Fahrschiene
b Zwischenhebel
c Pendelstütze
d Pendelgehänge
e Haupttraghebel
f Zugstange
g Hinterachse
h Entlastungshebel
i unterer Angriffpunkt
k Trommel
l Umlenkrolle
m desgl.
n Trommel des Wiegeständers
o durchgehende Achse von *h*
p Vorderschneide von *e*

und mittels der Zugstange *g* zum Wiegebalken *h* übertragen. Ausgewogen wird dadurch, daß man durch Verschieben des Laufgewichtes *i* am Wiegebalken Gleichgewicht herstellt. Die Wagenbrücke wird bei der Entlastung ebenfalls mittels der Wiegehebel gehoben und gesenkt; zu diesem Zwecke kann die hintere Schneide *k* des Querhebels in einer Geradeführung *l* auf- und abbewegt werden. Diese Entlastungsbewegung wird durch die Entlastungsschwinge *m* eingeleitet, einen zweiarmigen Hebel, der durch eine Zahnstange *n* und das Rädervorgelege *o* von der Handkurbel *p* aus mechanisch oder auch durch Kraftbetrieb betätigt wird. Zum Zwecke der Kraftersparnis bei der Entlastung trägt die Entlastungsschwinge ein schweres Gegengewicht *q*, durch das etwa die Hälfte der zu hebenden Höchstlast ausgeglichen wird.

Nachteile der alten Bauart und Schwierigkeiten bei der Einführung neuzeitlicher Herstellverfahren

Die langen Dreieckhebel der beschriebenen Bauart erleiden bei der Belastung elastische Durchbiegungen, die mehrere Millimeter betragen und je nach der Größe der Belastung und der Brückenlänge verschieden sind. Diese große Durchbiegung ist eine erhebliche Gefahr für die Genauigkeit der Wage; denn es ist nachgewiesen worden[1]), daß die Durchbiegung der Dreieckhebel von sehr großem Einfluß auf die Größe ihres Übersetzungsverhältnisses ist. Ein weiterer baulicher Nachteil der beschriebenen Wage ist die Art der Entlastung. Um der Wagenbrücke den gesetzlich vorgeschriebenen Mindesthub von 30 mm zu erteilen, muß man die Vorderschneiden *r* der Dreieckhebel, Abb. 3 bis 6, und mit ihnen die Schneiden *k* und *u* des Querhebels um etwa 300 bis 400 mm heben oder senken; diese großen Wege sind eine erhebliche Gefahr für die Schneiden, die sich hierbei leicht in ihren Pfannen verschieben und zerstört werden können. Hinzu kommt noch, daß die Kreisbogen, die die beteiligten Schneiden hierbei beschreiben, in verschiedenen Ebenen liegen. Die Verbindungsgehänge *t* zwischen Vorderschneide des Dreieckhebels und Mittelschneide des Querhebels müssen sich hierbei schräg stellen; auch dieser Umstand ist oft die Ursache für Verlagerungen und Verformungen der Schneiden. Das Eichgesetz läßt aus diesem Grunde bei der Prüfung der Entlastung zu, daß die e zelnen Wiegeergebnisse, die bei mehrmaligem Entlas der mit der vollen Last belasteten Wagenbrücke ermit werden, untereinander Unterschiede bis zu ¼ vT Höchstlast aufweisen.

Unter den Nachteilen bei der Herstellung der bis bekannten Bauart steht an erster Stelle die Mannigfal keit der Brückenlängen und Wiegefähigkeiten. Je n den Bedürfnissen der Käufer werden Brückenlängen 7 bis 20 m und Wiegefähigkeiten von 30 bis 100 t v langt. Diese Verschiedenartigkeit hat zur Folge, daß au der Brücke auch die Dreieckhebel der jeweiligen Lä und Wiegefähigkeit angepaßt werden müssen, so daß s eine große Anzahl von Hebelbauarten ergibt; auf d Weise wird jede Möglichkeit, diese an sich teuer Wagenteile in Reihen zu fertigen, vereitelt. Von Größe der Hebelquerschnitte sind ferner die Abmessun der Pendelstützen *c* und Pendelgehänge *d* abhängig, daß sich auch bei diesen Teilen eine große Verschie heit ergibt.

Eine weitere Ursache der Mannigfaltigkeit der For ist die Verschiedenheit der räumlichen Anordnung Wiegeständers. Je nach den Ortverhältnissen muß senkrechte Abstand zwischen Zugstange des Wiegestän und Wagenmitte verschieden groß gemacht werden; in dern Fällen wiederum ist eine seitliche Verschiebung Wiegeständers aus der Wagenmitte notwendig; oft i auch der Wiegeständer mehrere Meter über dem Fußbo angeordnet werden, beispielsweise auf einer Verl rampe. Von der Lage der Mitte des Wiegeständers nun aber nicht nur die Abmessungen des Querhebels hängig, sondern auch die ganze bauliche Anordnung Entlastungsschwinge *m*, Abb. 5, die z. B. bei sehr lan Wiegeständerabständen als Sprengwerk ausgebildet w den muß, um den auftretenden Biegungsmomenten wachsen zu sein. Unter diesen Umständen sind die M lichkeiten der Reihenherstellung der Entlastungst sehr beschränkt.

Die neue Gleiswage

Das Bestreben, die beschriebenen wiegetechnisc Nachteile der bisher bekannten Bauart und die grunds lichen Hindernisse einer weitgehenden Normung beseitigen, gab den Anlaß, sowohl bezüglich des Wi

[1]) Vergl. Julius Zingler: „Ungleicharmige Wagen, im besonderen über die Abhängigkeit der Hebelverhältnisse von der Durchbiegung der Hebel"; Berlin, Julius Springer.

mechanismus als auch bezüglich der Entlastung ganz neue Wege zu beschreiten. Die neuartige Gleiswage, die von der Firma Carl Schenck, G. m. b. H., Darmstadt, gebaut wird, beseitigt nicht nur die soeben beschriebenen Schwierigkeiten, sondern bringt außerdem eine überraschend große Baustoffersparnis mit sich, die zusammen mit der Vereinfachung bei der Herstellung eine bedeutende Verringerung der Herstellkosten ermöglicht.

Die Hebelanordnung[2]) dieser Gleiswage, Abb. 7 bis 10, ist dadurch gekennzeichnet, daß der lange, schwere Dreieckhebel der bekannten Bauart in einen Satz von zwei hintereinander geschalteten Hebeln aufgelöst ist, nämlich in einen ganz kurzen Dreieckhebel *e* und einen einfachen geraden Zwischenhebel *b*. Von diesen beiden Hebeln ist der Dreieckhebel als Normalbauart in seiner Länge, die so kurz wie baulich möglich gehalten wird, fest bestimmt; er wird in dieser Form für sämtliche vorkommenden Brückenlängen verwendet; nur der einfache gerade Zwischenhebel ist je nach der Brückenlänge verschieden. Die baulichen und wiegetechnischen Vorteile dieser Hebelanordnung bestehen darin, daß der Baustoffaufwand an Schmiedestücken ganz bedeutend verringert und die Durchbiegung der Hebel bei der Belastung vermindert wird. Nach dem Grundsatz, die großen, an den Hauptschneiden der Dreieckhebel auftretenden Lastdrücke bereits innerhalb einer möglichst kleinen Strecke ins Kleine zu übersetzen, werden die auftretenden Biegungsmomente sehr stark vermindert und die bei gleicher Biegungsbeanspruchung notwendigen Hebelquerschnitte verkleinert. Zwischenhebel und Querhebel haben nur noch stark verringerte Kräfte zu übertragen und können daher auch sehr leicht gehalten werden. So beträgt in dem Vergleichbeispiel der Zahlentafel 1 die Gewichtverminderung der Dreieckhebel 75 vH, während gleichzeitig die Biegespannung verkleinert, die Durchbiegung sogar um ein Vielfaches vermindert wird; diese Verminderung der Durchbiegung ist aber, wie im vorigen Abschnitt erwähnt, von sehr günstigem Einfluß auf die Genauigkeit der Wägung.

Die Vorteile bei der Herstellung der neuen Hebelanordnung bestehen einerseits in der Vereinfachung der Schmiedarbeit infolge der geringeren Gewichte, Zahlentafel 2, und Längen, anderseits in der Beschränkung der Typenzahl. Der Dreieckhebel hat jetzt für alle Brückenlängen eine und dieselbe Länge; da außerdem die durch die verschiedenen Wiegefähigkeiten bedingten Gewichtunterschiede viel geringer sind als bei der alten Bauart, so ist es ohne Baustoffverschwendung möglich, durch Zusammenfassung benachbarter Wiegefähigkeiten mit zwei Dreieckhebelgrößen für alle die vielen Zusammenstellungen von Brückenlänge und Wiegefähigkeit auszukommen. Hierdurch ist die Vorbedingung für eine weitgehende Reihenherstellung erfüllt. Die Zwischenhebel müssen zwar der jeweiligen Brückenlänge angepaßt werden; das ist aber von geringerer Bedeutung, weil der auf sie entfallende Lohnanteil infolge ihrer einfachen geraden Form verhältnismäßig sehr gering ist. Die kurzen Dreieckhebel haben weiterhin gegenüber den langen den Vorzug, daß sie bei Ausbesserungen mühelos aus der Grube herausgenommen werden können, ohne daß die Wagenbrücke abgehoben zu werden braucht.

Die neue Hebelanordnung weist infolge des Hinzukommens der beiden Zwischenhebel gegenüber der alten einige Schneiden mehr auf. Eingehende theoretische Untersuchungen sowie die praktischen Ergebnisse zahlreicher Ausführungen der neuen Konstruktion haben aber bewiesen, daß diese Schneidenvermehrung der Traghebel auf die Empfindlichkeit und Genauigkeit praktisch nicht den geringsten Einfluß hat. Außerdem erfahren die neu hinzukommenden Schneiden nur verhältnismäßig sehr geringe spezifische Belastungen. Sämtliche Ausführungen der neuen Wage wiesen bei den amtlichen Eichungen eine Genauigkeit und Empfindlichkeit auf, die das 5- bis 10fache der vom Eichgesetz vorgeschriebenen Werte betrugen, Zahlentafel 3.

Die Pendelgehänge *d* sind bei der neuen Bauart an die Hinterachsen *g* verlegt, während die Pendelstützen *c* unmittelbar mit Pfannen auf die Mittelschneiden der Dreieckhebel drücken. Durch diese Anordnung werden die beiden Elemente von den Hebelquerschnitten unabhängig und erhalten nur eine einzige Form für alle Wagengrößen.

Die neue Erfindung[3]) beseitigt die oben beschriebenen Nachteile der Entlastung der bisher üblichen Bauart (schädlich große Schneidenbewegung und Schrägstellung der Gehänge) dadurch, daß die Hubkräfte nicht wie bisher an den Vorderschneiden *p* der Dreieckhebel angreifen, sondern an den Hinterachsen *g*. Während bei der alten Entlastung zur Erzielung des Brückenhubes $H = 35$ mm bei der Vorderschneide ein Schneidenweg von 350 mm notwendig war, ist bei der neuen Entlastung bei gleichem Brückenhub nur noch ein Weg von etwa 39 mm erforderlich; auch die Winkelausschläge werden im gleichen Verhältnis kleiner und bleiben selbst bei der Verkürzung des Dreieckhebels noch um ein Vielfaches geringer als bei der alten Entlastung. Eine Schrägstellung von Gehängen kommt jetzt überhaupt nicht mehr in Frage; denn Zwischenhebel und Querhebel bleiben bei der Entlastung völlig in Ruhe; hierdurch wird eine hohe Genauigkeit auf lange Dauer gewährleistet. Die Hinterachsen *g* der Dreieckhebel sind mittels der Pendelgehänge *d* pendelnd an den Vorderschneiden der Entlastungshebel *h* aufgehängt, eines zweiarmigen Winkelhebels, dessen Übersetzungsverhältnis so groß wie möglich gehalten ist; die beiden Hebelschenkel links und rechts sind nach Art von

[2]) DRP angemeldet.

[3]) DRP angemeldet.

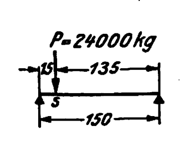
Zahlentafel 1

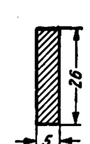
Statische Berechnung. Vergleichzahlen für die Dreieckhebel einer Gleiswage für 60 t Höchstlast und 10 m Brückenlänge der alten und der neuen Bauart

Nach der Eichvorschrift wird im ungünstigsten Falle bei einseitiger Brückenbelastung ein Dreieckhebel mit rd. 80 vH der Höchstlast, also in diesem Falle mit 48 000 kg, belastet. Jeder Hebelschenkel erfährt also 24 000 kg Druck auf seine Mittelschneide *s*

Neue Bauart

Gewichte der beiden Dreieckhebel 440 kg
„ „ gesamten Wiegehebel 750 „



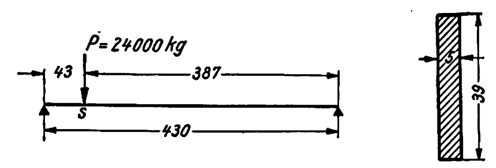


Biegungsmoment im gefährlichen Querschnitt $M_b = 324\,000$ kg/cm
Widerstandsmoment $W = 563$ cm³
$\sigma_{max} = 575$ kg/cm²

Durchbiegung für Hebel als Träger gleicher Querschnitte
$f = 0{,}014$ cm.

Alte Bauart

Gewichte der beiden Dreieckhebel 1800 kg
„ „ gesamten Wiegehebel 1950 „



Biegungsmoment im gefährlichen Querschnitt $M_b = 930\,000$ kg/cm
Widerstandsmoment $W = 1280$ cm³
$\sigma_{max} = 725$ kg/cm²

Durchbiegung für Hebel als Träger gleicher Querschnitte
$f = 0{,}096$ cm.

Die wirklichen Durchbiegungen betragen in beiden Fällen ein Vielfaches von f, da die Hebel Träger gleicher Festigkeit sind.

Dreieckhebeln zu einem starren Rahmen zusammengefaßt, der um eine durchgehende Achse *o* schwingt. Am unteren Angriffpunkt *i* des Entlastungshebels sind die Kräfte bereits so weit ins Kleine übersetzt, daß sie von hier aus mittels Drahtseil nach der Brückenmitte, und weiter unter Verwendung einer Trommel *k* und zweier Umlenkrollen *l* und *m* auf die Trommel *n* des Wiegeständers übertragen werden können. Die Wiegeständertrommel wird durch Rädervorgelege und Handkurbel, oder auch durch Kraftbetrieb betätigt. Das Eigengewicht der Brücke sucht die Entlastungshebel um ihre Achsen zu drehen und hält dadurch die Seile stets unter Spannung. Zum Entlasten wird die Handkurbel im Sinn einer Entspannung der Drahtseile so gedreht, daß die Brücke durch ihr Eigengewicht herabsinkt. Die Reibungsverluste bei dieser Entlastung bleiben sehr gering, weil für die Lagerstellen des Entlastungshebels, an dem die großen Kräfte angreifen, nur Schneiden und Pfannen verwendet werden und weil der Drahtseiltrieb einen verhältnismäßig hohen Wirkungsgrad hat. Die Seile sind so bemessen, daß sie bei den höchsten vorkommenden Belastungen nur ganz geringe elastische, aber keine bleibenden Dehnungen erfahren. Da die Seile sich über glatt gedrehte Trommeln legen, so sind sie einer geringeren Abnutzung unterworfen als die bisherigen Übertragungselemente, wie Zahnstangen, Kettenantriebe, Kettennüsse usw.

Die neue Entlastung bietet auch bei der Herstellung erhebliche Vorzüge gegenüber der alten. Unter Zugrundelegung von zwei Bauarten von Entlastungshebeln können sämtliche Entlastungsteile für alle vorkommenden Wagengrößen einheitlich gehalten werden; nur die verschiedenen Brückenlängen werden dadurch ausgeglichen, daß die Brückenseile mit verschieden langen Zugstangen *f*, Abb. 7, zusammengestellt werden. Die im vorigen Abschnitt beschriebenen Schwierigkeiten, die die voneinander abweichenden Wiegeständerabstände der Normung bereiten, werden durch die Seilentlastung vollständig beseitigt. Bei einer Vergrößerung oder Verkleinerung des Wiegeständerabstandes braucht nur das zum Wiegeständer führende Seil entsprechend länger oder kürzer gehalten zu werden, während sämtliche andern Entlastungsteile unverändert bleiben. Eine seitliche Verschiebung des Wiegeständers aus der Brückenmitte läßt sich ebenfalls in der einfachsten Weise durchführen; zu diesem Zwecke brauchen die Umlenkrollen *l* und *m* nur entsprechend gedreht zu werden.

Ergebnisse

Durch die neue Gleiswage ist auf diesem Gebiet eine Konstruktion geschaffen, die die Vorbedingungen zu einer Reihenherstellung in hohem Maß erfüllt; sie bringt ferner im Vergleich zu der bisher bekannten Bauart eine bedeutende Baustoffersparnis und gleichzeitig eine Erhöhung der Widerstandfähigkeit, Dauerhaftigkeit und Genauigkeit mit sich. Über die Größe der Materialersparnis gibt Zahlentafel 2 Aufschluß, in der die Gewichte der bisher bekannten und der neuen Konstruktion für drei verschiedene Wagengrößen gegenübergestellt sind; die Baustoffersparnis schwankt zwischen 13 und 25 vH.

Nachdem die Bauart der Wage ohne Gleisunterbrechung seit Jahrzehnten ohne größere Änderungen bestehen geblieben ist, hat sich vielfach der Brauch herausgebildet, die Güte eines Erzeugnisses nach dem Gewicht und die Preiswürdigkeit nach dem auf das Kilogramm bezogenen Preis zu beurteilen. Dies hatte bisher insofern seine Berechtigung, als bei der völligen Gleichheit aller Bauarten ein niedriges Gewicht nur durch Verwendung leichterer Profile bei Zulassung höherer Beanspruchungen der tragenden Teile zu erreichen war. Wie die vorstehenden Ausführungen gezeigt haben, ist dagegen bei der neuen Wagenkonstruktion die Baustof ersparnis nicht durch Zulassung höherer Beanspruchu gen erreicht worden, sondern durch eine sinnreiche A ordnung der Hebel, bei der, wie Zahlentafel 2 zei u. U. mehrere Tonnen Totgewicht gespart und zugleich d Baustoffbeanspruchungen verringert wurden. Man ka nicht die neue Konstruktion nach dem üblichen Wertma stab, Gewicht und Kilopreis, mit der alten vergleichen.

Für die Güte der neuen Bauart zeugen die Erge nisse der amtlichen Eichungen sämtlicher bisheri Ausführungen der neuen Bauart, von denen in Zahle tafel 3 einige zusamengestellt sind. Die Genauigkeit u Empfindlichkeit betrug ausnahmslos das 5- bis 10fac der vom Eichgesetz vorgeschriebenen Werte, so daß Wagen dieser Bauart als Präzisionswagen angesproch werden können, wenn man diesen Ausdruck auch im Gr wagenbau gebrauchen darf. Für die große Widersta fähigkeit der Traghebel zeugen die im Vergleich zu bisher üblichen Werten geringen Durchbiegungswerte, nach den neuesten Bestimmungen der obersten Eichbehör der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, Abt. I, Maß und Gewicht, ebenfalls bei jeder Eichung amtlich seits festgestellt werden und daher auch aus Zahlentaf zu ersehen sind. Die ermittelten Durchbiegungen betru durchschnittlich nur 3 mm und erreichten damit noch ni die Hälfte der vom Eichgesetz vorgesehenen Normalgr durchbiegung von 8 mm. [B 244

Zahlentafel 2
Gewichte der alten und der neuen Baua

Wiegefähigkeit . . . . . . t	40	60	[illegible]
Brückenlänge . . . . . . m	7,5	10	[illegible]
Alte Bauart . . . . . . kg	7 700	11 500	158[illegible]
Neue Bauart . . . . . . „	6 700	9 800	124[illegible]
Baustoffersparnis . . . „	1 000	1 700	34[illegible]
„ . . . vH	13	14,8	

Zahlentafel 3
Eichergebnisse der Gleiswage neuer Bau

Wiegefähigkeit . . . . t	40	50	60	40
Brückenlänge . . . . m	7,5	9	12	10
Empfindlichkeit:				
Zulage bei $^1/_{10}$ Höchstlast kg	1	2	1	5
Bleibender Ausschlag mm	2	3	2	8
Zulage bei Höchstlast kg	5	10	5	15
Bleibender Ausschlag mm	4	7	5	11
Nach Eichvorschrift hätten genügt (umgerechnet) . . . . . . mm	0,6	1	0,5	2
Hauptprüfung:				
Mittl. Fehler bei Höchstlast, beobachtet kg	2,25	1,25	3	0,7
Zulässige Fehlergrenze „	± 24	± 30	± 36	± 24
Entlastung:				
Mittlere Änderung bei dreimaliger Entlastung, beobachtet . . . . kg	0	0	0,3	0,3
zulässige Fehlergrenze „	± 96	± 12	± 14,4	± 96
Durchbiegung:				
Beobachtet bei Belastung mit . . . . t	40	40	60	40
der Traghebel . mm	4,5	2,6	3	2,5
der Brücke . . . „	3	4,6	2,5	5,5
insgesamt . . . „	7,5	7,2	5,5	8
zulässig . . . . . „	15	12	12	15
Brückenhub . . . „	34	31	30	34

Feuerwehr-Drehleitern mit Kraftantrieb

Von Oberreg.-Rat Heinrichs, Berlin-Grünau

(Schluß von S. 948)

Das Drehgetriebe

Das **Drehgetriebe** wird bei der **Magirus**-Leiter von der Hauptantriebwelle des Getriebeblocks durch ein Reibradgetriebe betätigt, Abb. 7 (S. 944) und 18. Die Übertragung der Drehbewegung von der Reibradwelle auf die Verzahnung des unteren Drehkranzes und den mit Kurbel zu betätigenden Handantrieb zeigt besonders Abb. 18.

Das **Metzsche Drehgetriebe** ist wieder als selbstsperrendes Schneckengetriebe ausgebildet, dessen Ritzel in den unteren Drehkranz eingreift. In der Fahrstellung der Leiter wird das Drehgestell durch einen Schnappstift auf dem Fahrgestell festgelegt. Auch das **Kieslichsche Drehgetriebe** nach Abb. 19 und 20 ist mit selbstsperrender Schnecke und mit Kegel- und Stirnradvorgelege ausgebildet und greift in die Innenverzahnung des oberen Drehkranzes ein. Bezüglich der elektrischen Bremsanordnung gilt das auf S. 945 Gesagte. Eine

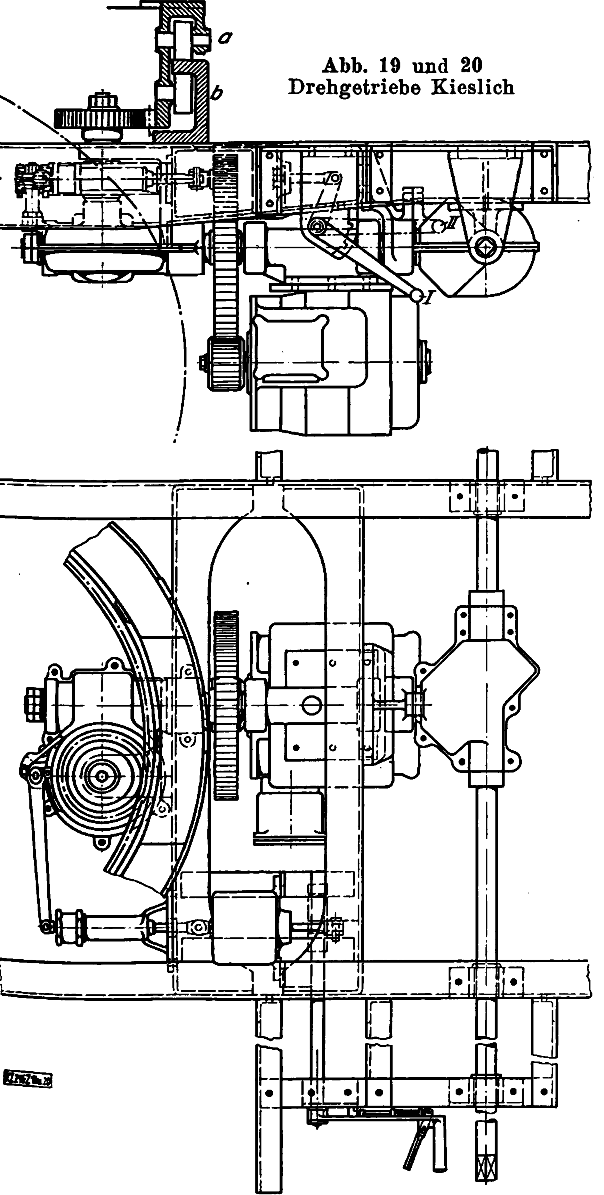


Abb. 19 und 20
Drehgetriebe Kieslich

a Oberer Drehkranz *b* Unterer Drehkranz *c* Wagenrahmen
I Stellung des Schalthebels für die Bremse bei Motorantrieb
II „ „ „ „ „ „ „ Handantrieb

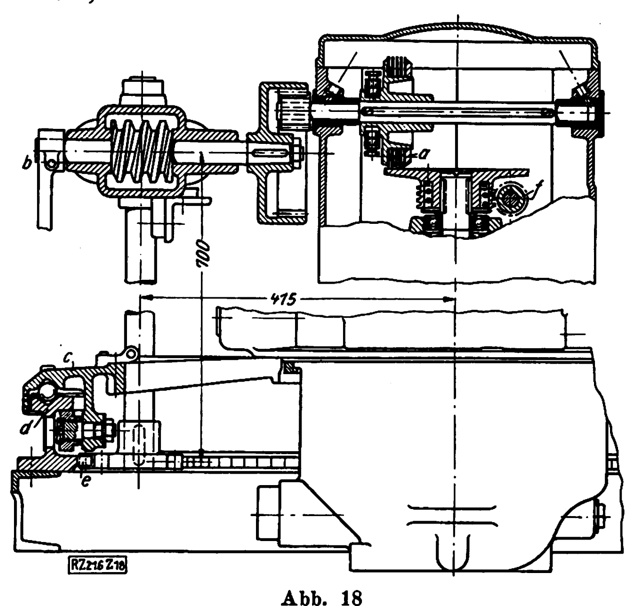


Abb. 18
Drehgetriebe Magirus

a Reibradantrieb *b* Handantrieb *c* oberer Drehkranz *d* unterer Drehkranz *e* Verzahnung *f* Schnecke zur maschinellen Seiteneinstellung

Endabstellung ist hier natürlich nicht vorgesehen, wohl aber eine selbsttätige Abstellung beim Anstoßen der Leiter gegen ein Hindernis während der Drehbewegung, vergl. den Abschnitt „Kippsicherung".

Die Seiteneinstellung

Die Seiteneinstellung dient, wie schon oben gesagt, dazu, den Stand der Leiter auf schrägem Gelände wieder auszugleichen und die Leiter gegenüber dem schrägen Stand des Fahrzeuges in eine lotrechte Lage zu bringen. In Feuerwehrkreisen ist hier noch immer der seit langem auch in der Buch- und Zeitschriften-Literatur zu findende Ausdruck „Terrainregulierung" gebräuchlich. Da aber die Leiter seitlich in die Lotrechte eingestellt werden soll, wird die Wirkung der Einrichtung durch die Bezeichnung „Seiteneinstellung" besser getroffen. Die Leiter ist um einen Bolzen schwenkbar auf dem Aufrichtrahmen gelagert. Zum Ausschwenken dient die im Aufrichtrahmen gelagerte Spindel, deren Mutter mit der Leiter verbunden ist. Die Handräder an beiden Enden der Spindel dienten bis vor wenigen Jahren allein zur Betätigung der Seiteneinstellung; Kieslich verwendet auch heute noch nur diese Handverstellung. Metz und Magirus haben zwar auch noch den Handantrieb, sie sehen aber außerdem einen maschinellen, und zwar selbsttätigen Antrieb der Seiteneinstellung vor. Hier ist Metz vorangegangen, der bald nach dem Kriege mit seiner fertigen selbsttätig gesteuerten Seiteneinstellung herauskam. Auch Magirus hat aber jetzt bei seiner neuesten Leiter eine solche selbsttätige Steuerung für die Seiteneinstellung. Sie stellt zweifellos ebenfalls eine gut durchkonstruierte und einwandfrei wirkende Bauweise dar.

Für die selbsttätige Steuerung war die Verwendung eines sich selbsttätig in die Schwerkraftlinie einstellenden Organs erforderlich, und da war das Lot, die Wage oder der Kreisel bei dem gegenwärtigen Stande der Technik das Gegebene. Sowohl Metz wie Magirus haben das Lot gewählt.

Die Steuerung für die Seiteneinstellung geschieht bei den **Magirus-Leitern** mittelbar elektromagnetisch, s. Abb. 9 und 10 (S. 945) sowie 21. Nahe dem Drehpunkt der Leiter für die Seiteneinstellung ist in einem in

der Neigungsebene der Leiter schwingenden Gehäuse ein kleines Lot untergebracht, das nur in der Seitenrichtung der Leiter schwingen kann. In der Schwingungsebene dieses Lotes sind zu beiden Seiten im Gehäuse Doppelkontakte aus Platin für die Verbindungsleitungen der Elektromagnete angebracht. Die Kontakte können durch den schiefen Stand der Leiter und den dadurch entstehenden Ausschlag des Lotes gegenüber seinem Gehäuse geschlossen werden. Am Lot selbst ist eine Rückführungsrolle angebracht, über die die Leiter beim Ablegen auf schiefem Gelände wieder in ihre alte Lage in der Fahrzeugachse geleitet werden kann. Die beiden Seitenkontakte des Lotgehäuses sind durch in Panzerschlauch gelegte Leitungen mit den entsprechenden Elektromagneten verbunden. Die Kerne der Elektromagnete sind durch einen Hebel mit der Achse des Steuerhahnes zum Ölschaltgetriebe gelenkig verbunden. Wird nun bei schiefem Stande durch das Lot mittels des Doppelkontaktes die Leitung auf einer Seite geschlossen, so wird mit dem dabei erregten Elektromagneten auch sein Kern hochgezogen, wobei der Kern durch den Hebel des Steuerhahnes zwangläufig gedreht wird. Diese Drehung bewirkt das Einschalten einer Seite des Öldruck-Schaltgetriebes, wodurch die Spindel der Seiteneinstellung so lange die Leiter verstellt, bis das Lot den Strom unterbricht, d. h. die Leiter lotrecht gestellt ist. Durch Ausschalten des Stromes mittels eines leicht zugänglichen Stromschalters kann die selbsttätige Steuerung unterbrochen werden. Ein auf der Steuerwelle angebrachtes und ebenfalls leicht zugängliches Handrad ermöglicht die Steuerung des maschinellen Antriebes von Hand. Die Leiter kann so nach Ausschaltung des Erregerstromes in der Seitenrichtung in jede gewünschte Lage gebracht werden.

Der Strom zum Erregen der Elektromagneten wird aus der auf jedem Feuerwehrfahrzeug mitgeführten 12 V-Batterie der Licht- und Anlasseranlage entnommen. Der Strombedarf für die Einrichtung ist sehr gering, nur 2 A. Der Strom wird von der Batterie zum Drehgestell der Leiter durch einen Schleifring mit Doppelkontakt geführt.

Um den Steuerhahn in der lotrechten Lage der Leiter durch die von der Leiter auf das Lot übertragenen Erschütterungen nicht in dauernder rechts- und linksschaltender Bewegung zu halten, sind die Kerne der Hubmagnete mit Ölbremsen versehen. Das Getriebe wird also erst eingeschaltet, wenn die Leiter tatsächlich eine schiefe Lage eingenommen hat.

Den maschinellen Antrieb der Verstellspindel vermitteln Kegelräder und in Rohren geführte Wellen vom Ölschaltgetriebe des Getriebeblocks aus, Abb. 9. Das

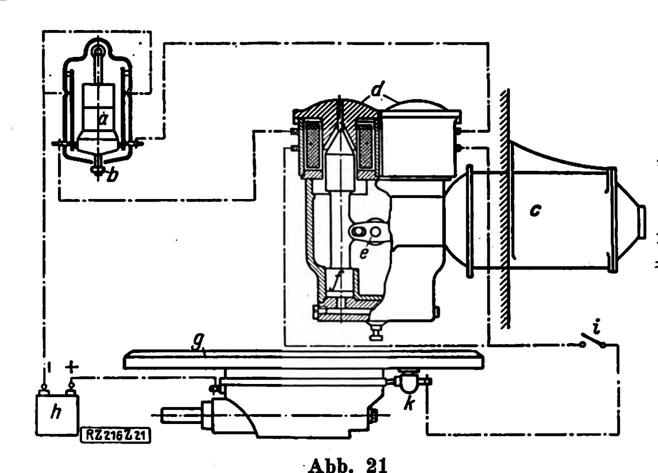


Abb. 21
Steuerung der Seiteneinstellung bei Magirus

a Lotgehäuse und Lot
b Rückführungsrolle
c Öldruck-Schaltgetriebe
d Elektromagnete
e Steuerhahn
f Öldruckbremse
g Drehkranz
h Batterie
i Stromschalter
k Schalter mit Doppelkontakt

Öldruck-Schaltgetriebe, Abb. 22, ist vollständig gekapselt und läuft im Ölbad; es wird von der Hauptwelle des Getriebeblocks aus durch Schnecke und Schneckenrad angetrieben. An dem Ölschaltgetriebe ist noch der Steuerhahn mit den Steuermagneten angebaut. Der Öldruck für die hydraulische Schaltung wird durch die Pumpe erzeugt, die auch die Getriebe für die übrigen Leiterbewegungen speist.

Außer dem maschinellen Antrieb ist noch der altbekannte Handantrieb der Verstellspindel vorgesehen.

Um bei allzugroßer Seitenneigung und selbsttätiger Einstellung ein seitliches Anlaufen der Verstellspindelmutter und damit Klemmungen und Betriebstörungen zu verhindern, hat man eine selbsttätige Sicherheitsvorrichtung eingebaut, die vor dem Anlaufen der Mutter an den Spindellagern das Getriebe abstellt.

Der Unterschied der Metzschen Seiteneinstellung gegenüber derjenigen von Magirus besteht zunächst darin, daß das Lot selbst durch sein Gewicht die mechanische Arbeit des Beeinflussens der Anlaßvorrichtung leistet.

Das Lot ist allseitig beweglich aufgehängt, Abb. 23 und 24. In einen Schlitz des Lotes greift der Zapfen einer Kurbel ein, die in einer Hülse drehbar aber seitlich unverschiebbar gelagert ist und über ein allseitiges Gelenk an eine mit dem Steuerhahn verbundene ausziehbare Welle angeschlossen ist. Von dem Steuerhahn führen Leitungen zu den Kupplungen des Wendegetriebes. Durch Schluß der einen oder der andern Kupplung wird die Bewegung der vom Fahrmotor aus betätigten senkrechten Hauptwelle des Getriebeblocks mit entsprechendem Drehsinn auf das Schneckengetriebe übertragen und von dort durch Ketten und Kettenräder auf die mit dem Aufrichtrahmen fest verbundene Spindel.

Wird die Leiter auf unebenem Boden aufgerichtet, dann schlägt das Lot seitlich aus; es verdreht infolgedessen die Kurbel und die ausziehbare Welle um ihre Längsachse, verstellt den Steuerhahn und setzt das Wendegetriebe so lange

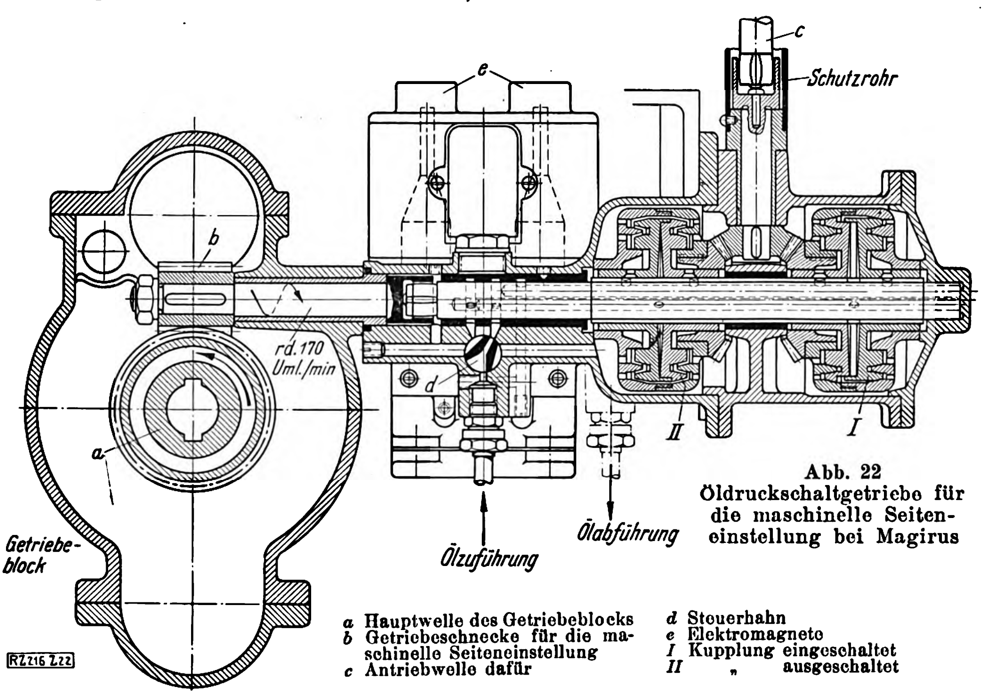


Abb. 22
Öldruckschaltgetriebe für die maschinelle Seiteneinstellung bei Magirus

a Hauptwelle des Getriebeblocks
b Getriebeschnecke für die maschinelle Seiteneinstellung
c Antriebwelle dafür
d Steuerhahn
e Elektromagnete
I Kupplung eingeschaltet
II „ ausgeschaltet

Am Hahngehäuse befinden sich der Stutzen für die Zuleitung des Druckmittels, die zwei Stutzen für die Überleitung des Druckmittels zu den Getriebekupplungen und der Stutzen zur Rückleitung des Druckmittels in den Sammelbehälter. Das in das Gehäuse eingesetzte Hohlküken, das durch das Hebelgestänge *y—y—y* in der eben beschriebenen Weise an den entsprechenden Handhebel des Steuerbocks angeschlossen ist, hat für die zu den Getriebekupplungen führenden Stutzen Durchflußöffnungen, die so bemessen sind, daß sie beim Drehen des Kükens den Querschnitt der am Gehäuse befindlichen Öffnungen innerhalb eines bestimmten Winkels nicht ausfüllen. Im Hohlküken steckt ein weiteres Küken, das durch einen Verschlußdeckel mit Stopfbüchse im Gehäuse gehalten wird und durch die ausziehbare Welle mit dem Lot verbunden ist. Der Durchfluß ist bei wagerechtem Gelände gesperrt, Abb. 27, wobei die Steuerkanten des Innenkükens die Öffnungen des Hohlkükens nach den Getriebekupplungen hin gleichmäßig überdecken. Bei Aufstellung des Fahrzeuges auf unebenem Gelände verstellt das Lot das innere Küken so, daß die eine oder andre der Steuerkanten den Durchfluß des Druckmittels freigibt und dadurch das Wechselgetriebe in Gang gesetzt wird, bis die Leiter die senkrechte Lage erreicht hat.

Abb. 23 und 24
Seiteneinstellung bei Metz

a Lamellenkupplung für das Wendegetriebe *b* Wendegetriebe für die Seiteneinstellung *c* Steuerhahn *d* Hauptwelle des Getriebeblocks *e* Verstellspindel *y* Hebel zur Betätigung des Steuerhahnes von Hand

in Bewegung, bis die Leiterlängsachse senkrecht steht. Damit aber ist die Kurbel wieder in die senkrechte Lage gekommen und somit der Steuerhahn geschlossen worden.

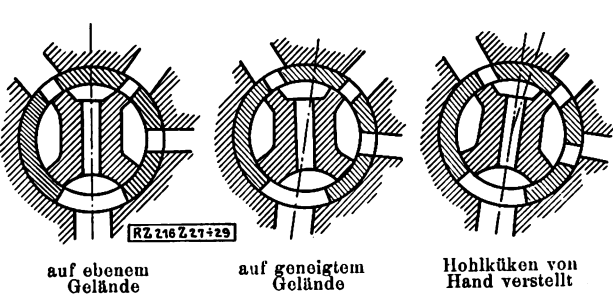
Das Anlassen des Wendegetriebes und damit die Steuerung des maschinellen Antriebes für die Verstellspindel kann auch bei Metz unabhängig vom Lot von Hand erfolgen, und zwar durch einen besonderen Hebel am Handsteuerbock, der durch das Hebelgestänge *y—y—y*, Abb. 24, den Steuerhahn betätigt.

Besonders beachtenswert ist die Ausbildung des Metzschen Steuerhahns, Abb. 25 bis 29, für das Wendegetriebe.

Wird durch den Hebel für die Seiteneinstellung am Handsteuerbock das Hohlküken von Hand um einen gewissen Winkel verstellt, so wird ebenfalls wieder die eine oder andre der Steuerkanten den Durchfluß des Druckmittels freigeben, und infolgedessen neigt sich die Leiter auch seitlich in der einen oder andern Richtung.

Das Hohlküken wird also von Hand verstellt, wenn die Leiter aus der Senkrechten seitlich herausgeschwenkt werden soll, das Innenküken aber wird durch das Lot zur selbsttätigen Seiteneinstellung betätigt. Abb. 27 zeigt die Stellung des Hahns bei Aufstellung der aufgerichteten Leiter auf wagerechtem Gelände, Abb. 28 die Stellung auf

Abb. 25 und 26
Steuervorrichtung für die Seiteneinstellung von Metz



auf ebenem Gelände — auf geneigtem Gelände — Hohlküken von Hand verstellt

Abb. 27 bis 29
Hahnstellungen für die Seiteneinstellungen von Metz bei verschiedenen Geländelagen

geneigtem Gelände, wobei der Durchfluß des Druckmittels frei und das Wechselgetriebe in Gang gesetzt ist. In Abb. 29 ist das Hohlküken von Hand verstellt, die Leiter bewegt sich aus der lotrechten Lage nach der Seite.

Beim Ablegen wird die Metz-Leiter in ähnlicher Weise wie die Magirus-Leiter selbsttätig durch das Getriebe für die Seiteneinstellung in die Lage parallel zur Fahrzeug-Längsachse zurückgeführt. Das Getriebe läßt die Leiter ebenfalls nicht über 10° seitliche Neigung kommen.

Der Leiteraufbau

Der Leiteraufbau wird in der Regel für eine Höhe von 25 bis 30 m bei vierteiliger Anordnung ausgeführt. Höhere Leitern können wohl gebaut werden (Metz hat beispielsweise 36 m hohe fünfteilige Leitern für Moskau geliefert), sie finden aber in der Praxis wenig Anwendung, da sie bei zunehmender Länge unhandlicher werden. Berlin beispielsweise bezieht auch 30 m-Leitern nicht mehr, sondern begnügt sich durchweg mit 26 m Höhe.

Die Leiterholme sind von ausgesuchtem astfreiem Fichtenholz, die Sprossen mit 30 cm Mittenabstand sind aus Eschenholz gefertigt. Die Sprossen werden mittels durch die Holme gehender Zapfen, die außen verkeilt werden, befestigt. Die Leiter erhält durch diese Sprossenbefestigungsart schon eine gewisse Seitensteifigkeit. Dem gleichen Zweck dienen die in Abständen von drei bis fünf Sprossen die Holme verbindenden Sprossenschrauben mit beiderseitig eingelassenen Muttern sowie eine Schrägenverstrebung unter den Leiterholmen. Der erste und zweite Leiterteil liegen aufeinander, die übrigen ineinander. Die drei oberen Leiterteile sind mit blanken Stahlschienen beschlagen, wodurch eine gute Führung der Leiterteile zwischen den Auflagerrollen aus Bronze und den Führungsbügeln gewährleistet wird; diese Stahlschienen geben der Leiter außerdem eine erhöhte Festigkeit. Kieslich führt die Leiterholme noch mit Nuten und Federn gegeneinander. Zur Erhöhung der Seitensteifigkeit sind weiter an den beiden inneren Seiten der Holme durchlaufende Versteifungsleisten aus Holz, sogenannte Windleisten, angebracht und mit den Holmen und Sprossen innig verbunden. Magirus führt die am meisten beanspruchten Leiterenden der ersten, zweiten und dritten Leiter mit Seitenversteifungsblechen aus, die mit den Schrägen in Verbindung stehen; weitere Seitenversteifungsbleche ordnet er über die Leiter verteilt an.

Metz gibt den Seitenversteifungsblechen in den oberen Leiterteilen die Form von längeren zusammenhängenden Blechen, die im Querschnitt muldenförmig ausgebildet sind und im Grundriß durch Ausschnitte die Form der Vierendeel-Träger erhalten. So ergibt sich eine besonders für die Aufnahme der Verwindungskräfte günstige Form der Versteifungen.

Die Tragfähigkeit der einzelnen Leiterteile wird ferner durch eine sprengwerkartige nachspannbare Stahlbandverspannung gewährleistet, deren Stützen zugleich als Führungsbügel für die nächste Leiter ausgebildet sind.

Die Auszugorgane (verzinkte Stahldrahtseile) sind flaschenzugartig eingebaut und werden durch das Auszuggetriebe nach der Art eines Windwerks auf- und abgewickelt. Die Oberleitern haben Anschläge zur Begrenzung des Auszuges, außerdem eine Glocke zum Anzeigen der Endstellung.

Am untern Ende der sich ausziehenden Leiterteile sind selbsttätige Einfallhaken (auch Fallhaken oder Gesperre genannt) angeordnet, durch die eine Entlastung der Drahtseile beim Besteigen der Leiter erreicht und beim Bruch eines Auszugseiles das Einstürzen der Leiter verhindert wird. Die Fallhaken haben die einzelnen Leiterteile in der ausgezogenen Stellung dadurch zu halten, daß sie sich auf eine Sprosse der Leiter aufsetzen. Anderseits aber müssen beim Ausziehen der Leiter die Fallhaken an den Sprossen ungehindert vorbeigleiten können. Jede der drei Firmen hat eine besondere Konstruktion für ihre Fallhaken.

Damit die Einzelleitern in Fahrstellung, namentlich bei Talfahrt, nicht ausschießen, sind sie durch einen selbsttätig sich einschaltenden Rückhalthaken zusammengehalten.

Die Kippsicherung

Bei Drehleitern muß die Auszuglänge stets in einem bestimmten Verhältnis zur Neigung stehen, wenn ein Kippen der Leiter verhindert werden soll. Dies wurde bei früheren Leitern dadurch erreicht, daß man an Hand einer Tabelle oder Skala die Leitern entsprechend einstellte. Das dem Leiterfuß abgekehrte Rad des Fahrzeuges bildet bei der ausgezogenen und aufgerichteten Leiter den Kipppunkt, um den das Fahrzeug bei Erreichen der Kippgrenze kippt, während das dem Leiterfuß zugekehrte Rad vom Boden abgehoben wird. Der auf diesem letzteren Rad in der Gebrauchstellung der Leiter noch lastende Raddruck ist also der Gradmesser für die Standsicherhei[t] der Leiter.

Das Bestreben der Konstrukteure ging in dem letzten Jahrzehnt auch dahin, die Leiter selbsttätig gegen da[s] Kippen zu sichern. Die erste selbsttätige Einrichtun[g] dieser Art wurde von Magirus während des Kriege[s] herausgebracht, ihm folgte bald Kieslich und dann Metz und bei allen drei Leitern ist die Kippsicherung fort dauernd weiter ausgebildet worden.

Der allen gemeinsame Grundgedanke besteht in de[r] selbsttätigen Abstellung der Antriebvorrichtungen de[r] Leiter beim Aufrichten und Ausziehen, sobald die au[f]gerichtete und ausgezogene Leiter in die Nähe der Kip[p]grenze kommt, und zwar ergibt sich diese Kippgrenz[e] und damit die selbsttätige Abstellung der beiden Getrieb[e] je nach der Geländeneigung bei ganz verschiedenem Ve[r]hältnis der Auszuglänge zum Aufrichtwinkel.

Metz geht erheblich weiter. Bei ihm werden all[e] drei Getriebe, also auch das Drehgetriebe, selbsttäti[g] abgestellt, und zwar unter Berücksichtigung der Ve[r]änderung, die die Kippgrenze durch Belastung der Leite[r] durch Drehen der Leiter auf geneigtem Gelände un[d] durch Anstoßen der Leiter an Widerstände erfährt.

Kieslich berücksichtigt die Unebenheiten des G[e]ländes nicht, er sieht aber eine selbsttätige Abstellun[g] des Getriebes durch Unterbrechung des Motorstromes nic[ht] nur vor, wenn ein bestimmtes Verhältnis von Auszu[g]länge und Neigungswinkel der Leiter erreicht ist, sonde[rn] auch wenn die Leiter bei einer der drei Bewegunge[n] gegen ein äußeres Hindernis stößt.

Abb. 11 und 12 (S. 946), zeigen die Bauart d[er] Kippsicherungseinrichtung an der neuesten Magirus-Leiter. An den Triebachsen des Aufricht- und Au[s]zuggetriebes sind unter Zwischenschaltung von Übe[r]setzungen Kurvenscheiben p_1 und p_2 angeordnet, dere[n] Zusammenarbeiten mit der Führungstange q durch d[ie] beiden Hebel r_1 und r_2 und den an deren Endpunkten fre[i] hängenden Hebel s vermittelt wird. Die Hebel r_1 und [r_2] haben an ihren Enden Rollen, die mit den Kurvenscheibe[n] in Berührung gehalten werden. An der in senkrecht[er] Führung gleitenden Führungstange q ist eine Brücke angebracht, die durch die Anschläge u_1 und u_2 auf di[e] Steuerhähne e_1 und e_2 abstellend einwirken kann. Di[e] Kurvenscheiben sind so ausgebildet und beeinflussen m[it] der Führungstange q und der Brücke t die beiden Steue[r]hähne derart, daß die Leiter nur so weit aufgerichtet un[d] ausgezogen werden kann, wie die Standsicherheit de[s] Fahrzeuges es zuläßt. So kann die Leiter im abgelegte[n] Zustande wohl zuerst aufgerichtet, aber nicht ausgesch[o]ben werden, da die Brücke t eine solche Lage einnimm[t], daß einerseits der Hahn e_1 aus der dargestellten Lage, di[e] er bei abgelegter Leiter einnimmt, nur nach rechts un[d] damit der Anschlag u_1 nur nach aufwärts bewegt wer[den] kann, wodurch die Aufrichtbewegung eingeleite[t] wird, und daß anderseits der Hahn e_2 gegen Abwärts bewegung des Anschlages u_2 und damit gegen Einschalte[n] des Auszuggetriebes gesichert ist. Während der Auf richtbewegung der Leiter wird mittels der sich links herum drehenden Kurvenscheibe p_1 und des Gestänges r_1, s, [q] die Brücke t gesenkt; infolgedessen wird zunächst auch da[s] Einschalten des Auszuggetriebes ermöglicht. Bei teil weise aufgerichteter Leiter aber hört die Ausschiebemög

lichkeit zu einem bestimmten Zeitpunkt auf, da infolge der durch die Kurvenscheibe p_2 veranlaßten Bewegung des Gestänges r_2, s, q die Brücke t wieder angehoben und der Hahn e_2 wieder in die Nullstellung gebracht wird. Erst wenn weiter aufgerichtet wird und die Kurvenscheibe p sich weiter dreht, bewegt sich die Brücke wieder abwärts und gibt den Hahn e_2 frei, um das weitere Ausschieben der Leiter zu ermöglichen. Bei jeder Neigung der Leiter ergibt also die zugehörige Endlage des Auszuges eine solche Stellung der Brücke t, daß die Steuerhähne für den Auszug und das Neigen blockiert sind.

Im umgekehrten Sinne vollzieht sich der Vorgang beim Einschieben und Neigen der Leiter in teilweise aufgerichtetem Zustande. Hier läßt zunächst die Stellung der Brücke t nur ein Verstellen des Steuerhahns e_2 links herum, also im Sinn einer Einleitung der Einschiebebewegung zu. Ein Neigen der Leiter ist nur möglich, wenn vorher ein entsprechendes Einschieben, also ein Drehen der Kurvenscheibe p_2 in entgegengesetztem Sinn, d. h. links herum, und ein Abwärtsführen der Brücke erfolgt ist, so daß der Hahn e_1 entgegengesetzt wie vorher, d. h. links herum, zur Einschaltung des Neigegetriebes bewegt werden kann.

Beim Stande der Leiter auf ansteigendem oder abfallendem Boden wird die Schwerpunktlage der Leiter gegenüber dem Stand auf ebenem Boden verändert. Demzufolge muß das Aufrichten und Ausziehen der Leiter entsprechend der Standsicherheit des ganzen Fahrzeuges früher oder später abgestellt werden. Zu diesem Zweck erhält die Steuerung eine selbsttätig arbeitende Vorrichtung, die entsprechend der Stellung des Fahrzeuges auf schiefem Boden die Steuerung beeinflußt.

Dazu ist am Getriebeblock unabhängig von der Führungsstange ein Lot v eingebaut, daß in der Richtung der Aufrichtebene der Leiter schwingbar ist. Durch einen Mitnehmerbolzen w ist es mit einer Keilplatte x gelenkig und in senkrechter Richtung frei beweglich verbunden. Beim Stande des Fahrzeuges auf schiefem Boden wird durch das Lot die Keilplatte x verschoben, wodurch die Getriebe entsprechend der Standfestigkeit des Fahrzeuges früher oder später zu den Leiterbewegungen abgestellt werden.

Die **Metzsche Kippsicherung** beruht grundsätzlich darauf, daß die durch die Schwerpunktverlegung der Leiter bei ihrem Ausziehen oder Aufrichten, bei ihrer Überlastung oder bei ihrem Drehen auf geneigtem Gelände oder auch durch die beim Auftreffen der Leiterspitze auf Widerstände in die Leiter hineinkommenden Kraftmomente oder Längskräfte auf verschiebliche Teile des Geräts einwirken und daß durch die Verschiebung dieser Teile bei Erreichen einer bestimmten Größe des Kraftmoments oder der Kraft der Antrieb der Leiterbewegungen abgestellt wird. Die Kippsicherung wird also nicht nur in Abhängigkeit gesetzt zu dem Verhältnis von Aufrichtwinkel und Auszuglänge, sondern sie wird unmittelbar betätigt durch die wirkliche Belastung der Leiter, und ein Dynamometer mit Skala und Zeiger läßt in jedem Augenblick den Grad der Belastung ablesen. Diese Aufgabe ist von Metz durch eine Reihe von Konstruktionen gelöst, von denen eine hier besprochen werden mag.

Nach Abb. 30 und 31 ist die Leiter bei a kippbar auf dem Aufrichterahmen gelagert. Die Winkel b, c, d sind mit dem Leiterfuß verbunden, der Winkel e mit dem Aufrichtrahmen. Beim Auftreten des höchsten zulässigen Kraftmoments, und zwar während des Ausziehens, des Neigens, des Drehens nach der abschüssigen Seite des Geländes hin, ferner infolge Anstoßens der Leiter von unten her und infolge Überbelastung der Leiter kippt diese um die Kante a, der Leiterfuß hebt sich vom Aufrichtrahmen ab, der durch eine Aussparung des Aufrichtrahmens und der Winkel c, d, e gesteckte Hebel g wird um die Kante f verschwenkt; sein Ausschlag wird durch den federbelasteten Doppelhebel h stärker übersetzt und durch die Kurbel i, die Welle k, die Kurbel l, die Ringnut der verschieblichen Muffe m, die Kurbel n und die Welle o über die Neigungsachse auf die Abstellvorrichtung des Bewegungsgetriebes übertragen.

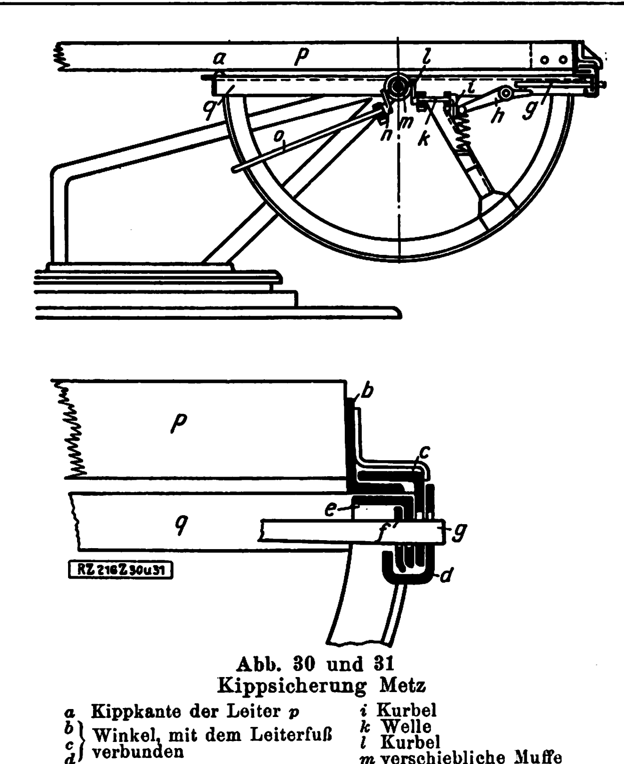


Abb. 30 und 31
Kippsicherung Metz

- a Kippkante der Leiter p
- b, c, d Winkel, mit dem Leiterfuß verbunden
- e Winkel, mit dem Aufrichtrahmen verbunden
- f Kippkante des Hebels g
- g Hebel
- h Doppelhebel
- i Kurbel
- k Welle
- l Kurbel
- m verschiebliche Muffe
- n Kurbel
- o Welle
- p Leiter
- q Aufrichtrahmen

Daß auch bei der Metzschen Leiter die Bewegungsgetriebe durch Öldruck gekuppelt werden, war schon oben gesagt. Derselbe Öldruck dient aber auch dazu, die Sperrvorrichtungen für die Schalthähne bei der Kippsicherung zu steuern. Diese Sperrvorrichtung ist in Abb. 32 und 33 veranschaulicht.

Jedem der drei Schalthähne, die mit den Getriebekupplungen für das Aufrichten, Ausziehen und Drehen in Verbindung stehen, ist ein Zylinder vorgeschaltet. In der Zylinderwandung, Abb. 33, befinden sich zwei Kanäle. An den einen schließt sich die von dem Umstellhahn kommende Zweigdruckleitung an, der andre ist mit dem Ölsammelbehälter verbunden. An der Kolbenstange sitzt ein Rahmen, dessen Schlitz um den Schalthahn greift und dessen Längsbalken seitliche Nocken tragen. Legen diese Nocken des vorgeschobenen Kolbens sich gegen die Bolzen, die an den Enden der von den Schalthähnen getragenen Doppelhebel angeordnet sind, so ist der Schalt-

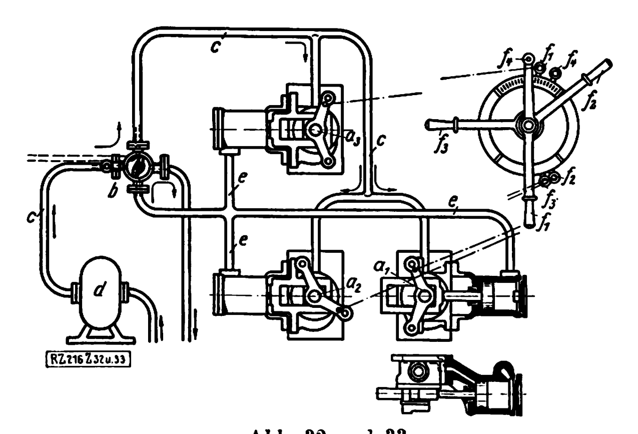


Abb. 32 und 33
Öldruck-Schaltgetriebe für die Kippsicherung Metz

- a_1 Schalthahn zum Aufrichten
- a_2 " " Ausziehen
- a_3 " " Drehen
- b Hauptumschalthahn
- c Hauptdruckleitung zu den Schalthähnen
- d Ölpumpe
- e Zweigdruckleitung zu den Sperrvorrichtungen
- f_1 Handhebel zum Drehen
- f_2 " " Ausziehen
- f_3 " " Aufrichten
- f_4 " für den maschinellen Antrieb der Seiteneinstellung



hahn gesperrt, wie das in der Abbildung bei dem Schalthahn a_1 dargestellt ist. Der Schalthahn a_2 ist geöffnet dargestellt, der Schalthahn a_3 geschlossen. Die Doppelhebel und damit die Schalthähne sind durch Gestänge mit den Handhebeln am Steuerbock verbunden, der Hauptumstellhahn wird durch das punktiert angedeutete, mit der Kippsicherung verbundene Gestänge betätigt.

Wird die Ölpumpe durch die Motorwelle angelassen, so steht der Umstellhahn in seiner normalen Stellung, die der Stellung der Leiter innerhalb ihrer Kippgrenze entspricht. Die Druckflüssigkeit kann also aus dem Sammelbehälter durch die Saugleitung und die Druckleitung und weiter durch die Schalthähne zu den Kupplungen der Bewegungsgetriebe übergeleitet werden. Werden die Schalthähne durch die Hebel des Handsteuerbocks geöffnet (vergl. die Hebelstellung des Hahnes a_2), so wirkt das Druckmittel auf die Kupplungen der Bewegungsgetriebe einzeln oder gleichzeitig so lange ein, bis das zulässige Kippmoment erreicht ist. Ist dies der Fall, oder treten Widerstände durch Anstoßen mit der Leiterspitze auf, so stellt das Gestänge der Kippsicherung den Umstellhahn um, der Hauptleitungsstrang wird infolgedessen drucklos, und die Druckflüssigkeit entweicht in den Sammelbehälter; die Kupplungen für die Bewegungsgetriebe werden ausgerückt, und die Leiterbewegungen somit abgestellt. Gleichzeitig wird das Druckmittel auf die Zweigleitungen e und auf die Zylinder umgeleitet, so daß die Kolben soweit vorgeschoben werden, bis die Nocken der Kolbenstangenrahmen an den Bolzen der Doppelhebel anliegen, wodurch die Handhebel am Steuerbock in ihre Nullstellung zurückgedrückt und gesperrt werden.

Durch Umstellen des Haupthahnes mittels des von der Kippsicherung beeinflußten Gestänges wird also ein sofortiger Stillstand der Bewegungsgetriebe herbeigeführt.

Bei der Kieslichschen Kippsicherung sind wesentlich die beiden Kontrollschalter a_1 und a_2, Abb. 16 (S. 948), die die Stromkreise des Aufricht- und des Auszugvorgeleges gegeneinander überwachen. Der Schalter a_2 wird zwangläufig vom Aufrichtgetriebe mittels des eingezeichneten Zahnbogens gesteuert, der auf der Aufrichtwelle d fest aufgekeilt ist. Der Schalter a_1 wird mit Hilfe eines Schneckengetriebes vom Auszugvorgelege aus zwangläufig angetrieben.

Die beiden Walzenschalter machen die der Leiter von den Motoren vermittelte Bewegung mit, so daß also jeder Ausziehlänge der Leiter eine bestimmte Stellung des Walzenschalters a_1 und jeder Neigung der Leiter eine bestimmte Stellung des Walzenschalters a_2 entspricht.

Ist bei der Auszugbewegung eine der augenblicklichen Neigung entsprechende Länge des Auslegers erreicht, so unterbricht der mit dem Ausziehmotor verbundene Schalter a_1 den vom Walzenschalter a_2 überwachten Stromkreis des Ausziehmotors, und ebenso unterbricht der mit dem Aufrichtmotor gekuppelte Schalter a_2 den vom Schalter a_1 überwachten Stromkreis des Aufrichtmotors, wenn beim Neigen des Auslegers eine der Länge entsprechende Neigung erreicht ist.

Um das Ausschalten des Antriebs durch Unterbrechung des Stromschlusses zu bewirken, wenn einer der drei Bewegungen ein äußeres Hindernis entgegentritt, sind in die verschiedenen Stromkreise Spulen eingeschaltet, und zwar auch in den Stromkreis des zum Drehen der Leiter dienenden Motors. Setzt sich der Leiterbewegung ein Hindernis entgegen, so daß der Stromverbrauch des die betreffende Bewegung ausführenden Motors über eine zulässige Höchstgrenze steigt, so zieht die Spule einen Magnetkern an und unterbricht infolgedessen den Strom.

Die Grenze, bei der die Getriebe zum Zwecke der Kippsicherung selbsttätig abgestellt werden, ist natürlich nicht erst gleich der wirklichen Kippgrenze; sie liegt vielmehr weit unter dieser. Manöver werden nur mit der unbelasteten Leiter ausgeführt. Die Leiterbewegungen können also auch nur bei unbelasteter Leiter selbsttätig abgestellt werden. Die in den Normen festgelegten Werte für den Auszug und die entsprechende Neigung liegen zwar noch etwas unter der Abstellgrenze. Die Leitern sind aber so konstruiert, daß, wenn die unbelastete Leiter bis zur Abstellgrenze aufgerichtet und aufgezogen und dann an der Spitze den Normen entsprechend belastet wird, an dem der Last abgewandten Rade noch ein ausreichender positiver Raddruck vorhanden ist.

Schlußbetrachtung

Die Drehleitern mit Kraftantrieb sind unentbehrlich[e] Geräte für die Feuerwehren geworden, obgleich man s[ie] in Brandfällen verhältnismäßig selten benutzt; de[nn] in den weitaus meisten Fällen wird der Brand über d[ie] Treppe oder vom Nachbarhaus her angegriffen werde[n]. Eine gewisse Einschränkung der Verwendung von Kra[ft]wagenleitern ergibt sich auch daraus, daß man mit d[en] Abmessungen der Leiter unter gewisse, hauptsächli[ch] durch die erforderliche Auszuglänge bedingte Minde[st]maße nicht heruntergehen kann. Diese Mindestmaße si[nd] aber derart, daß in vielen alten Häusern mit engen u[nd] niedrigen Durchfahrten die Hinterhöfe nicht mit d[en] Kraftantriebleitern erreicht werden können. Bei solch[en] Häusern wird sich also ihre Anwendung verbieten. A[n]derseits werden neuzeitliche Häuser so angelegt, daß [im] Brandfalle wohl meist eine Treppe für den Angriff ge[gen] das Feuer zur Verfügung bleiben wird und also Leite[rn] ebenfalls selten zur Verwendung kommen werden. [Die] Kraftleitern sind aber im Anwendungsfalle durch k[ein] andres Gerät zu ersetzen, wenn man als ein solches ni[cht] die Abprotzleiter ansehen will, und darum ist jede [Be]rufswehr mit Drehleitern ausgerüstet.

Wenn wir bedenken, daß in Deutschland allein n[ach] dem letzten Taschenbuch für deutsche Feuerwehr-In[ge]nieure 80 Berufswehren mit 207 ständig besetzten Wac[hen] bestehen und wohl keine Pferdebespannung bei Beri[ufs]wehren mehr anzutreffen sein wird, daß zu jedem Lös[ch]zug eine mechanische Leiter gehört (Berlin hat all[ein] etwa 30 Drehleitern mit Kraftantrieb, daß ferner viele [von] den etwa 20 000 freiwilligen Feuerwehren Deutschla[nds] Kraftfahrzeuge beschaffen werden oder schon besch[afft] haben, wenn wir schließlich bedenken, daß Deutschl[and] nahezu den Bedarf der ganzen Welt an Drehleitern d[eckt] (fast jedes größere Land baut Spritzen und sons[tige] Feuerwehrgeräte, aber im Bau von Drehleitern [ist] Deutschland allen andern Ländern weit voraus), [so] können wir ungefähr die Bedeutung dieses Konstrukti[ons]zweiges für die beteiligte deutsche Industrie und das [In]teresse dieser Industrie an der immer weiteren Verv[oll]kommnung des Gerätes ermessen.

Eine Grenze der Entwicklungsmöglichkeit ist t[rotz] der jetzt erreichten Vollkommenheit der Drehleitern n[och] nicht abzusehen.

Es gibt allerdings Fachleute aus der Feuerw[ehr]praxis, die von einer „Überkonstruktion" der Le[itern] sprechen, und auch die Zahl derer ist immerhin bea[cht]lich, die da sagen: die Leitern sind auch ohne die die [In]telligenz des Bedienenden fast völlig ausschaltenden sel[bst]tätigen Einrichtungen durchaus zuverlässige Ger[äte]. Unglücksfälle können mit solchen Geräten bei geschu[lter] Bedienung nicht vorkommen, und von den etwa 32 000 [M] betragenden Kosten können ohne Not einige taus[end] Mark durch Verzicht auf die selbsttätigen Einricht[un]gen, ja sogar auf den maschinellen Antrieb z. B. für [das] Drehgetriebe erspart und zur Beschaffung andrer Ge[räte] nutzbar gemacht werden. Das ist bei der schweren W[irt]schaftslage, unter der alle Gemeinden zur Zeit seufz[en], ein wohl beachtlicher Einwand. Gewiß darf die mas[chi]nelle Einrichtung nicht auf Kosten der Übersichtlich[keit] und Störungsfreiheit verwickelt gemacht werden; denn [die] Unübersichtlichkeit ergibt stets wieder Störungsquellen. [Die] Entwicklung wird vermutlich in der Richtung einer V[er]einfachung der Konstruktion bei größter Betriebsich[er]heit und Übersichtlichkeit vor sich gehen. [B 216]

Die Veränderung im Kleingefüge verschiedener Baustähle durch Wechselbeanspruchung

Von Dr. W. Herold, Wien

O. Föppl[1]) fand bei seiner Untersuchung der Dämpfungsfähigkeit eines Baustahles bei Wechselbeanspruchung, wenn die Belastung knapp über dem kritischen Punkt, also im Gebiete der plastischen Hysterese liegt, eine wesentliche Änderung der dynamischen Eigenschaften des Stahles. Er berichtete:

„Wenn ein Stab aus dem Werkstoff R.M.B. mit einer Randverformung ε_0, die größer ist als etwa 0,0026, häufig wiederholte Wechselbeanspruchungen erfährt, dann ändert sich das Gefüge, so daß seine Dämpfungsfähigkeit ϑ auf Beträge anwächst, die mehrfach so hoch sind wie die Werte, die vorher erhalten wurden. Man sieht, daß die Veränderung eine Vergrößerung der Dämpfung bei geringen Verformungsgraden auf das 2- bis 3fache des ursprünglich festgestellten Wertes zur Folge hat. Da die gewaltige Steigerung der Dämpfung auch bei dem vorausgenannten Wert $\varepsilon_0 = 0{,}0025$ beobachtet werden konnte, der doch nur wenig tiefer liegt als $\varepsilon_0 = 0{,}0026$, müssen wir annehmen, daß sich die Veränderung in den Dämpfungseigenschaften nicht nur auf die Randgebiete beschränkt, bei denen der kritische Punkt $\varepsilon_0 =$ rd. 0,0026 wirklich überschritten worden war, sondern daß sich die Veränderung, nachdem sie einmal eingeleitet war, nach dem Innern zu erstreckt hat. Zu dieser Annahme werden wir auch durch die Beobachtung gedrängt, daß sich die Veränderung der Dämpfungseigenschaften eines Stabes stets gleichmäßig über die ganze Stablänge erstreckt. Das Gefüge des Stabes ist also in einem labilen Zustande, der sich ändert, sobald von einer Stelle aus ein genügend kräftiger Anstoß dazu gegeben ist."

Diese von Föppl aus den Änderungen der Dämpfungseigenschaften vermuteten Gefügeveränderungen werden von mir seit rd. einem Jahre mikroskopisch verfolgt; die Untersuchung hat sehr bemerkenswerte Veränderungen des Kleingefüges ergeben. Die Versuche sind noch nicht abgeschlossen, und es ist bis heute noch nicht möglich, die Natur der Gefügeveränderungen einwandfrei festzustellen.

Für die Untersuchung wurden Proben von Kruppschen Dauerschlagstäben, von Dauerbiegestäben der Schenkschen Ermüdungsmaschine und von Maschinenbestandteilen entnommen, die im Betrieb infolge Ermüdung gebrochen sind. Untersucht wurden vergütete und geglühte Chrom-Nickel- und Nickel-Stähle, sowie ein gehärteter Chromnickel-Zahnradstahl.

Zur Durchführung einer Versuchsreihe sind immer mehrere Probestäbe notwendig; die Schenksche Ermüdungsmaschine braucht z. B. zwei Zerreiß- und vier Dauerbiegestäbe. Bei der Herstellung der Probestäbe legte man besondere Sorgfalt darauf, daß die Vergütung aller zu einer Reihe gehörigen Probestäbe vollständig gleichmäßig war. Die Probestäbe wurden aus dem wärmebehandelten Werkstoff herausgearbeitet, um Oberflächenfehler durch die Wärmebehandlung, wie z. B. Entkohlen, zu vermeiden. Die zu einer Reihe gehörigen Probestangen wurden zunächst gleich lang gemacht und dann in einem Ofen gleichzeitig warmbehandelt. Die Festigkeit wurde durch den Kugeldruckversuch an mindestens drei Stellen nachgeprüft. Für die Kruppschen Dauerschlagstäbe verwendet man einen Werkstoff von 15 mm Dmr., für die Schenkschen Dauerbiegestäbe einen solchen von 22 mm Dmr. Bei diesen Abmessungen härten die angewandten Stähle noch vollständig gleichmäßig durch, so daß nach dem Härten oder Anlassen kein Gefügeunterschied zwischen Rand und Mitte der Probe vorhanden ist. Mikroskopische Untersuchungen,

[1]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 1291.

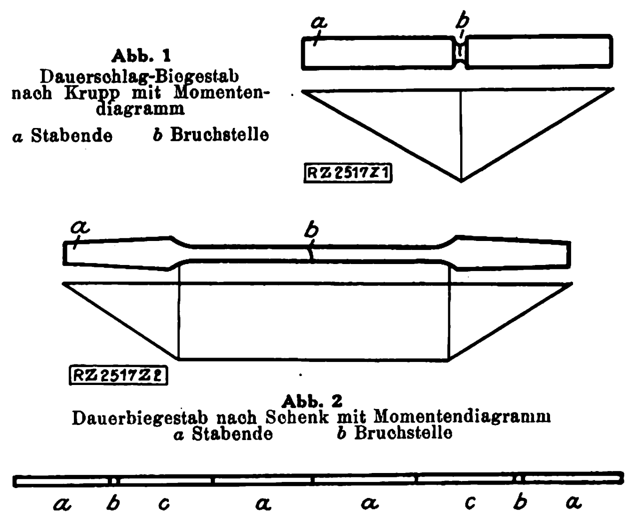


Abb. 1
Dauerschlag-Biegestab nach Krupp mit Momentendiagramm
a Stabende *b* Bruchstelle

Abb. 2
Dauerbiegestab nach Schenk mit Momentendiagramm
a Stabende *b* Bruchstelle

a b c a a c b a

a Biegeprobe
b mikroskopische Probe
c Zerreißprobe

Abb. 3
Reihenfolge der Probenentnahme.

die an den Stäben nach der Wärmebehandlung vorgenommen wurden, ergaben zwischen Rand und Mitte keinen Unterschied im Gefüge.

Da untersucht werden sollte, ob bei der Dauerbeanspruchung knapp über der Dauerfestigkeit eine Veränderung des Gefüges eintritt, mußte das ursprüngliche Gefüge des Werkstoffes mit dem nach der Beanspruchung verglichen werden; es wurden daher die Proben an den Stellen der geringsten und der stärksten Beanspruchung entnommen. Wie aus den Momentdiagrammen der Kruppschen Dauerschlagstäbe, Abb. 1, und der Schenkschen Dauerbiegestäbe, Abb. 2, hervorgeht, ist bei den Kruppstäben die stärkste Beanspruchung in der Mitte und nimmt gleichmäßig gegen die Enden zu ab. Infolge der Kerbwirkung wird die Beanspruchung an der Bruchstelle noch bedeutend vergrößert. Beim Dauerbiegestab, Abb. 2, ist die Beanspruchung im gesamten zylindrischen Stabteil die gleiche. Daher wurden die Proben vom Stabende, bei *a*, und von der Bruchstelle, bei *b*, entnommen. Da aber auch im Stabende eine geringe, wenn auch sehr kleine Beanspruchung vorhanden ist, wurde bei der Untersuchung die Stabmitte (neutrale Faser) von *a* mit der am stärksten beanspruchten Randfaser der Bruchstelle (*b*) verglichen. Diese Auswahl konnte getroffen werden, da Gefügeunterschiede zwischen Rand und Mitte der unbeanspruchten Proben nicht vorhanden waren. Gleichzeitig wurde auch der Unterschied zwischen der neutralen Faser und der Randfaser an der Bruchstelle untersucht.

Im weiteren Verlauf der Untersuchung wurde dann die Probenahme nach folgendem Plan vorgenommen: Von der Rohstange wurden zunächst die Zerreiß- und die Ermüdungsprobe in der Reihenfolge nach Abb. 3 abgetrennt, wobei die mikroskopischen Proben noch an den Zerreißproben belassen und erst nach der Vergütung von diesen abgetrennt wurden.

Da bei der Dauerbiegung die Beanspruchung nicht auf dem ganzen Stabquerschnitt dieselbe ist, sondern von der Mitte gegen den Rand gleichmäßig zunimmt, wurden die Schliffe durch die Stabachse hergestellt, um die Stellen ver-

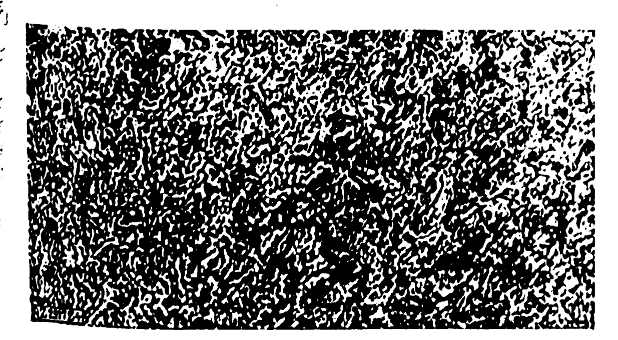


Abb. 4
Vergüteter Manganstahl, unbeansprucht
Vergr. 640 fach



Abb. 5
Derselbe Stahl wie in Abb. 4, aber beansprucht
Vergr. 640 fach



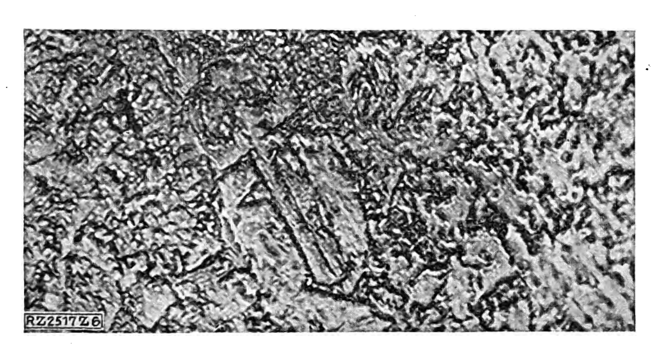


Abb. 6
Stahl wie in Abb. 5, Kristallverformung
Vergr. 1400 fach

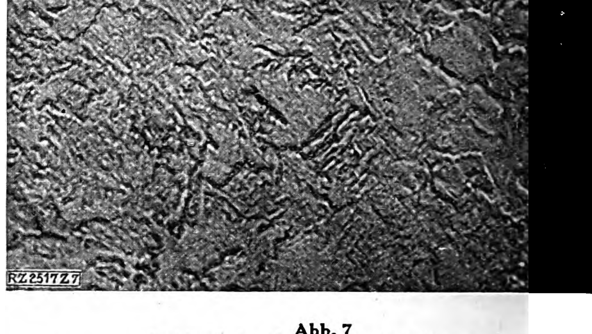


Abb. 7
Stahl wie in Abb. 5, Kristallverformung
Vergr. 1400 fach

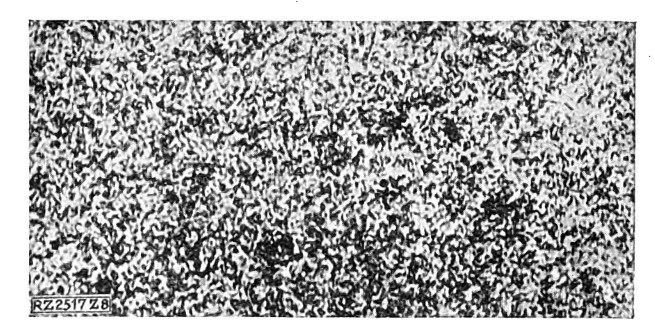


Abb. 8
Cr-Ni-Stahl, vergütet auf 78 kg/mm², unbeansprucht
Vergr. 640 fach

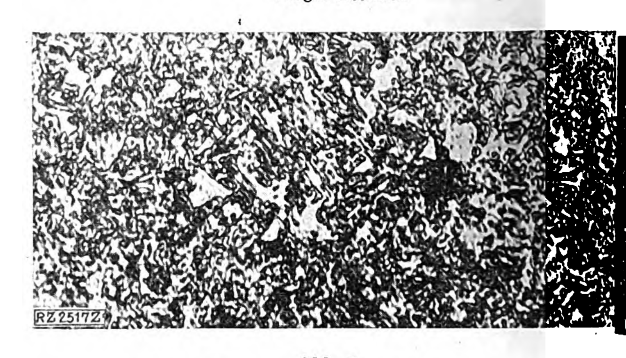


Abb. 9
Derselbe Stahl wie Abb. 8, aber beansprucht
Vergr. 640 fach



Abb. 10
Wie Abb. 8 — Vergr. 1680 fach

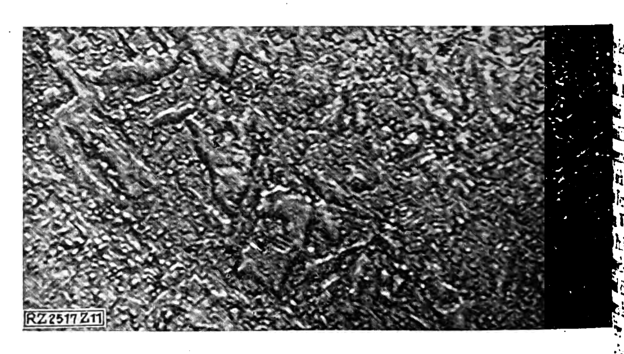


Abb. 11
Wie Abb. 9 — Vergr. 1680 fach

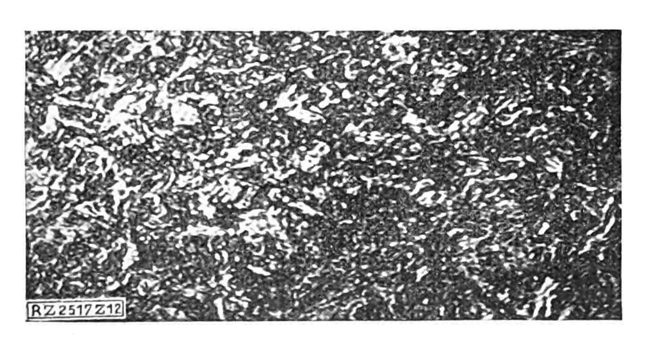


Abb. 12
Cr-Ni-Stahl, vergütet auf 150 kg/mm², unbeansprucht
Vergr. 590 fach

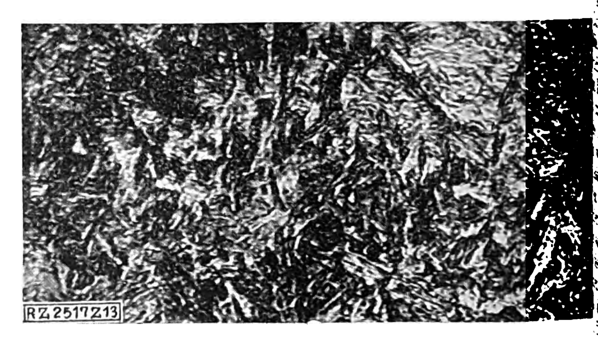


Abb. 13
Derselbe Stahl wie in Abb. 12, aber beansprucht
Vergr. 590 fach

schiedener Beanspruchung miteinander vergleichen zu können. Die Schliffe wurden vollständig gleichmäßig hergestellt und je zwei zusammengehörige von *a* und *b* entnommene Proben gleichzeitig und gleich lange geätzt, um Unterschiede, die durch verschieden langes Ätzen auftreten können, zu vermeiden. Als Ätzmittel hat sich am besten eine Lösung von 1 vH konzentrierter Salpetersäure in Amylalkohol bewährt. Durch mehrmaliges Ätzen und schwaches Nachpolieren konnte die Struktur viel deutlicher entwickelt werden.

Abb. 4 und 5 zeigen das Gefüge eines Manganstahles mit 0,42 vH C und 1,2 vH Mn, der nach dem Vergüten 75 kg/mm² Festigkeit hatte. Zwischen dem rein sor-



Abb. 14 und 15
Kristallabschiebung längs Gleitflächen

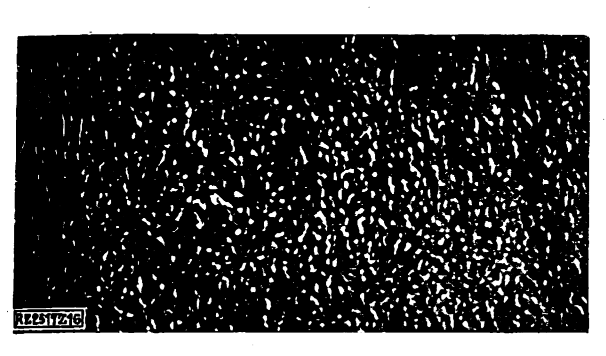


Abb. 16
Welle aus Cr-Ni-Stahl auf 95 kg/mm² vergütet, neutrale Zone
Vergr. 800 fach

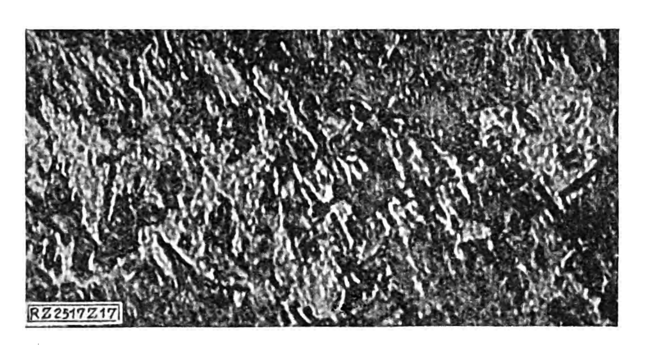


Abb. 17
Wie Abb. 16, aber Randzone. Vergr. 800 fach

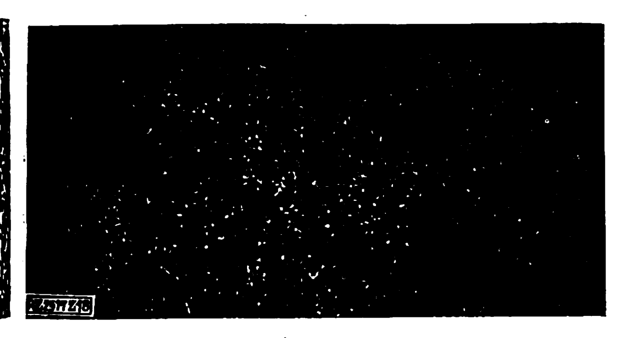


Abb. 18
Welle aus vergütetem Cr-Ni-Stahl, neutrale Zone
Vergr. 800 fach

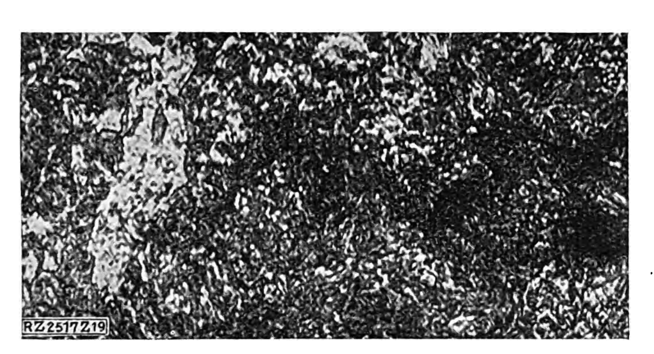


Abb. 19
Wie Abb. 18. Auslauf des Ermüdungsanrisses, Gefügevergröberung
Vergr. 640 fach

bitischen Gefüge der Probe nach dem Versuch, Abb. 4, bei *a*, Abb. 1, und der in unmittelbarer Nähe der Bruchstelle entnommenen Probe, Abb. 5, bei *b*, Abb. 1, ist ein ganz bedeutender Unterschied vorhanden. Während Abb. 4 ein vollkommen gleichmäßiges Gefüge ohne Korngrenzen zeigt, sind die Korngrenzen, Abb. 5, sehr deutlich sichtbar, und außerdem hebt sich deutlich ein weißer Gefügebestandteil hervor, der wie Ferrit erscheint. Abb. 6 und 7 geben das Gefüge desselben Werkstoffes bei stärkerer Vergrößerung wieder. Diese Proben wurden ebenfalls der Bruchstelle von zwei Kruppschen Dauerschlagstäben entnommen. In Abb. 6 und 7 sind die Kristallverformungen, die eine Folge der Dauerbeanspruchung sind, besonders sichtbar. Auffallend ist auch hier die Kennzeichnung der Korngrenzen durch die Wechselbeanspruchung.

Abb. 8 bis 11 geben das Gefüge eines vergüteten Cr-Ni-Stahles von 78 kg/mm² Festigkeit wieder. Die Proben wurden einem Dauerbiegestab, Abb. 2, entnommen, Abb. 8 und 10 bei *a*, Abb. 2, Abb. 9 und 11 bei *b*, Abb. 2. Durch die Wechselbeanspruchung tritt eine Kornvergröberung ein. Die Korngrenzen kommen auch hier bei den beanspruchten Proben deutlich zum Ausdruck.

Während die Proben, Abb. 4 bis 11, verhältnismäßig niedrig vergütet waren, zeigt Abb. 12 bei *a*, Abb. 2, und Abb. 13 bei *b*, Abb. 2, das Gefüge eines vergüteten Chrom-Nickel-Stahles von 150 kg/mm² vor und nach der Beanspruchung. Auch hier ist der gleiche Unterschied im Gefüge, wenn auch nicht so stark ausgeprägt, zu sehen.

Bei Abb. 4 bis 13 fallen die unregelmäßigen zackigen Begrenzungsflächen der groben Gefügebestandteile auf. Infolge der durch die Wechselbeanspruchung verursachten Dauerverformung findet schließlich ein Abgleiten der Kristalle längs der Gleitflächen, somit eine starke Kristallverzerrung statt, wie schon früher L u d w i k und S c h e u beobachtet haben[2]). In Abb. 14 und 15 sind zwei kennzeichnende Stellen aus Abb. 6 und 7 wiedergegeben, die das Abgleiten entlang den Gleitflächen und die fortschreitende Kristallverformung zeigen.

Aus den Beispielen geht hervor, daß mit der Wechselbeanspruchung auch eine starke Veränderung des Gefüges verbunden ist. Die an den künstlich hergestellten Ermüdungsbrüchen gemachten Beobachtungen konnten auch an Dauerbrüchen, die bei Maschinenbestandteilen im Betrieb aufgetreten sind, bestätigt werden. Ein auf Schwingung beanspruchter Maschinenbestandteil aus vergütetem Chrom-Nickel-Stahl mit 95 kg/mm² Festigkeit zeigt in der neutralen Zone, Abb. 16, das Gefüge eines gut vergüteten Baustahles, während die Randzone, die einen Ermüdungsanriß hatte, sehr stark vergröbert ist. Abb. 17. Abb. 16 und 17 zeigen dieselben Unterschiede, wie künstlich hergestellte Brüche.

Eine aus demselben Werkstoff hergestellte fliegend eingespannte Welle, bei der sich infolge Wechselbeanspruchung nach rd. zweijähriger Betriebsdauer ein Ermüdungsriß ausgebildet hatte, zeigt in der neutralen Zone ein feines gleichmäßiges Gefüge, Abb. 18, während in unmittelbarer Nähe des Anrisses, Abb. 19, das sehr vergröberte Gefüge der Randzone wiedergegeben ist.

In Abb. 19 ist auch der Auslauf des Ermüdungsrisses zu sehen, das Gefüge ist stark vergröbert, und man sieht die Werkstoffzerstörung unter den großen Kristallen, die dem Ermüdungseinriß vorausgehen.

Bei einem Nuten-Zahnrad, das aus gehärtetem Chrom-Nickel-Stahl mit 125 kg/mm² Festigkeit hergestellt war, traten nach mehrjähriger Betriebsdauer an den vier Nuten bei Abb. 20 infolge Torsionsschwingungen Ermüdungseinrisse auf. Durch die mikroskopische Untersuchung konnte eine besonders starke Gefügeveränderung an den Bruchstellen festgestellt werden. Die weniger beanspruchten Stellen, bei *a*, Abb. 20, wo keine Kerbwirkung vorhanden ist, haben das normale Gefüge eines gehärteten Zahnradstahles, Abb. 21, während bei *b*, Abb. 20, wo sich infolge der Kerbwirkung der Nuten ein Anriß durch die Dauerbeanspruchung herausbildete, das Gefüge durch Ermüdung des Werkstoffes sehr stark verändert ist, Abb. 22. Fehler in der Wärmebehandlung oder Werkstoffehler können nicht die Ursache dafür sein, da der Einriß gleichmäßig an allen vier Nuten erfolgt ist und der Werkstoff zwischen den Nuten vollständig normale Struktur zeigt.

Aus den Beispielen ist zu ersehen, daß durch die Dauerbeanspruchung eine bedeutende Veränderung im Kleingefüge der vergüteten Stähle verursacht wird.

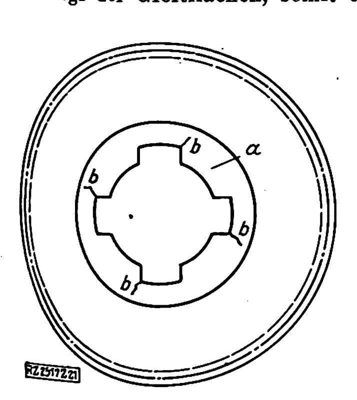


Abb. 20
Ermüdungsanrisse in einem Zahnrad aus gehärtetem Cr-Ni-Stahl durch Torsionsschwingungen infolge Kerbwirkung der Nuten

[2]) Vergl. Z. Bd. 67 (1923) S. 122; Z. f. Metallk. Bd. 15 (1923) S. 68.

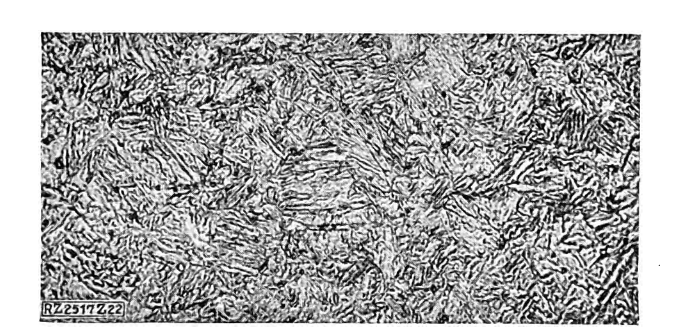


Abb. 21
Gefüge des Zahnrades, Abb. 20 bei *a*. Vergr. 480 fach



Abb. 22
Gefüge des Zahnrades, Abb. 20 bei *b*. Vergr. 480 fach

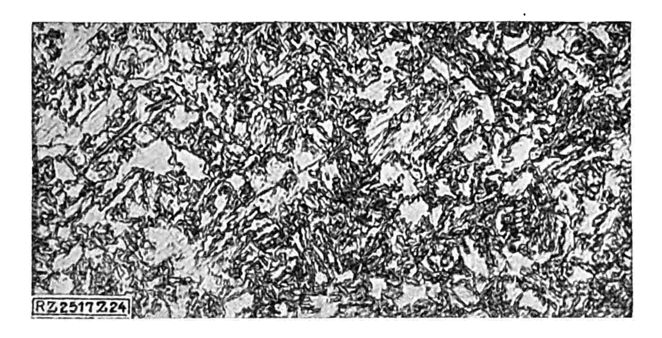


Abb. 23
Cr-Ni-Stahl mit 3 vH Ni auf 75 kg/mm² vergütet, unbeansprucht
Vergr. 400 fach



Abb. 24
Derselbe Stahl wie in Abb. 23, aber beansprucht
Vergr. 400 fach

Bei den weich vergüteten Stählen treten die Korngrenzen viel deutlicher hervor, das Gefüge wird gröber, und es tritt eine deutliche Sonderung in zwei Phasen ein; der Anteil an Ferrit scheint vergrößert zu werden. Bei gehärtetem Werkstoff mit martensitischer Struktur tritt nach der Dauerbeanspruchung ein dunkler Gefügebestandteil, ähnlich dem Trostit auf, Abb. 21 und 22; durch die Dauerbeanspruchung scheint eine ähnliche Veränderung des Gefüges wie beim Anlassen einzutreten.

Eine solche Änderung des Gefüges müßte aber mit einer Änderung der Härte verbunden sein. Kugeldruckversuche mit einer 2 mm-Kugel bei 100 kg Belastung ergaben jedoch nur geringe Unterschiede in der Brinellhärte, die innerhalb der Versuchsfehler liegen. Allerdings kann die Brinellhärte in diesem Falle nicht maßgebend sein, da durch die wiederholten Dauerverformungen infolge der Wechselbeanspruchung gleichzeitig eine Art Kalthärtung, also eine Härtesteigerung auftritt.

Möglich wäre auch, daß durch die infolge der Dämpfung entwickelte Wärme ein Anlassen der Stähle stattfindet. Nach den L e h r schen Versuchen[3]) beträgt die Temperatursteigerung bei der Dauerfestigkeit rd. 50 bis 70 °C, wobei nicht gekühlt wird. Nun wurde aber bei den Dauerversuchen der Probestab immer kräftig gekühlt, und zwar wurde als Kühlmittel wasserlösliches Bohröl benutzt, so daß die tatsächliche Temperatur des Probestabes beim Dauerversuch weit unter 50 ° annähernd bei Zimmertemperatur liegen muß. Außerdem tritt die stärkste Gefügeveränderung an den am meisten gezerrten Fasern in unmittelbarer Nähe der Oberfläche des Probestabes auf, also gerade dort, wo die Kühlung am kräftigsten ist. Örtliche Überhitzungen an der Bruchstelle kommen nicht in Betracht, da sich die Gefügeveränderungen im ganzen zylindrischen Teil des Dauerbiegestabes, also auch mehrere Zentimeter von der Bruchstelle entfernt, nachweisen lassen, wo örtliche Überhitzungen der Bruchstelle nicht mehr wirksam sein können. H a n e m a n n und T r a e g e r[4]) fanden für gehärteten Kohlenstoffstahl mit 0,97 vH C den niedrigsten Umwandlungspunkt bei 100 °C. E n l u n d, M a u r e r, H a n e m a n n und S c h u l z, H e y n und B a u e r, D r i e s s e n u. a. fanden die niedrigsten Umwandlungspunkte bei gehärteten Kohlenstoffstählen zwischen 95 und 150 °C, also bei Temperaturen, die weit höher sind, als sie bei den Dauerversuchen mit gekühlten Probestäben auftreten können.

Der von Hanemann und Traeger verwendete eutektische Kohlenstoffstahl zeigt martensitische Struktur mit Austenitresten. Durch 14stündiges Anlassen bei 100 °C wurde der Martensit in Trostit verwandelt, während der Austenit erhalten blieb. Die von mir untersuchten vergüteten Stähle wurden bei 500 bis 600 °C angelassen, es ist also kaum anzunehmen, daß bei 100 °C so weitgehende Gefügeveränderungen stattfinden können, wie sie durch die Dauerbeanspruchung festgestellt wurden. Zur Überprüfung wurde ein vergüteter Nickelstahl mit 3 vH Nickel und 75 kg/mm² Festigkeit untersucht. Das Gefüge des unbeanspruchten Werkstoffes zeigt Abb. 23 und das des beanspruchten Abb. 24. Auch hier ist die starke Kornvergröberung und ausgesprochene Kennzeichnung der Korngrenzen zu sehen. Durch 20stündiges Anlassen in kochendem Wasser veränderte sich weder im beanspruchten, noch im unbeanspruchten Teile das Gefüge.

Da bei der Wechselbeanspruchung die Temperatur des Stahles bedeutend niedriger als 100 °C ist, kann die Veränderung des Kleingefüges nur auf die wiederholten kleinen Dauerverformungen, die eine Folge der Wechselbeanspruchung sind, zurückgeführt werden. Ob dabei eine reine mechanische Trennung der Phasen oder eine Verschiebung des metastabilen Gleichgewichtes stattfindet, konnte noch nicht mit Sicherheit festgestellt werden. [M 2517]

[3]) Vergl. E. L e h r, „Die Abkürzungsverfahren zur Ermittlung der Schwingungsfestigkeit von Materialien", Doktorarbeit, Technische Hochschule Stuttgart, 1925.

[4]) „Stahl und Eisen" Bd. 46 (1926) S. 1508.

RUNDSCHAU

Gießerei

17. Hauptversammlung des Vereins Deutscher Gießereifachleute

Unter starker Beteiligung fand die Hauptversammlung des Vereins Deutscher Gießereifachleute am 6. bis 8. Mai in Berlin statt. Sie wurde durch eine Tagung des Technischen Hauptausschusses für Gießereiwesen eingeleitet und brachte mehrere Vorträge aus verschiedenen zur Zeit besonders wichtigen Fachgebieten.

Reichsbahnrat Dipl.-Ing. Reitmeister, Kirchmöser, berichtete über

ein neues Formsandprüfverfahren[1]).

Nach einleitenden Ausführungen über die Wichtigkeit praktisch verwertbarer Formsanduntersuchungen für die Beurteilung geeigneter Formsandmischungen beschrieb er ein Prüfungsverfahren, mit dem man auf rein physikalischem Wege Bindefestigkeit, Stampffestigkeit und Gasdurchlässigkeit feststellen kann. Nach näherer Erklärung dieser Begriffe bezeichnete er die Prüfverfahren als am geeignetsten, weil es die Eigenschaften der fertigen Form am besten bewertet. Für die Gasdurchlässigkeit entwickelte er eine Formel, die eine Berechnung ihrer im verdichteten Formsand vorhandenen Größe ermöglicht. Das Maß von Verdichtungsarbeit, das einer Form durch Stampfen, Rütteln, Pressen usw. zugeführt wird, läßt sich bei Verwendung gleicher Sandsorten dadurch leicht feststellen, daß man das spezifische Gewicht des geformten Sandkörpers bestimmt, das bei maschinell und von Hand verdichteten Sandkörpern möglichst übereinstimmen soll. Das vorliegende Prüfverfahren gestattet das Prüfen des Sandes in jedem Verdichtungszustand. Vorläufig wird dabei eine Arbeit von 800 Rüttelhüben mit je 1 cm Hubhöhe zur Verdichtung eines zylindrischen Probekörpers von 28,3 cm² Querschnitt und 800 bis 1750 g Gewicht zu Grunde gelegt. Sie entspricht ungefähr der Verdichtungsarbeit, die ein Handformer zum normalen Aufstampfen des gleichen Probekörpers leisten muß. Der Vortragende hat ein Prüfverfahren, dem ein solcher Körper unterworfen wird, ausgearbeitet. Danach wird die Gasdurchlässigkeit in der Weise bestimmt, daß die Sandprobe luftdicht mit einem Kessel in Verbindung gebracht wird, der Druckluft von 0,5 at enthält. Man läßt nun diese Druckluft durch die verdichtete Sandsäule entweichen, um aus der Zeit, in der der Druck von 0,5 auf 0,1 at abfällt, mit Hilfe der erwähnten Formel die Gasdurchlässigkeit zu berechnen. Dieselbe Probe dient dann zur Ermittlung der Sandfestigkeit mit Hilfe einer Scherprüfung.

Reichsbahnrat Dr.-Ing. Kühnel, Berlin, behandelte

die Abnutzung des Gußeisens und ihre Beziehung zum Aufbau und den mechanischen Eigenschaften.

Er berichtete über die Arbeiten eines vom Verein Deutscher Eisengießereien, Verein Deutscher Gießereifachleute und dem Lokomotiv-Verband mit der Deutschen Reichsbahn gebildeten Ausschusses, der die Abnutzungsbeständigkeit des Gußeisens durch Betriebs- und Laboratoriumsversuche geprüft hat. Die Versuche erstreckten sich bisher auf a) Bremsklötze, b) Schieberbüchsen und Ringe und c) Roststäbe.

Die Versuche unter a) und b) ergaben übereinstimmend, daß weiches ferritisches Gußeisen nicht verschleißfest ist, auch härteres Gußeisen stark angreift. Die befriedigendsten Verhältnisse stellen sich ein, wenn die Härte der aufeinander laufenden Teile annähernd die gleiche und perlitisches Gefüge vorhanden ist. Bei Schieberbüchse und Schieberring muß aber die Büchse etwas härter als der Ring sein.

Aus den Versuchen unter c) ging hervor, daß die Leichtflüssigkeit mancher Kohlenaschen, die Wanderung des Schwefels aus der Kohle in den Roststab und seine starke Gefügeveränderung infolge äußerer Wärmeeinwirkungen zusammengenommen Zerstörungsgründe darstellen, durch die die Abnutzungsbeständigkeit des Roststabes wahrscheinlich in viel höherem Grade nachteilig beeinflußt wird als durch einen hohen Schwefel- oder Phosphorgehalt. Trotzdem ist aber im Hinblick auf die mechanische Beanspruchung des Roststabes und die Bruchgefahr ein nicht zu hoher Phosphorgehalt erwünscht.

[1]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 543.

Zivilingenieur Mehrtens, Berlin, erörterte

die Bedeutung der Normenbewegung für die Gießerei.

Er berichtete über die Arbeiten des Reichsausschusses für Lieferbedingungen mit dem Deutschen Normenausschuß und dem von den Gießereiverbänden eingesetzten Normenausschuß GINA, und gab einen Überblick über die in Frage kommenden Roh- und Hilfsstoffe in der Gießerei. Die Aufstellung von Liefernormen soll vorgenommen werden für Roheisen, Schmelzzusätze, Nichteisenmetalle, Legierungen, Abfallstoffe, Schrot, Altmetalle, Schmelzkoks und sonstige Brennstoffe, feuerfeste Steine, Formsande, Kohlenstaub usw. Auch über die Vereinheitlichung der Betriebsmittel, Werkzeuge und Geräte in den Gießereien werden Fachnormen vorbereitet, sowie für den Modell- und Formmaschinenbau. Der Vortragende erläuterte die Vorteile, die durch diese Maßnahmen herbeigeführt werden und berichtete, daß das Normenblatt „Gußeisen" als Vorstandsvorlage abgeschlossen sei, das Blatt „Temperguß" im Entwurf vorliege und das Blatt „Stahlguß" endgültig abgeschlossen sei. Zum Schluß wies er darauf hin, daß alle Kreise der Industrie und Wirtschaft die Pflicht hätten, durch eine gesunde Kritik mitzuhelfen, die noch vorhandenen Mängel in den Normenentwürfen zu beseitigen und die Einführung der Liefernormen zu beschleunigen, zur Förderung der deutschen Wirtschaft.

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr.-Ing. Mathesius, Berlin, sprach über

den Kuppelofen in Theorie und Praxis der letzten Jahrzehnte.

Nach einem Überblick über die erfolgreichen wissenschaftlichen Versuche mit dem Kuppelofenbetrieb der letzten 10 Jahre werden folgende Schlußfolgerungen gezogen:

Die Schmelzleistung steht in einem gesetzmäßigen Zusammenhang mit der Windmenge, die in 1 min durch 1 m² Ofenquerschnitt strömt.

Die günstigsten Schmelzverhältnisse werden mit gutem Koks bei etwa 8 vH Satzkoks erreicht. Es ergibt sich dabei eine Schmelzleistung von 10 t/h, bezogen auf 1 m² Schachtquerschnitt, wenn etwa 100 m³/min Wind, bezogen auf 1 m² Ofenquerschnitt, zugeführt werden. Vermehrung und Verminderung dieser Windmenge beeinflussen das Schmelzergebnis im ungünstigen Sinn und erniedrigen die Eisentemperaturen.

Wird die Satzkoksmenge vergrößert, so stellt sich eine erhebliche Verminderung der Stundenschmelzleistung in Verbindung mit einer Erniedrigung der Eisentemperatur ein. Vermindert man die Satzkoksmengen, so entsteht die Gefahr einer zu niedrig liegenden Schmelzzone, womit eine Steigerung des Abbrandes und das Erschmelzen eines gasreichen Eisens verbunden ist. Unter normalen Betriebsbedingungen kann mit dem Kuppelofen eine höchste Eisentemperatur von 1400 bis 1500° erzeugt werden.

Dr.-Ing. W. Claus, Berlin, machte Ausführungen über

die Beziehungen zwischen Formart und Festigkeitseigenschaften bei Metallguß und über das Naßform-Gußverfahren.

Ausgehend von der kaum geklärten Frage der Eigenschaften gegossener Metalle in Abhängigkeit von der angewandten Formart wird auf die besondere Bedeutung ihrer Klärung für die Metallgießerei hingewiesen, bei der man bestrebt ist, vom Gießen in getrockneten Formen zum Naßguß überzugehen. An der Hand einer Untersuchungsreihe von Reinaluminium, einer Al-Cu-Zn-Legierung und einer Al-Cu-Legierung, die in Kokille, grüner und getrockneter Sandform vergossen worden war, werden die Zahlenwerte der Härte, Zerreißfestigkeit, Dehnung und Schlagarbeitsleistung erörtert und der Einfluß der Formart auf den Gefügebau behandelt.

Die Untersuchungen zeigen, daß der Naßguß im Durchschnitt um eine Kleinigkeit bessere Eigenschaften aufweist als Trockenguß. Bedeutend besser sind sie indessen bei Kokillenguß.

In mechanisch-technologischer Hinsicht bestehen demnach gegen die Einführung des Naßform-Gußverfahrens in den Metallgießereien keine Bedenken.

Dr.-Ing. Bardenheuer, Düsseldorf, besprach als letzter Vortragender

die Verbrennungsvorgänge im Kuppelofen und ihre Beeinflussung durch die Kohlenstaub-Zusatzfeuerung[2]).

Nach einleitenden Erörterungen über die Verbrennungsvorgänge und die Schmelzleistung der Kuppelöfen wird auf die Möglichkeiten eingegangen, die die Kohlen-

[2]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 233.



staub-Zusatzfeuerung[3]) bietet, um die Nachteile des üblichen Kuppelofen-Schmelzbetriebes zu beseitigen und durch Beschleunigung des Schmelzvorganges die allgemeinen Wärmeverluste, die durch Strahlung und Leitung veranlaßt sind, herabzusetzen. Durch das Einblasen eines Teiles des dem Ofenschacht zugeführten Brennstoffes in Gestalt von Kohlenstaub etwas oberhalb der Winddüsen wird in der Schmelzzone eine örtlich sehr starke Wärmeentwicklung und damit auch Temperaturerhöhung erreicht, womit vermutlich gleichzeitig auch eine bessere Verbrennung des Kokses verbunden ist. Die Folge ist die Verkleinerung der Kokssätze, demzufolge weniger Koks mit den aufsteigenden heißen Gasen in Berührung kommt, wodurch die Verluste durch Kohlenoxydrückbildung aus der Kohlensäure verringert werden.

Über die Wirkungsweise des Verfahrens und die mit ihm erreichten Wärmebilanzen ist in dieser Zeitschrift eingehend berichtet worden[4]). Der Vortragende teilt mit, daß es nach Versuchen aus der allerletzten Zeit möglich ist, das neue Verfahren so zu leiten, daß sich im Kuppelofen ein hochwertiges Gußeisen[5]) mit einer Biegefestigkeit von 46 bis 58 kg/mm² bei 10 bis 13 mm Durchbiegung und 28 bis 35 kg/mm² Zugfestigkeit im laufenden Betrieb mit Sicherheit erschmelzen läßt. [N 506]

Hamburg Lohse

[3]) Erfindung von Dr.-Ing. A. Kaiser, Oberhausen, Rhld.
[4]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 233.
[5]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 562.

Gaserzeugung

Lade-Stoßmaschine für kleinere Gaswerke

Seitdem man in der Gasfachwelt erkannt hat, welch große Vorteile die vollgeladene Retorte bringt[1]), gewann der wagerechte Retortenofen wieder mehr an Boden und ist heute in seiner verbesserten Konstruktion, dem wagerechten Kleinkammerofen, bei dem ebenfalls nur mit vollgeladenen Entgasungsräumen gearbeitet wird, dem besten neuzeitlichen Gaswerkofen gleichwertig. In neuerer Zeit baut man in England ganz große Gaswerke, für die in Deutschland bei der gegenwärtigen Einstellung nur Senkrecht- oder Schrägöfen in Frage kämen, mit Retorten großen Profils aus, die man vollständig füllt.

Auf einigen kleineren Werken hat man seit einiger Zeit eine Lade-Stoßmaschine, Abb. 1 und 2, die unter Anlehnung an die Schleudermaschine von C. Eitle konstruiert ist, in Betrieb genommen.

Man beschritt beim Bau dieser Maschine einen ganz neuen Weg; denn der Anbau der Stoßmaschine als geschlossene Einheit wäre zu teuer geworden. Deshalb verlängerte man das Schleudermundstück, das bisher vor dem Entgasungsraum endete, in der Weise, daß es gleichzeitig als Stößel benutzt werden kann. Man bildete den Stößel hohl aus und schleudert nun nach Entfernung des Kokses die Kohle durch den Stößel hindurch.

Nach Öffnen der Retorten oder Kleinkammerverschlüsse fährt man mit dem freitragend angeordneten Stoßrohr *a* in

[1]) Z. Bd. 65 (1921) S. 75.

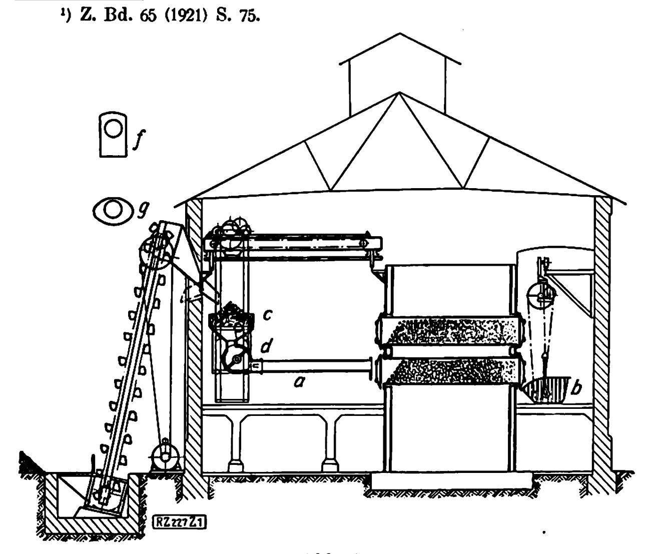


Abb. 1
Lade-Stoßmaschine für kleinere Gaswerke
a freitragendes Stoßrohr *b* Kokswagen *c* Trichter *d* Stahlgußgehäuse des Schleudergerätes *f* Stößel für Retorten, Ansicht von vorn *g* Stößel für Kleinkammern, Ansicht von vorn

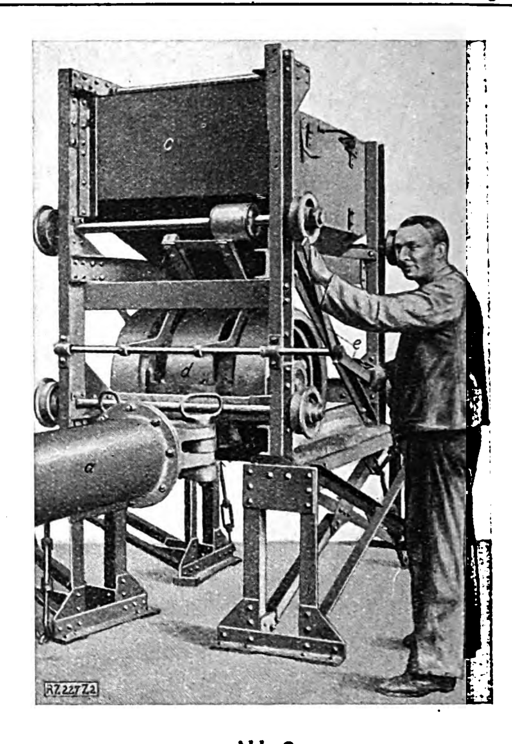


Abb. 2
Lade-Stoßmaschine auf dem Prüfstand
e Zuflußregler, s. a. Abb. 1

den Entgasungsraum und drückt den Koks durch die hint[ere] Öffnung in den Kokswagen *b*. Während oder nach erfolgt[em] Rückgang des Stößels werden die Kohlen aus dem Tricht[er] den in einem Stahlgußgehäuse *d* laufenden Stahlflügeln [zu]geführt, die den Kohlen die notwendige wagerechte [Be]schleunigung erteilen.

Die Flügel wirbeln ähnlich der Mischtrommel die Koh[le] durcheinander und werfen, da die erteilte Beschleunig[ung] größer als der notwendigen Wurfarbeit entsprechend [ge]wählt ist, die Kohlenteilchen fest aufeinander; hierdu[rch] gewinnt man, wie sonst mit der Stampfvorrichtung, ei[nen] guten Koks. Damit in der Ruhezeit der Durchgang du[rch] das Ofenhaus freibleibt, ist das Stoßrohr schwenkbar befest[igt].

Die aus dem Hängerahmen herausgehobene Masch[ine] auf dem Prüfstand mit dem ausschwenkbaren Stoßroh[r] und dem zwischen zwei Schwungrädern eingebau[ten] Schleudergerät *d* zeigt Abb. 2. Der Zufluß der Kohlen [aus] dem Trichter *c* wird mit einem zweiarmigen Hebel *e* [ge]regelt.

Kleinere Werke können mit Hilfe der Lademaschine Retorten voll beschicken und damit auf eine Garungs[zeit] von 12 h und auf den Zweischichtenbetrieb übergeh[en,] anderseits durch Dampfen der Retorten Ausbeuten und [Lei]stungen erreichen, wie sie bisher nur in großen Wer[ken] üblich waren. Ein weiterer Vorteil für die kleinen We[rke] ist der, daß mit Einführung der Maschine nun auch [die] kleinsten Werke der wagerechte Kleinkammerofen [ver]wendet werden kann, mit Hilfe dessen es wiederum m[ög]lich ist, die Leistung weiter zu steigern. [M 227]

Stuttgart Oberingenieur L. Stoc[k]

Werkstoffe

Abgekürztes Prüfverfahren zur Ermi[tt]lung der Dauerstandfestigkeit von St[ahl] bei erhöhten Temperaturen

Die bisher im Schrifttum bekanntgegebenen Arbe[iten] über die Festigkeitseigenschaften von Stahl bei erhöh[ten] Temperaturen lassen sich trennen in solche, die ohne [Be]rücksichtigung des Zeiteinflusses, und solche, die mit [Be]rücksichtigung des Zeiteinflusses durchgeführt sind.

Die erste, ältere Versuchsgruppe ergibt übereins[tim]mend für Stahl im geglühten Zustand ein stetiges [Ab]fallen der Elastizitäts- und Streckgrenze mit steigender T[em]peratur. Die Zugfestigkeit fällt mit zunehmender [Ver]suchstemperatur zu einem Mindestwert zwischen 50 [und] 200 °, steigt zu einem Höchstwert zwischen 200 und 3[00 °] an und fällt weiter mit steigender Temperatur ständig. Den Höchstwerten der Festigkeit entsprechen Mindestw[erte] der Einschnürung bei nahezu gleichen Temperaturen [und] Mindestwerte der Dehnung bei gewöhnlich etwas nie[dri]geren Temperaturen.

Die mit Berücksichtigung des Zeiteinflusses durchgeführten Versuche ergaben, daß oberhalb einer gewissen Grenztemperatur (etwa 300 °) mit gesteigerter Versuchzeit die Zugfestigkeitswerte abnehmen.

Nach den angewandten Versuchsverfahren lassen sich die Versuche in drei Hauptgruppen trennen:

a) Versuche bei gleichbleibender Temperatur mit bestimmter Dehngeschwindigkeit,
b) Versuche bei gleichbleibender Belastung mit veränderlicher Temperatur,
c) Versuche bei gleichbleibender Temperatur und Belastung.

Die letzte, vornehmlich bei neueren Untersuchungen angewandte Versuchsart bezweckt, durch stufenweises Be- und Entlasten für eine bestimmte Temperatur die Spannung zu ermitteln, bei der die anfänglich auftretende Dehnung nach einer gewissen Zeit noch zum Stillstand kommt. Bei Überschreitung der so ermittelten Grenzspannung setzt nach dem anfangs starken Dehnen ein langsames, anhaltendes Weiterdehnen bis zum Bruch des Probestabes ein. Die Ermittlung dieser kritischen Spannung erfordert sehr lange Versuchzeiten, so daß ihre Bestimmung als laufendes Werkstoff-Prüfverfahren nicht in Frage kommt.

Die von A. Pomp und A. Dahmen[1]) angestellten Untersuchungen bezweckten, ein Prüfverfahren zu ermitteln, das mit genügender Genauigkeit und in nicht allzu langer Zeit die Eigenschaften des Werkstoffes bei erhöhter Temperatur und lang anhaltender Belastung bestimmt.

Stähle mit steigendem Kohlenstoffgehalt von 0,046 bis 1 vH C sowie ein nickellegierter Stahl mit 0,09 vH C und 3,18 vH Ni wurden bei Temperaturen von 300 bis 500 ° untersucht.

Den Dehnvorgang verfolgte man in der Weise, daß der Versuchstab in die Prüfmaschine eingespannt, auf die gewünschte Temperatur gebracht und über längere Zeiträume hindurch einer gleichbleibenden Belastung ausgesetzt wurde. Nach gewissen, zunächst beliebig gewählten Zeitabschnitten wurde der Versuch am gleichen Stab mit stufenweise gesteigerter Belastung wiederholt. Gleichzeitig wurden ständig Dehnungsmessungen vorgenommen. Aus den berechneten mittleren Dehngeschwindigkeiten, bezogen auf 1 h, und den aufgezeichneten Dehnungs-Zeit-Schaulinien war zu entnehmen, daß die Dehngeschwindigkeit stark von der Beobachtungszeit abhängig ist, und daß die Dehnung mit der Zeit bei bestimmten Temperaturen und Belastungen abklingt. Als Ursache dieser Erscheinung wird die bei der Dehnung im Werkstoff auftretende Verfestigung angenommen. Es müßte also bei allen unterhalb der Rekristallisationstemperatur liegenden Prüftemperaturen ein Abklingen der Dehnung mit der Zeit auftreten. Bei sehr hohen Belastungen wird jedoch die infolge der Verfestigung auftretende Festigkeitsteigerung durch die bei der Querschnittverminderung eintretende Spannungserhöhung übertroffen, und der Werkstoff dehnt sich fortgesetzt bis zum Bruch. Mit steigender Versuchstemperatur oder steigendem Reckgrad bei gleichbleibender Temperatur nimmt die Rekristallisationsgeschwindigkeit rasch zu, so daß schon bei sehr niedrigen Belastungen, infolge der eintretenden Entfestigung, mit einem dauernden Dehnen des Werkstoffes zu rechnen ist.

[1]) Mitt. aus dem K.-W.-Inst. für Eisenforschung, Düsseldorf, Bd. 9 (1927) Lfg. 3 S. 30.

Versuche an Kupfer und Zink bei Raumtemperatur sowie an Stählen bei Prüftemperaturen oberhalb der Rekristallisationstemperatur (600 °) bestätigen den Einfluß der Rekristallisation auf den Dehnungsverlauf.

Auf Grund der aus dem Schrifttum bekannten Veröffentlichungen und der von den Verfassern angestellten Untersuchungen wird das Verhalten eines Werkstoffes bei gleichbleibender Belastung und Temperatur durch die in Abb. 3 wiedergegebene Form gekennzeichnet.

Die Höchstbelastung, bezogen auf die Querschnitteinheit, bei der das anfänglich starke Dehnen noch zum Stillstand kommt, sei als wahre Dauerstandfestigkeit bezeichnet. Oberhalb dieser Belastung dehnt sich der Stab fortgesetzt bis zum Bruch. Da die Ermittlung dieser Belastung sehr lange Versuchzeiten, möglicherweise Monate und Jahre, erfordert, wurde folgender Weg beschritten, um zu einem abgekürzten Verfahren zu gelangen.

Als praktische Dauerstandfestigkeit wird die Belastung angenommen, bei der die Dehnung in einem bestimmten, in der zweiten Dehnperiode liegenden Zeitabschnitt einen gewissen Betrag nicht überschreitet. Als zulässige Dehngeschwindigkeit wird eine solche von 0,001 vH/h festgesetzt und auf Grund der angestellten Untersuchungen die Beobachtungszeit jedesmal zwischen der dritten und sechsten Stunde nach Aufgabe der Belastung gewählt.

Durch zwei oder drei Versuche gelangt man zu Belastungswerten, denen nahe ober- oder unterhalb von 0,001 vH/h gelegene Dehngeschwindigkeiten entsprechen, und ermittelt hieraus durch Interpolation den gesuchten Wert.

In Abb. 4 und 5 ist der Verlauf des Versuches und die Auswertung schematisch dargestellt. Den Belastungen B_1, B_2 und B_3 entsprechen in der Zeit t die Dehngeschwindigkeiten a, b und c, die sich berechnen aus der Gleichung

$$\frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_0}{t} = a, \quad \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{t} = b, \quad \frac{\varepsilon_4 - \varepsilon_3}{t} = c.$$

Trägt man die Dehngeschwindigkeiten in Abhängigkeit von der Spannung auf, Abb. 4, wobei die einer Geschwindigkeit von null entsprechenden Spannungen nicht berücksichtigt werden, und verbindet die Punkte miteinander, so schneidet die Verbindungslinie eine im Abstande von 0,001 zur Ordinate gezogene Parallele im Punkte P. Die zu P gehörige Ordinate, Abb. 5, stellt die gesuchte Dauerstandfestigkeit dar.

Die Prüfung der Brauchbarkeit dieses Verfahrens ergab zufriedenstellende Ergebnisse, wie das in Abb. 6 wiedergegebene Auswertungsbeispiel an Stahl F mit 0,58 vH C bei 300 ° erkennen läßt. Weitere Untersuchungsergebnisse an Stählen mit steigendem Kohlenstoffgehalt bei 300 bis 500 ° sind in Abb. 7 wiedergegeben. Die Dauerstandfestigkeit fällt mit steigender Temperatur stark ab, am stärksten zwischen 400 und 500 °. Mit wachsendem Kohlenstoffgehalt nimmt die Dauerstandfestigkeit des Stahles zu. Eine Ausnahmestellung nimmt Stahl G mit 1 vH C ein, dessen Dauerstandfestigkeit zwischen der des Stahles A mit 0,046 vH C und der des Stahles D mit 0,23 vH C liegt. Der Grund ist in der Gefügeausbildung zu suchen. Stahl G weist ein aus kugeligem Zementit und Ferrit bestehendes Gefüge auf; die übrigen untersuchten Stähle zeigen ein Gefüge von lamellarem Perlit und Ferrit. Der Flächenanteil an Zementit beträgt in Stahl G 15 vH und der des Perlits im Stahl D 27 vH. Hieraus ist der niedrige Wert der Dauerstandfestigkeit von Stahl G zu erklären.

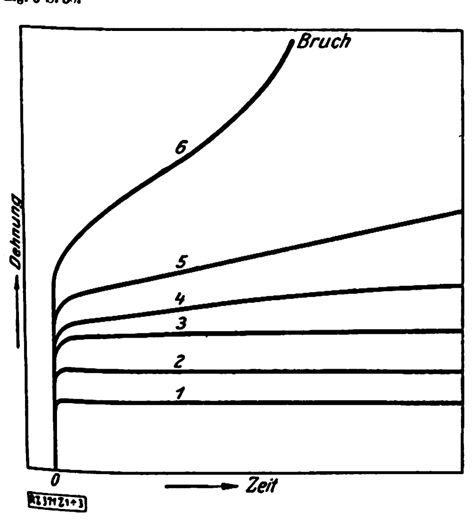


Abb. 3
Dehnungs-Zeit-Schaulinien für verschiedene Belastungsstufen (schematisch)

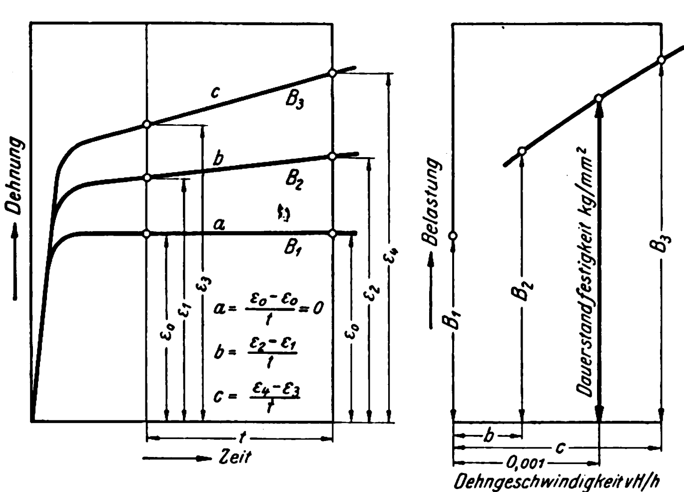
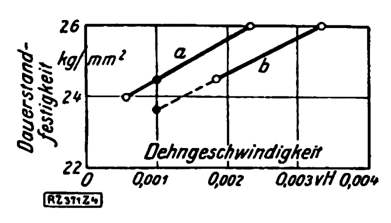


Abb. 4 und **5**
Schema eines abgekürzten Verfahrens zur Ermittlung der Dauerstandfestigkeit



	Belast. kg/mm²	Dehngeschw. vH/h	Dauerstdf. kg/mm²
a	24	0,000 56	24,4
	26	0,002 33	
b	24,5	0,001 83	23,6
	26	0,003 33	

Abb. 6
Dauerstandfestigkeit (Auswertung) von Stahl F (0,58 vH C) bei 300°

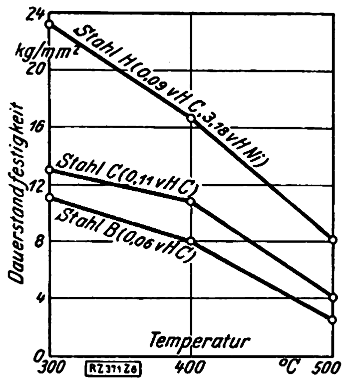


Abb. 8
Dauerstandfestigkeit von geglühten Blechen in der Wärme

Untersuchungen verschiedener Bleche mit 0,06 und 0,11 vH C sowie eines legierten Bleches mit 0,09 vH C und 3,18 vH Ni zeigten die Überlegenheit des nickellegierten Werkstoffes gegenüber den reinen Kohlenstoffstählen, Abb. 8.

Um den Einfluß der Vorbehandlung des Werkstoffes auf die Dauerstandfestigkeit zu prüfen, wurden Stahl A und D einmal im geglühten und einmal im vergüteten Zustand untersucht. Bei Temperaturen von 300 bis 400 ° zeigte sich eine beträchtliche Überlegenheit des vergüteten Werkstoffes, die jedoch bei 500 ° vollkommen verschwindet. [M 371]

Düsseldorf A. Pomp

Abb. 7
Dauerstandfestigkeit von geglühten Stählen in der Wärme

Maschinenteile

Preßsitzverbindungen mit zylindrischer Sitzfläche

Die Fortschritte der Meßtechnik in Verbindung mit den Ergebnissen der Werkstoffprüfung gestatten es, technologische Vorgänge rechnerisch zu erfassen und die auf rein praktischen Erfahrungen fußenden Arbeitsweisen und konstruktiven Ausbildungen bestimmter und in engeren Grenzen festzulegen. Eine Arbeit von Huggenberger, Zürich[1]), behandelt die Aufgaben, die beim Einpressen von Achsen in die Naben der Radsterne bei Lokomotiven und Eisenbahnwagen zu erfüllen sind.

Es handelt sich in der Hauptsache darum, die Preßverbindungen mit zylindrischer Sitzfläche zu untersuchen und die zweckmäßige Bemessung des Nabenringes und der Zugabe festzulegen. Nachdem die Bemessung des Radnabenringes rechnerisch ermittelt war, wobei sich die Nabenwanddicke gleich dem Bohrungshalbmesser ergab, wurden vier Versuchsreihen durchgeführt, bei denen die radiale Zugabe 0,082, 0,16, 0,163 und 0,318 mm bei 205 mm Nabenbohrung betrug.

Die Versuche erstreckten sich auf die Untersuchung der Radsatzpresse, die beim Ein- und Auspressen auftretenden Kräfte und Erscheinungen und auf die Verhältnisse bei verschiedenen Zugaben. Zum Vergleich wurden auch Versuche mit kegelförmigen Sitzflächen durchgeführt, bei denen der Achsenkopf eine Neigung von 1 : 200, die Nabenringbohrung eine Neigung von 1 : 300 der Kegelmantellinien hatte. Außedem wurde der Einfluß eines in axialer Richtung eing preßten Rundkeiles zur Verhinderung der Verdrehung e mittelt. Der Einfluß des Schmiermittels, über den Unge ausreichende Untersuchungen angestellt hat, wurde nicht Betracht gezogen. Als Schmiermittel wurde ein Gemis von 10 Gewichtsteilen Leinöl und 90 Gewichtsteilen Ta benutzt.

Zum Messen der Formänderungen und Beanspruchung des Nabenringes auf Stirn- und Mantelflächen wurden Hu genberger-Dehnungsmesser (Tensometer), Abb. 9, benut die außerordentliche Meßfeinheit und Empfindlichkeit n geringem Platzbedarf vereinen. Besondere Bauarten wu den zu den Messungen in den Ringzonen nahe der Nabe bohrung notwendig.

Das neuartige Einpreßverfahren bei zylindrischen Si flächen verwendet einen kegeligen Dorn mit den in Abb. wiedergegebenen Abmessungen, der vor dem Achsenk durch die Nabenbohrung gepreßt wird. Der Dorn ist Einsatz gehärtet und geschliffen, der Durchmesser sei zylindrischen Teiles entspricht dem Durchmesser der Ach

Die Ergebnisse der Versuche zeigen, daß bei zyl drischer Sitzfläche eine wesentlich gleichmäßigere Be spruchung des Nabenringes in axialer Richtung eintritt u daß daher eine wirtschaftlichere Ausnutzung des Werkstof möglich wird. Die Arbeit zum Abpressen erreichte den bis 4,5fachen Betrag des zum Abpressen bei kegeliger Si fläche gebrauchten, und zwar bei unbeträchtlicher bleib der Verformung des Nabenring-Werkstoffes. Bleibende V formung wurde bei einer radialen Zugabe von 0,320 mm etwa in die Mitte der Nabenringbreite wirkend festgeste

Das Schlichten der Sitzfläche bei wiederholtem Einpr sen ergab keinen nachteiligen Einfluß auf die Güte der V

[1]) Dr. sc. techn. A. Huggenberger, „Die Festigkeit der Preßsitzverbindungen mit zylindrischer Sitzfläche", Sonderheft der Technischen Blätter, herausgeg. von der Schweiz. Lokomotiv- und Maschinenfabrik in Winterthur.

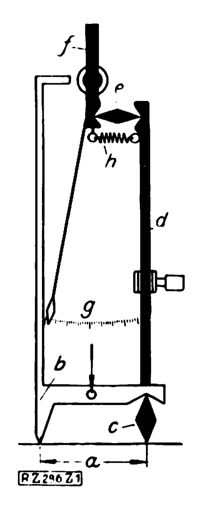


Abb. 9
Schema des Dehnungsmessers von Huggenberger

a abgegrenztes Ringlinienelement auf der Ringstirnfläche
b feststehende auswechselbare Schneide
c drehbares Schneidenprisma
d Übertragungshebel
e Kupplung
f Dreharm
g Maßteilung für 1200fache Vergrößerung
h Zugfeder zur Verbindung von *d* mit *f*

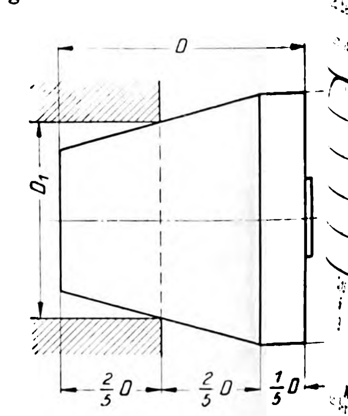


Abb. 10
Dorn für das Einpreßverfahren

Abb. 11
Das Lebensgefahrgebiet des elektrischen Stromes

bindung. Der eingepreßte Rundkeil von rd. 25 mm Dmr. vergrößerte die Haftkraft. Durch die Bohrung des Rundkeilloches wurden die Beanspruchungsverhältnisse nicht beachtenswert beeinflußt, die Verdrehungssicherheit wurde durch den Rundkeil wesentlich erhöht.

Bei den Verbindungen mit kegeliger Sitzfläche trat die Lockerung bereits bei einem Wege von halber Nabenringbreite ein, während bei zylindrischer Sitzfläche der Schlupfweg bis zur völligen Lockerung der Achse gleich der Nabenbreite war. Die Ergebnisse sprechen in jeder Weise für die Anwendung zylindrischer Sitzflächen. [M 296]

Berlin W. Deutsch

Elektrotechnik

Die Lebensgefährlichkeit niedrig gespannten Wechselstromes[1])

Allgemein wird angenommen, daß die Gefährlichkeit des Wechselstromes für das menschliche Leben mit der Spannung wachse, oder daß die Spannung selbst die Schädigung des menschlichen Körpers herbeiführe, die den Tod zur Folge hat. Diese Annahme trifft jedoch nach den Erfahrungen nicht zu. Maßgebend für die Hemmung der Herztätigkeit oder der Atmung und damit für den Eintritt des Todes ist der Strom, der den Körper durchfließt. Der Strom bemißt sich nach dem Ohmschen Widerstand, den der Körper, insbesondre in feuchten Räumen, aufweist. Die Lebensgefahr nimmt aber keineswegs mit steigender Stromstärke zu. Durch Tierversuche und Messungen bei Hinrichtungen im elektrischen Stuhl ist erwiesen worden, daß die untere Grenze der Lebensgefahr etwa bei 0,1 A und die obere bei etwa 1 A liegt, daß also bei noch höheren Stromstärken eine Berührung der stromführenden Teile nicht tödliche Folgen zu haben braucht und von einer bestimmten Stromstärke ab gefahrlos bleibt. Eine rohe Umgrenzung des Gefahrengebietes wäre demnach zeichnerisch durch ein Rechteck *ABCD* nach Abb. 11 gegeben.

Die Wahrscheinlichkeit eines tödlichen Ausganges eines Unfalles verläuft nach irgendeiner Kurve, die von null ansteigt, bei einer gewissen Stromstärke ihren Höchstwert erreicht, und dann wieder auf null fällt. Diese Wahrscheinlichkeit in vH sei hier als Gefahr bezeichnet; eine Gefahr von 60 vH bedeute, daß von 100 Unfällen voraussichtlich 60 tödlich verlaufen werden. Nimmt man in zweiter Annäherung als Stromstärke, bei der die Gefahr gleich null ist, etwa 0,05 A an und läßt man die Gefahr linear bis 0,1 A ansteigen, so erhält man den aufsteigenden Ast dieser Kurve *EB*, der, mit Abrundung an den Koordinatenanfang geführt und an die Tangente im Höchstwert von 100 vH angelegt, eine ziemlich glaubwürdige Gestalt erhält. Der Höchstwert läge dann etwa bei 0,14 A.

Über den abfallenden Ast der Gefahrenkurve kann man allerlei Vermutungen hegen, aber nichts Bestimmtes aussagen. Immerhin kommt die Beobachtung zu Hilfe, daß bei Auftreten starker Brandwunden, die von hohen Stromstärken herrühren, der Unfall nicht tödlich verläuft, und daß anderseits bei Todesfällen durch den elektrischen Strom nur geringe oder keine Verbrennungen auftreten. (Im Sinne dieser Arbeit sollen nur die unmittelbaren Todesfälle und nicht solche als spätere Folgen starker Verbrennungen betrachtet werden.) Die Gefahrenkurve dürfte daher im Bereiche der niedrigen Stromstärken vom Höchstwert ab ziemlich steil abfallen, etwa nach *FD*.

[1]) z. T. nach „Sterkstroom" Bd. 4 (1926) S. 309.

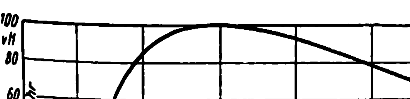
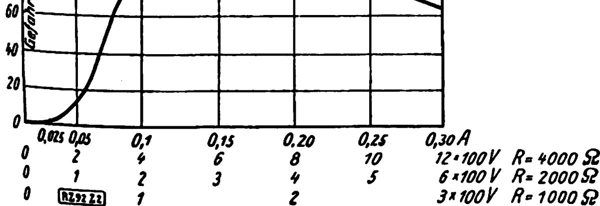



Abb. 12
Der aufsteigende Ast der lebensgefährlichen Stromkurve

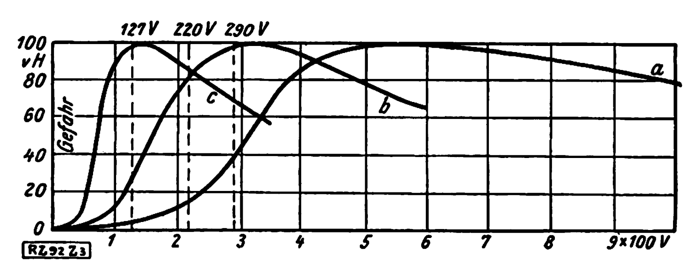


Abb. 13
Die lebensgefährlichen Spannungskurven bei verschiedenen Widerständen des menschlichen Körpers
a 4000 Ω *b* 2000 Ω *c* 1000 Ω

Für den Fall der Niederspannungen, die nur geringe Stromstärken erzeugen, ist jedoch der abfallende Ast von geringerer Wichtigkeit als der aufsteigende, der in Abb. 12 in einem vergrößerten Abszissenmaßstab aufgezeichnet ist. Diese Abbildung lehrt, daß eine Stromstärke bis 0,025 A als gefahrlos angesehen werden kann, daß ferner bei höherer Stromstärke eine starke Steigerung der Gefahr eintritt, die bei etwa 0,14 A ihren Höchstwert erreicht, und daß schließlich die Gefahr weiterhin abnimmt, um bei 1 A zu verschwinden, Abb. 11.

Der Leitungswiderstand des menschlichen Körpers in feuchten Räumen ist etwa von der Größenordnung 1000 bis 4000 Ω. Die Spannungen, die bei den in Abb. 12 gewählten Widerständen, 1000, 2000 und 4000 Ω, die auf der Abszissenachse eingetragenen Stromstärken erzeugen, sind ebenfalls in dieser Schaulinie berücksichtigt. Todesgefahr liegt demnach unbedingt vor bei 560 V für $R = 4000$, 280 V für $R = 2000$, und 140 V für $R = 1000\,\Omega$. Aus Abb. 12 können dann die Gefahrenkurven der verschiedenen Spannungen für die drei genannten Widerstände mit gleichem Maßstabe der Abszisse übereinander gezeichnet werden, Abb. 13.

Diese drei Schaulinien zeigen, daß je nach dem Leitungswiderstande des menschlichen Körpers die gleichen Spannungen ganz verschiedene Gefahren bieten[2]). Der Übersichtlichkeit wegen seien die drei gebräuchlichsten Spannungen, nämlich 127, 220 und 290 V gegen Erde, berücksichtigt und in Zahlentafel 1 zusammengestellt.

Zahlentafel 1
Gefährlichkeit der Spannungen

Widerstand des menschl. Körpers Ω	Gefahrhöhe in vH bei		
	127 V	220 V	290 V
4000	2	16	40
2000	30	90	100
1000	100	85	70

Es ergibt sich also die nach der verbreiteten Anschauung zunächst widersinnig erscheinende Erscheinung, daß eine Spannung von 127 V unter Umständen mit Gewißheit den Tod herbeiführt ($R = 1000\,\Omega$), während in anderen Fällen eine Spannung von 290 V nur mit 40 vH Wahrscheinlichkeit tödlich wirkt ($R = 4000\,\Omega$). Die Erfahrungen bestätigen dies aber; denn es sind Fälle beobachtet worden, die nicht tödlich verliefen, aber aus der Art der Verbrennungen erkennen ließen, daß die Stromstärken höher als 0,1 A gewesen waren. Es ist daher ganz unberechtigt, die Spannung allein für die Unfälle verantwortlich zu machen oder gar, wie angeblich in Schweden geplant, der behaupteten größeren Gefährlichkeit wegen für Neuanlagen von Drehstromnetzen die Spannung auf 270/127 V zu beschränken. [M 92]

Berlin Emil Klapper

[2]) Für den gesamten Leitungswiderstand des menschlichen Körpers ist der Übergangswiderstand ausschlaggebend. Er ist gering bei feuchter verschwitzter, mit Salzlösungen bedeckter Hautfläche.

Kleine Mitteilungen

Gleichstrom-Dampfmaschine mit Öldrucksteuerung

Der Personenraddampfer „Helvétie“ (Länge zwischen den Loten 70,1 m; Breite über Spanten 8,53 m; Verdrängung 560 t; Geschwindigkeit 28 bis 30 km/h) hat eine dreizylindrige Gleichstrom-Dampfmaschine besonderer Bauart von Gebr. Sulzer, Winterthur.

Die Zylinder haben sämtlich 850 mm Dmr. bei 1200 mm Hub des Kolbens. Bei 46 Uml./min, 14 vH Füllung, 90 bis 92 vH Luftleere leistet die Maschine 1500 PS_i. Der Kolben ist rd. 1100 mm lang. Die Einlaßventile werden nicht mehr durch Exzenter und Gestänge gesteuert, sondern mittels eines unter Öldruck stehenden Kolbens betätigt. Ein von der Kurbelwelle mittelbar getriebener Kolbenschieber regelt den Ölzufluß zu den Ventilen, die als gewöhnliche Tellerventile in Boden und Deckel angebracht sind.

Mit einem Hebel werden sowohl die Kolbenschieber und somit die Maschine umgesteuert, als auch die Höhe des Öldruckes geregelt. Dadurch erfolgt dann die Regelung der Maschine, da sich die Öffnung des Hauptdampfventils und der Einlaßventile dem Öldruck entsprechend einstellt.

Durch Wegfall der Steuerungsgestänge wird die Bauart der Maschine wesentlich gedrängter. Bei der Durchbildung ist ferner große Sorgfalt auf ungehinderte Wärmedehnung aller Bauteile gelegt worden; ebenso ist Druckschmierung für alle Teile vorgesehen, wobei die einstellbaren Radlager gegen Wassereintritt besonders gut geschützt wurden. („The Engineer“ 24. Juni 1927 S. 676) [N 613 d] Ls.

Entwicklung der englischen Kraftwagen-Industrie

Kerr Thomas sprach am 28. Juni d. J. in einer Versammlung der Institution of Mechanical Engineers zu Birmingham über verschiedene Einflüsse der Kraftwagenerzeugung auf die Entwicklung andrer Industriezweige. Außer einigen Hinweisen auf neue Arbeitsverfahren, z. B. das Bohren der Zylinder auf stehenden Maschinen, das Anfräsen von Keilen in Wellen usw. behandelte er besonders auch die wirtschaftlichen Wirkungen des gesteigerten Kraftwagenbaues, namentlich die Abnahme des Bedarfes an gelernten Arbeitern infolge der Zunahme von Sondermaschinen und Vorrichtungen. Die Kraftwagen-Industrie beschäftigte 1925 in England rd. 250 000 Personen, während der englische Werkzeugmaschinenbau nur etwa 15 000 beschäftigt. Auf die Werkzeugmacher, die wirklich gelernten Arbeiter, entfallen nur etwa 7 vH aller Arbeiter. Während ferner vor vier Jahren auf Grund einer Statistik der Arbeitgeber-Vereinigung in der genannten englischen Maschinenindustrie von den Gesamtausgaben 43,17 vH auf Werkstoffe, 19,84 vH auf Löhne und 36,99 vH auf Unkosten entfielen, stellt sich heute für eine Kraftwagenfabrik dieses Verhältnis auf: Material 75 vH, Löhne 11 vH, Unkosten 14 vH, alles infolge der Massenfertigung. („The Engineer“ 1. Juli 1927 S. 21/23) [N 625 b] H.

Halbbewegliche Freiluft-Unterstationen

Die Marland Oil Co. hat auf ihren Ölfeldern in Texas die Dampfmaschinen zum Antrieb der Bohrmaschinen außer Betrieb genommen und durch Asynchronmotoren ersetzt, die den Strom über sogenannte halbbewegliche Unterstationen erhalten. Diese haben Masttransformatoren von 50 kVA Leistung mit 13 200/440 V Spannung bei Dreieck-Dreieckschaltung. Der Strom wird auf der Hochspannungsseite gemessen; Strom- und Spannungswandler, Blitzschutzvorrichtungen, Drosselspulen und Schalter sitzen oberhalb der Transformatoren auf dem Eisengerüst zwischen zwei Gittermasten. Diese werden vollständig auf dem Boden zusammengebaut und dann aufgerichtet. Die Unterstationen lassen sich ohne große Schwierigkeiten an andre Plätze versetzen. („Electrical World“ 25. Juni 1927 S. 1387) [N 625 c] Pa.

Drahtlose Fehlerortbestimmung bei Seekabeln

Um die Ungenauigkeiten der Brückenschaltung zur Fehlerortbestimmung bei Seekabeln zu vermeiden, hat die Great Western Power Co., San Francisko, ein neues Verfahren ausgearbeitet. Am Ufer wird zwischen Kabel und Erde ein 3 kW leistender Umformersatz geschaltet, der Strom von 500 Per./s liefert. Dann wird der summende Ton dieses Stromes durch einen Zweiröhren-Empfänger aufgenommen, der in einem Boot aufgestellt ist, das über dem Kabel entlang geschleppt wird. Sobald die Fehlerstelle überfahren wird, verschwindet der Summerton im Kopfhörer. Bei vier Seekabelstörungen ist dies Verfahren während des letzten halben Jahres benutzt worden; die Zeit bis zum Auffinden des Fehlerortes betrug in keinem Fall mehr als 3½ h; bei anderen Verfahren waren 6 bis 24 h erforderlich. Das Verfahren kann bei Bleikabeln und bleilosen Kabeln angewendet werden. („Electrical World“ 25. Juni 1927 S. 1386) [N 625 e] Pa.

Neue Messungen der Durchflußzahl von Düsen

Die Durchflußzahl α der deutschen Normaldüsen wurde bisher nach Versuchen von Jakob und Erk zu 0,96 angenommen. S. I. Davies und C. M. White haben nun neuerdings („Engineering“ vom 1. Juli 1927) eine Normaldüse von 29 mm l. W. mit einem 38 mm weiten Staurand verglichen und aus der von Watson und Schofield bestimmten Durchflußzahl eines derartigen Staurandes die Durchflußzahl der Normaldüse neu ermittelt. Zu diesem Zweck wurde ein Vierzylinder-Automobilmotor elektrisch angetrieben und als Luftpumpe benutzt; er sog einen Luftstrom in ein Sammelgefäß durch eine Rohrleitung, in die abwechselnd die Düse oder der Staurand eingebaut war. Der Druckabfall in beiden war annähernd gleich, und es wurde daher angenommen, daß bei gleicher Umlaufzahl der Maschine auch die gleiche Luftmenge gefördert wurde. Bei der Reynoldsschen Zahl $R = 50\,000$ kommen die Beobachter zu $\alpha = 0{,}97$. Indem sie nun den Werten von Jakob und Erk eine größere Genauigkeit zuschreiben als diese selbst, schließen sie, daß α mit zunehmendem R auf etwa 0,955 bei $R = 100\,000$ sinke und dann wieder auf 0,965 bei $R = 250\,000$ ansteige. Jakob und Erk haben in ihrem Meßbereich (R = 70 000 bis 300 000) $\alpha = 0{,}961 \pm 0{,}008$ erhalten. Davies und White können also recht haben oder nicht. Für das erstere sprechen Versuche von Rateau, Leroux und Bourgeat („Comptes Rendus“ vom 26. Juli 1926) mit Wasser an einer Düse, die einige Ähnlichkeit mit der deutschen Normalform hatte und bei der α, abhängig von R aufgetragen, ebenfalls einen Mindestwert ergab und hierbei flach verlief, sowie unveröffentlichte Versuche von Jakob und Kretzschmer an Normaldüsen, die auf eine beträchtliche Zunahme der Durchflußzahl zwischen $R = 300\,000$ und $R = 900\,000$ schließen lassen. [N 625 f] M. J.

Kragträgerbrücke in Kalifornien

Die soeben fertiggestellte, rd. 1360 m lange Kragträgerbrücke über die Carquinez-Meeresstraße hat zwei große Öffnungen von je 335 m l. W. Jede Öffnung besteht aus zwei Kragarmen von rd. 100 m und einem dazwischen angehängten Teil von rd. 135 m Länge. Bei Hochwasser beträgt die lichte Höhe über dem Wasserspiegel rd. 45 m. Der mittlere Pfeiler in Eisenkonstruktion hat unten rd. 25 × 45 m² Grundfläche. Er ruht in Höhe des Wasserspiegels auf vier Betonsäulen von rd. 10,4 m Dmr. Die größte Wassertiefe unter der Brücke beträgt 30 m. Die Brücke dient für den Straßenverkehr; der Fahrweg ist 9,1 m breit. Der Bau hat 8 Mill. $ gekostet. („Automotive Industries“ 11. Juni 1927 S. 897, „Engineering News Record“ 12. Mai 1927 S. 777*) [N 625 g] Sd.

Erdbebensicheres Gebäude in Tokio

Die Mitsui-Bank erbaut gegenwärtig auf Grund der Erfahrungen des letzten großen Erdbebens von 1923 in Tokio ein neues Bankhaus, das den besonders gefährlichen Beanspruchungen in der Wagerechten bei Erdbeben standhalten soll. Das Gebäude ist 107 m lang, 49,5 m breit und grenzt auf drei Seiten an Straßen. Das Traggerüst besteht aus rd. 150 Säulen, die in Fachwerk-Gitterkonstruktion ausgeführt sind und in der Höhe des ersten Stockwerkes einen quadratischen Querschnitt von 1,45 × 1,45 m² haben, der sich entsprechend nach oben verjüngt. Die Säulen sind größtenteils im Rechteck angeordnet, so daß freie Räume von rd. 34 m² mittlerer Grundfläche entstehen. Die Deckenkonstruktion der einzelnen Stockwerke besteht aus Fachwerk. Das Gebäude hat fünf Stockwerke, von denen das unterste mit 11 m l. Höhe als ein einziger großer Raum ausgeführt ist, der dem Verkehr des Publikums dient. Für den Bau sind insgesamt 10 000 t Stahl erforderlich. („Engineering News-Record“ 23. Juni 1927 S. 1010) [N 625 h] Sd.

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Neue Wilhelmstr. 4, bezogen werden. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 3501)

Der Eisenbau. Ein Handbuch für den Brückenbauer und Eisenkonstrukteur. Von Luigi Vianello. 3. Aufl. erweitert von Luz David. München und Berlin 1927, R. Oldenbourg. 617 S. m. 640 Abb. Preis 31,50 ℳ.

Die vorliegende Neuauflage des bekannten Werkes zeigt eine wesentliche Umgestaltung und Erweiterung des behandelten Stoffes. Einleitend sind zunächst die Abschnitte „Mathematik", „Vier Grundbegriffe aus der Differential- und Integralrechnung" und „Mechanik" neu hinzugekommen. Die dann folgenden beiden Abschnitte „Einleitung zur Statik" und „Statisch bestimmte vollwandige Träger" zeigen keine wesentlichen Änderungen, bringen aber in ausreichendem Maße Hinweise auf neuere Veröffentlichungen in der Fachliteratur. Eine etwas eingehendere Behandlung des nun einmal eingeführten ω-Verfahrens für Knickstäbe erscheint vielleicht ratsam. Beim VI. Abschnitt (Statisch bestimmte ebene Fachwerke) wird abschließend der durch gedachte Gelenkeinschaltungen statisch bestimmt gemachte Pfostenträger kurz behandelt. Auch die Abhandlungen über räumliche Fachwerke und statisch unbestimmte Tragwerke (Abschnitte VII und VIII) zeigen mancherlei nützliche Ergänzungen. Allenthalben haben in erster Linie die Theorien von Müller-Breslau Berücksichtigung gefunden. Im IX. Abschnitt (Mauerwerk) sind die Berechnungen von Tonnengewölben und Stützmauern zweckmäßig gestrichen worden. Im X. Abschnitt (Technische Aufgaben) erscheinen die ausführlichen Klarlegungen bezüglich der Nietverbindungen besonders beachtenswert. Die „Praktischen Angaben" sind zweckentsprechend ergänzt und durch eine kurze Abhandlung über Ausführung und Berechnung von Brückenkranen erweitert worden. Den Beschluß der Neuauflage bildet ein Kapitel über ein verhältnismäßig schnell zum Ziele führendes Entwurfverfahren für Rahmen- und Bogendächer.

Das Werk bietet in seiner Neuauflage einen reichhaltigen, mit großer Gewissenhaftigkeit neubearbeiteten Stoff, der jedem Fachmann von ganz besonderem Nutzen sein wird. Durch reichliche Verwendung von Kleindruck konnte das handliche Ausmaß gewahrt bleiben. Das von dem Verlag gut ausgestattete Buch wird allen denen, die sich theoretisch und praktisch mit dem Eisenbau zu befassen haben, nach wie vor ein guter Ratgeber sein. [E 541] C. Kersten

Holz im Hochbau. Von Hugo Bronneck. Wien 1927, Julius Springer. 388 S. m. 415 Abb. Preis 22,50 ℳ.

Die in diesem Buch vertretene, wohl begründete und ernste Warnung zur Vorsicht und Gewissenhaftigkeit bei der Errichtung von Holzbauwerken und die leider oft zu wenig beachtete, hier aber noch einmal sehr eindringlich und auch als notwendig erkennbar ausgesprochene Ermahnung, bei der Durchführung die angeführten, mit großer Sachkenntnis gesammelten Erfahrungen zu beachten, stellen bald ein Vertrauensverhältnis dar zwischen dem Verfasser und dem Leser. Dieser erhält durch das Buch eine willkommene Sicherheit für seine Entwürfe, Berechnungen und Ausführungen. Das Buch belehrt und gibt Auskunft, und zwar von den einfachsten Anfängen des Zimmerhandwerkes bis zu den neuesten gewaltigen Konstruktionen, die man früher mit Holz nicht auszuführen wagte. Über den Baustoff, über seinen Einkauf, über seine Behandlung und Pflege, über seine richtige Verwendung, selbst über Nachbargebiete, wie über die notwendigen Hilfskonstruktionen aus Eisen für die Verbände und Knotenpunkte sind ausführliche Angaben gemacht. Dort, wo eine Anlehnung gesucht wird zu Nachbargebieten, ist eine kleine, aber geschickte Auswahl von Literatur beigefügt.
[E 370] Karl Stodieck

Der Bau langer, tiefliegender Gebirgstunnel. Von Carl Andreae. Berlin 1926, Julius Springer. 151 S. m. 83 Abb. Preis 13,20 ℳ.

Wie im Vorwort des Werkchens betont ist, dienen ihm als Grundlage Vorlesungen über Eisenbahn- und Tunnelbau an der Technischen Hochschule in Zürich. Selbst Leiter beim Bau des Simplontunnels, will der Verfasser dort und bei andern Tunnelbauten gemachte Erfahrungen dem Ingenieur-Nachwuchs erhalten.

Das Buch ist daher nicht etwa ein Lehrbuch des Tunnelbaues. Es will vielmehr nur ein solches ergänzen. Trotzdem enthält es zum besseren Verständnis manches, was aus früheren ausführlichen Arbeiten über lange Gebirgstunnel schon bekannt und was teilweise nur noch von historischem Interesse ist, namentlich in den ersten Abschnitten über mechanische Bohrung und Förderung. Und doch wird der mit dem Fachgebiet Vertraute auch dies gern lesen, weil manche andre Gesichtspunkte, eigene Gedanken, Darstellungen und Mitteilungen von Erfahrungen des Verfassers immer wieder fesseln.

Das einschlägige Schrifttum, auch solche Arbeiten, die bis dahin weniger erwähnt und beachtet worden waren, sind mit behandelt und zum Teil kritisch beleuchtet.

Sehr beachtenswert für den Bau langer und tiefliegender Gebirgstunnel sind besonders in den Abschnitten 4 bis 6, Seite 59 bis 110, die wissenschaftlich auf hoher Stufe stehenden Ausführungen über die geologischen Verhältnisse, Druck, Wärme und Wasser im Gebirge, über Lüftung und Kühlung. Sie dürften den Kern und den wertvollsten Bestandteil des Buches bilden.

Der planende oder ausführende Ingenieur wird aber auch in den letzten Abschnitten über Bau- und Betriebsweise, sanitäre Maßnahmen, Organisation und Kosten manchen willkommenen Hinweis und Anhalt finden.
[E 2678] D. Randzio

Wasserkraftjahrbuch 1925/26. Von K. Dantscher und Carl Reindl. München 1926, Richard Pflaum. 386 S. m. zahlr. Abb. Preis 16 ℳ.

Dieser 2. Jahrgang behandelt im ersten Abschnitt die Entwicklung der Wasserkraftausnutzung, im zweiten die Verwertung der Wasserkräfteenergie, zunächst im Großverbrauch der wirtschaftlich so wichtigen Elektrochemie. Es folgen Abhandlungen über Wasserkraft und Aluminium, den Belastungsausgleich in großen alpinen Wasserkraftnetzen und Untersuchungen über die Wasserkraft-Speicherung von Dampfkraftenergie. In dem Abschnitt „Ausbau der Wasserkräfte" werden u. a. Vorarbeiten für Wasserkraftausnutzung, und insbesondre die Gefällausbeute, behandelt. Die Aufsätze über die Bemessung von Wasserschlössern und ein praktisches Beispiel zur Berechnung eines Stauschwalles in einem Obergraben bei vorhandener Heberentlastung, ferner die Wassermessung bei Wasserkraftanlagen unter besonderer Berücksichtigung der Überfallmessung sind beachtenswert. Den Wasserkraftmaschinen, besonders den Kaplanturbinen, ist ein größerer Raum gegeben. Wertvoll sind die im Anhang zusammengestellten einheitlichen Bezeichnungen und Formelzeichen in der Hydraulik. [E 520] J. Hasse

Technik und Praxis der Papierfabrikation, 2. Bd.: Die Fabrikation des Zellstoffes aus Holz. 2. T.: Natronzellstoff. Von Erik Hägglund. Berlin 1926, Otto Elsner. 359 S. m. zahlr. Abb. Preis 30 ℳ.

Hägglund hat sich für die Abfassung dieses Werkes die Mitarbeit mehrerer in der Praxis fortschrittlicher technischer Arbeit stehender Ingenieure gesichert, so daß das Buch, für dessen chemischen Teil ja der Name des Autors bürgt, auch nach der technischen Seite besonderen Wert und große Lebendigkeit gewinnt. Das Verfahren, Holzstücke mit Natronlauge zu kochen, scheint ja an sich recht einfach zu sein. Aber es birgt eine Fülle von chemischen Aufgaben, da die Aufschließungsreaktion von den Veränderlichen: Laugenkonzentration, Kochzeit, Kochtemperatur und nicht zuletzt Holzart, abhängt und damit noch wichtige Nebenreaktionen einhergehen, die auf Ausbeute und Verwertbarkeit des Zellstoffs einwirken. An der Spitze der technischen Aufgaben aber steht die Notwendigkeit höchster Wirtschaftlichkeit der Verfahren.

Nach einer geschichtlichen Einleitung werden Anatomie und Chemie des Holzes recht ausführlich behandelt. Das folgende Kapitel geht mitten in die Beschreibung der Lagerung, Zerkleinerung und Sortierung des Holzes. Die Chemie der Kochung wird danach zwar anscheinend ausführlicher als ihre Technik behandelt; aber die späteren Abschnitte über Wärmetechnik und Wärmewirtschaft enthalten ja sehr vieles, was mit dazu gehört. Die sehr wichtige Aufarbeitung der vom Zellstoff getrennten Schwarzlauge wird nach der Beschreibung der verschiedenen Verfahren für diese Trennung eingehend behandelt, kürzer sodann die Verarbeitung des Zellstoffs und die Gewinnung der Nebenerzeugnisse. Die Abschnitte über die chemische Betriebsüberwachung und vor allem über die Wärmetechnik bringen aus erster Hand die neuen Untersuchungsergebnisse aus dem Betrieb und ihre anschauliche Erörterung.

Im einzelnen werden besonders die technischen Verhältnisse in Schweden und in Amerika berücksichtigt.



Deutschlands Erzeugung an Natronzellstoff ist eben sehr gering, sie beträgt nicht ganz ein Zehntel derjenigen von Schweden. [E 516]
Genf E. Färber

Die nutzbaren Mineralien mit Ausnahme der Erze und Kohlen. Von Bruno Dammer und Oskar Tietze. 2. Aufl. von Bruno Dammer. 1. Bd.: 554 S. m. 66 Abb. Stuttgart 1927, Ferdinand Enke. Preis 35,40 ℳ.

Da sich die in dem Buche stark berücksichtigten wirtschaftlichen Verhältnisse vollständig gewandelt haben, war die erste 1913 erschienene Auflage des von der Fachkritik beifällig aufgenommenen Buches in manchen Teilen veraltet. In der Neuauflage ist das Schrifttum nach Möglichkeit bis zum Frühjahr 1926 verarbeitet worden. Wenn es naturgemäß auch schwierig ist, gerade die wirtschaftlichen Angaben schon vollständig vorzulegen, so sieht man doch an allen Absätzen die bessernde Hand des Herausgebers und seiner Mitarbeiter. Die Angaben über Gewinnung usw. sind auf die Jahre nach 1920 beschränkt, das Jahr 1913 wurde aber noch zum Vergleich herangezogen. (Für ältere Angaben muß also die erste Auflage benutzt werden.) Aber nicht nur wirtschaftliche Fragen waren Veranlassung zur Besserung, sondern eine Durchsicht überzeugt, daß die Bearbeiter bemüht gewesen sind, in allen Teilen das Neueste noch zu verarbeiten.

Erfreulicherweise sind die Literaturangaben ganz wesentlich vermehrt worden, so daß das Werk stark gewonnen hat. Der vergrößerte Umfang ist zum Teil darauf zurückzuführen, doch sind auch einige Mineralgruppen neu aufgenommen worden, wie z. B. Arsen- und Kobaltmineralien und sämtliche Kali- und Magnesiasalze. 42 Mineralgruppen werden besprochen, darunter Diamant, Graphit, Quarz, Bauxit, Steinsalz, Kali-Magnesiasalze, Flußspat, Kalkspat, Magnesit, Radiumerze. Bei jeder Gruppe ist die bewährte Einteilung beibehalten worden: Vorkommen und Zusammensetzung, Gewinnung, Verwendung, Bewertung. Wirtschaftliches. [E 490] Harrassowitz

Lebende Bücher. Herausgeg. von Adalbert Deckert. **Postbetriebsmechanik.** Von Hans Schwaighofer. 1. u. 2. Bd. 1. Bd.: 428 S. m. 181 Abb. 2. Bd.: 438 S. m. 275 Abb. Wittenberg 1927, A. Ziemsen. Preis zus. 25 ℳ.

Die Entwicklung der Großstädte führt zu einer gewaltigen Anhäufung des Postverkehrs an einzelnen Punkten. Die hierbei auftretenden Förderaufgaben unterscheiden sich aber von denen der „Massenförderung" im üblichen Sinn insofern, als die einzelnen Sendungen nicht nur nach Größe und Art verschieden sind, sondern auch nach ihrer Bestimmung dem Einzelfall entsprechend behandelt werden müssen. Dies rechtfertigt es, wenn der Verfasser von einer „Postfördertechnik" spricht. Man hat zum Teil die bekannten Fördermittel dem Zweck anpassen, zum Teil aber auch ganz neue Förder- und Verteilanlagen erfinden müssen, wie die Paketverteilturbine im Paketzustellungsamt am Marsfeld in München.

Das Schwaighofersche Buch gibt eine Fülle von wertvollem Stoff und reiche Anregungen für den Fachmann. Wenn auch die Anforderungen des Postbetriebes sich kaum an andrer Stelle wiederholen, so wird doch oft eine hier gefundene Lösung ein unerwartetes Licht auf solche Aufgaben werfen, die in ganz neuem Zusammenhange gestellt sind. Das Werk enthält neben allgemeine[n] Grundlagen für den Entwurf von Postförderanlagen un[d] für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit eine ausge[-] dehnte Sammlung wichtiger Beispiele aus dem In- un[d] Ausland. Es stellt eine äußerst wertvolle Bereicherun[g] der Literatur über Förderanlagen dar, die jedem Fach[-] genossen zum Studium empfohlen werden kann.
[E 512] G. v. Hanffstengel

Die Berechnung elektrischer Leitungsnetze in Theorie un[d] Praxis. Von Clarence Feldmann. 4. Aufl. Berli[n] 1927, Julius Springer. 554 S. m. 485 Abb. Preis 38 ℳ.

Aufgaben aus der Elektrotechnik. Von Rob. Mayer. 2. T[.:] Wechselstromtechnik. 2. Aufl. Leipzig und Wien 192[7,] Franz Deuticke. 207 S. m. 116 Abb. Preis 7 ℳ.

Berechnung vielfach statisch unbestimmter biegefester Sta[b-] und Flächentragwerke. 1. T.: Dreigliedrige System[e.] Von Peter Pasternak. Zürich und Leipzig 19[2?,] Gebr. Leemann & Co. 273 S. m. 77 Abb. u. 3 Taf. Pr[eis] 13 ℳ.

Sammlung Göschen, 611. Bd.: **Experimentalphysik.** V[on] Robert Lang. 1. T.: Mechanik der festen, flüssigen u[nd] gasigen Körper. 3. Aufl. Berlin und Leipzig 1926, W[al-]ter de Gruyter & Co. 146 S. m. 125 Abb. Preis 1,50 [ℳ.]

Handbuch der Mineralchemie. Herausgeg. von C. Doe[l-]ter und H. Leitmeier. 4. Bd. 9. T.: S. 321 bis [...] m. vielen Abb. Leipzig 1926, Theodor Steinkopff. Pr[eis] 8 ℳ.

Deutscher Verein von Gas- und Wasserfachmännern. 35[. u.] 36. Zusammenstellung der Betriebsergebnisse von Was[ser-]werken. Betriebsjahre 1923/24/25. München 1927, R. [Ol-]denbourg. 169 S. Preis 20 ℳ.

Die Entwicklung der Unkostensätze und Nebenbetri[ebs-]unkosten in Maschinenfabriken und verwandten Betrie[ben.] Von K. Seyderhelm. Berlin-Charlottenburg 1[9..,] Verein Deutscher Maschinenbauanstalten. 16 S. m. 13 A[bb.] Preis 5,50 ℳ, für Mitglieder 2,75 ℳ. (Vergl. S. 1018 di[eses] Heftes.)

Ergänzungsbände zur Zeitschrift für betriebswirtschaftl[iche] Forschung, 11. Bd.: **Das deutsche betriebswirtschaftl[iche] Schrifttum über die Maschinenindustrie.** Von W. Mi[...] Leipzig 1927, G. A. Gloeckner. 149 S. Preis 9 ℳ.

Die deutsche Wirtschaft und ihre Führer. 10. Bd.: [Der] **deutsche Braunkohlenbergbau.** Von W. Oellerich [...] G. Czempin. Gotha 1927, Flamberg-Verlag. 1[...] Preis 6 ℳ.

Wanderungen durch die mittelrheinische Industrie, 2. [...] Ein Gang durch das Gaswerk Mainz. Von P. Sta[...] 2. Aufl. Mainz 1927, Georg Aug. Walter. 103 S[.] 129 Abb. Preis 2 ℳ.

25 Jahre VEI. Ein Rückblick auf die fünfundzwanzigjäh[rige] Tätigkeit des Verbandes deutscher Elektro-Installati[ons-]Firmen E. V. 1902 bis 1927. Herausgeg. von H. Bu[...]wald. Frankfurt a. M. 1927, Selbstverlag. 152 S[...] Abb. Preis 6,50 ℳ.

Patentní Pravo v Československé Republice. Von Lu[...] Spirk. Praha 1927, Václav Petr. 526 S. Preis 6[...]

Zur Vierteljahrhundertfeier des Vereins für Wasser-, Bo[den-] und Lufthygiene. Berlin-Dahlem 1927, Selbstverlag [der] Landesanstalt für Wasser-, Boden- und Lufthyg[iene.] Preis 4,50 ℳ.

Schluß des Textteiles

I N H A L T :

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 71 SONNABEND, 23. JULI 1927 NR. 30

Der Mississippi und seine Hochwasser [1]

Von Oberregierungs- und Baurat R. Seifert, Berlin

Der Abflußvorgang im Stromgebiet des Mississippi, die Entstehung und der Verlauf der Hochfluten und ihre Wirkungen

Durch ein Hochwasser von ganz ungewöhnlichen Ausmaßen und verheerendsten Wirkungen hat der Mississippi im Frühjahr 1927 die Aufmerksamkeit der Welt auf sich gelenkt. Noch fehlen in Deutschland zuverlässige Angaben[1a]) über die Einzelheiten der Ursachen dieser Flut, über Regen- und Schneeverhältnisse der vorhergegangenen Zeit, über die Pegelstände der Nebenströme und des Hauptstromes und das Zusammentreffen ihrer Flutscheitel sowie über die zahlreichen Dammbrüche und die Dammdurchstiche zur Entlastung des Stromes. Soviel aber geht aus den Meldungen hervor, daß es sich um ein außerordentliches Ereignis in dem von Überschwemmungen oft betroffenen Stromgebiet handelt.

Aus den Angaben früherer großer Hochwasser läßt sich ein Bild über das diesjährige gewinnen. Eine erschöpfende Darstellung ist in diesem Rahmen nicht möglich.

Gewässernetz und Abflußvorgang

Das Stromgebiet des Mississippi ist mit rd. 3,22 Mill. km² eines der größten der Erde, Abb. 1. Es liegt mit Ausnahme eines kleinen, zu Kanada gehörigen Zipfels im äußersten Nordwesten ganz in den Vereinigten Staaten von Amerika und nimmt 41 vH ihres Flächeninhalts ein (ohne Alaska und die Inseln)[2]).

Wirtschaftlich ist es von der allergrößten Bedeutung, sowohl landwirtschaftlich wegen des Weizen-, Mais-, Baumwoll- und Zuckerrohranbaues, der Viehzucht und der Wälder, wie auch bergbaulich (Kohle, Petroleum, Eisen und Kupfer) und gewerblich auf allen Gebieten. Daneben finden sich im Osten und Norden aber auch sehr dünn besiedelte Prärien, wüstenhafte Gebiete und Hochgebirge. Es reicht vom 50. bis 29. Breitengrad, was etwa der Lage von Brüssel und Kairo (Ägypten) entspricht.

Im Osten ist das Einzugsgebiet durch das Alleghanygebirge mit 900 bis 2000 m Höhe begrenzt, im Westen durch die östlichen Ketten des Felsengebirges, deren Gipfel bis auf 4400 m ansteigen. Nach Norden ist die Wasserscheide wenig ausgeprägt; bei Chikago werden sogar künstlich etwa 200 m³/s aus dem Michigansee in den Illinois zum Mississippi abgeleitet. Ebenso ist die Wasserscheide gegen die südlichen Nachbarflüsse im Tiefland niedrig. Der Hauptteil des Gebietes ist nach dem Mittelbecken sanft abgeböscht und sehr flach; die Ströme haben daher außerordentlich geringes Gefälle, nachdem

[1]) Nach amtlichen Veröffentlichungen des U. S. Department of Agriculture, Weather Bureau, des U. S. Department of the Interior, Geological Survey, und des Chief of Engineers.

[1a]) Einige Angaben sind auf S. 1043 nachgetragen.

[2]) Das Gebiet des Rheines einschließlich der Maas umfaßt 0,224 Mill. km², also nur 7 vH davon, Abb. 1.

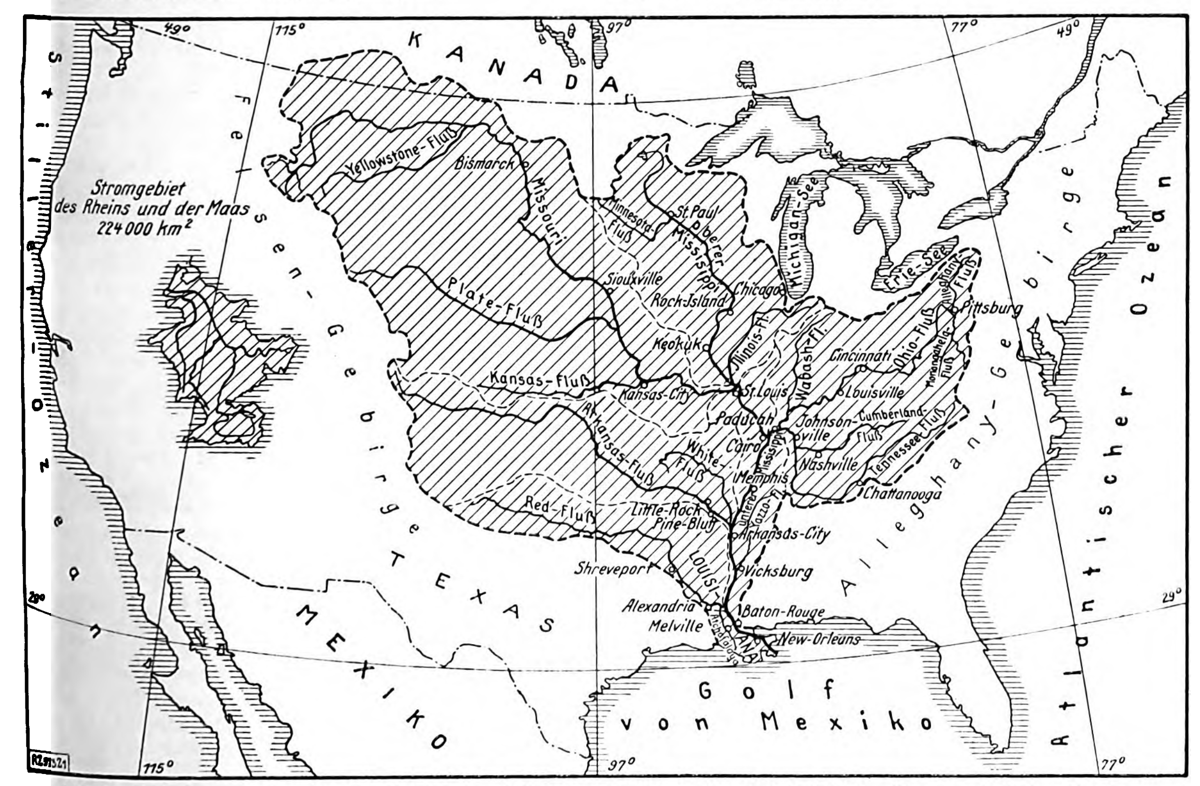


Abb. 1. Gliederung des Stromgebietes des Mississippi. Zum Vergleich ist das Stromgebiet des Rheines im gleichen Maßstab eingezeichnet.

sie die Cañons und Stromschnellen der Oberläufe überwunden haben. Die Mündung schiebt sich fingerförmig in den Golf von Mexiko um jährlich etwa 80 m vor, die zahlreichen Arme heißen Pässe.

Abb. 1 zeigt die Gliederung des Stromgebietes, Zahlentafel 1 die Flächeninhalte und Lauflängen.

Zahlentafel 1

	Gewässernetz		
	Einzugsgebiet km²	vH	Lauflänge km
Oberer Mississippi, Itaskasee bis St. Louis	446 000	14	2 140
Missouri, Vereinigung der drei Quellflüsse bis St. Louis	1 374 000	43	4 450
Ohio, von Pittsburg bis Cairo	530 000	16	1 560
Arkansas	456 000	14	2 400
Red River	234 000	7	1 900
Unterer Mississippi, St. Louis bis Mündung	182 000	6	2 030
Zusammen	3 222 000	100	

Man unterscheidet sechs Hauptgebiete, die von sehr verschiedener Natur, Größe und Bedeutung sind.

Der obere Mississippi, der dem ganzen Stromsystem den Namen gegeben hat, ist weder nach Lauflänge, noch nach Wasserreichtum der Hauptfluß. Aber er hält die Haupttalrichtung von Norden nach Süden durchaus inne. Der Mississippi (d. h. großes Wasser) entspringt in etwa 500 m Seehöhe, sein Quellauf bis zum Itaskasee ist 720 km lang, von da bis zur Mündung beträgt die Lauflänge rd. 4170 km, davon sind 3600 km schiffbar. Die Niedrigwassertiefe in der Stromrinne wächst von 4,6 m bei 110 m Niedrigwasserbreite bei St. Paul auf 5,5 m bei 1500 m Breite unterhalb der Ohio-Mündung und 28,5 m bei 670 m Breite in der Gegend von New-Orleans 174 km oberhalb der Mündung an. Die Tiefen sind jedoch nicht etwa durchgängig vorhanden, und die Sandbänke in der Stromrinne liegen bei Niedrigwasser oft nur 1,1 m unter Wasser. Die Regulierungsentwürfe des Mississippi und der Nebenflüsse rechnen nur mit rd. 3 m Fahrtiefe bis Chikago und beim Ohio bis Pittsburg aufwärts.

Das Gefälle des Mississippi zwischen St. Paul und St. Louis beträgt nur 83 mm/km. Die mittlere Niederschlaghöhe des oberen Mississippigebietes beträgt 700 mm im Jahre, im nördlichen Teil steigt sie bis auf 870 mm, im südlichen bis auf 1020 mm. Die Hochwassermenge bei Rock Island, 520 km oberhalb St. Louis, beträgt bei 241 000 km² Einzugsgebiet 7200 m³/s, die Niedrigwassermenge 600 m³/s[3]). Bei St. Louis beträgt die mittlere jährliche Abflußmenge des ganzen oberen Mississippibeckens 3540 m³/s, entsprechend 8 l/s km².

Der rauhe Festlandwinter im Nordteil bringt eine Eisdecke von 30 bis 60 cm Dicke und 3 bis 4 Monate Schneefall. Der Eisgang spielt jedoch in der Regel keine Rolle beim Hochwasser. Im Südteil des oberen Mississippi ist der Winter milder.

Der Missouri (d. h. Schlammfluß) ist nach seiner Lauflänge und Gebietgröße der Hauptstrom. Von der Vereinigung seiner drei Quellflüsse im Felsengebirge bis zur Mündung in den Mississippi bei St. Louis ist er 4450 km lang, bis zum Golf von Mexiko rd. 6480 km. 4600 km sind schiffbar. Seine Hauptzuflüsse empfängt der Missouri aus dem Felsengebirge, das im Winter große Schneemassen trägt, sonst aber arm an Niederschlägen ist. Sein Oberlauf hat die Eigenart eines Hochgebirgsflusses mit Niedrigwasser im Winter und Hochwasser im Mai und Juni. Die mittlere jährliche Abflußmenge des Missouri beträgt etwa 3000 m³/s oder 2,2 l/s km², also sehr wenig.

Das Niederschlagsgebiet der beiden Ströme bis St. Louis beträgt 1,825 Mill. km² oder 57 vH des gesamten Mississippi-Beckens. Bei Hochwasser führt der Fluß bis 32 000 m³/s, bei Niedrigwasser bis hinab zu 680 m³/s Wasser. Von St. Louis bis zur See hat der Fluß 2030 km Länge und 115 m oder 57 mm/km Fallhöhe bei Niedrig[wasser].

Der bei weitem wasserreichste Nebenfluß des Missis[sippi] ist der Ohio, der das sehr regnerische Gebie[t] zwischen der Bodenschwelle südlich des Erie-Sees un[d] dem Alleghanygebirge entwässert. Er entsteht aus de[r] Vereinigung der beiden schiffbaren Flüsse Alleghan[y] und Monongahela bei Pittsburg, von da bis zur Mündu[ng] bei Cairo ist er 1560 km lang.

Die mittlere jährliche Abflußmenge des Ohio betr[ägt] 8500 m³/s = 16 l/s km², die Hochwassermenge 42 500 m³[/s], die Niedrigwassermenge 1400 m³/s. Die Wasserstan[ds]höhe schwankt bei Cincinnati um nicht weniger [als] 22,6 m[4]). Es kommt ein Anstieg von 3,3 m in 12 h od[er] 6 m in 24 h vor oder ein Abfall um 8,5 m in zwei Tag[en]. Die Wasserführung wechselt also äußerst schroff. [Die] mittlere Regenhöhe beträgt 1140 mm, und zwar im Nord[en] 890 mm, im Süden 1780 mm.

Obgleich das Einzugsgebiet des Ohio nur ein Drit[tel] von dem des vereinigten Mississippi und Missouri ist, [ist] die Niedrig- und Mittelwasserführung des Ohio 1,3 mal, [die] größte Abflußmenge 1,5 mal so groß wie die des verein[ig]ten Mississippi und Missouri.

Der Tennessee ist wohl der ungebändigtste [der] Ohio-Zuflüsse, seine Wasserführung schwankt zwischen [...] und 18 300 m³/s bei 101 000 km² Einzugsgebiet, s[ein] Wasserstand wechselt im Unterlauf um rd. 15 m[5]).

Das Gefälle des Ohio ist mit Ausnahme der Str[om]schnellen von Louisville sehr gleichmäßig und geri[ng,] im Durchschnitt 83 mm/km. Die Mündung des Ohio [bei] Cairo liegt nur 300 km unterhalb der des Missouri. H[ier] sind 2,343 Mill. km² oder 73 vH des Stromgebiets [des] Mississippi gesammelt, während die Lauflänge bis z[um] Meere noch 1730 km beträgt. Das Gewässernetz ist s[o] ausgesprochen fächerförmig gestaltet, so daß dadu[rch] wie auch durch das außerordentlich schwache Gefälle [der] unterliegenden Strecke des Mississippi von 53 mm/km, [die] Bildung sehr hoher langanhaltender Wasserstände [...]gemein begünstigt wird.

Die aus dem Felsengebirge entströmenden rec[hts]seitigen großen Nebenflüsse des unteren Mississippi, A[r]kansas und Red River, sind im Vergleich zum O[hio] im allgemeinen zahmer und wasserarm. Bei einzel[nen] Hochwassern, so auch 1927, wirkt aber besonders der [Ar]kansas kräftig mit. Im Quellgebiet, das bis 4400 m hin[auf]reicht, fallen 500 bis 570 mm als Schnee, während die [Ge]biete östlich davon 300 bis 900 mm Niederschlag empf[an]gen. Die Hochwässer sind teils Schmelzfluten, teils [auf] Wolkenbrüche zurückzuführen. Zu Zeiten ist das [...] fast wasserleer, viele Nebenflüsse versiegen im Som[mer] gänzlich. Das Klima ist im unteren Gebiet subtropisch. [Zu] Bewässerungszwecken waren 1912 im Gebiete des [Ar]kansas Speicherbecken mit 250 Mill. m³ Inhalt angel[egt].

Sehr regenreich ist das Gebiet, das zum unter[en] Mississippi unmittelbar entwässert. Schon die du[rch]schnittliche Regenhöhe im März beträgt 150 mm, [...] Januar, Februar und März 380 mm, in Hochwasserjah[ren] steigt sie auf das doppelte. Unterhalb Cairo beträgt [die] Hochwassermenge 57 300 m³/s und die Niedrigwas[ser]menge rd. 2000 m³/s. Für New-Orleans wurde 1927 [...] Zahl von 80 000 m³/s genannt. Der Hochwassersch[eitel] braucht von Cairo bis New-Orleans einen Monat. [Bei] dem äußerst geringen Gefälle von 32 mm/km bei Nied[rig]wasser, 44,5 mm/km bei Hochwasser auf der Strecke [von] Vicksburg bis Baton Rouge findet das Wasser nicht re[cht] genug Abfluß. Unterhalb der Mündung des Red River [auf] einer 470 km langen Strecke macht sich bei Niedrigwa[sser] bereits der Tideeinfluß der See bemerkbar.

Der jährliche Gang der Wasserstan[ds]schwankung an einigen Hauptpegeln ist in Ab[b. ...] dargestellt. Der obere Mississippi (St. Paul) hat im M[...] das höchste monatliche Mittelwasser, der Missouri (K[an]sas-City) im Juni, einen Nebenscheitel im April, b[eide] Scheitel treten auch in St. Louis auf. Der Ohio (Cin[cin]nati) mit seinem Höchststand im März verlegt den Sche[itel]

[3]) Der Rhein unterhalb der Moselmündung hat bei einem Einzugsgebiet von rd. der halben Größe etwas größere Abflußmengen.

[4]) Der Rhein bei Köln hat äußerstenfalls bei Eisstau 12,5 m, [...] 9,5 m Pegelschwankung.

[5]) Der Rhein bei Caub führt bei gleichgroßem Einzugsge[biet] 530 m³/s bis 8500 m³/s bei 8,50 m Wasserstandunterschied.

Zahlentafel 2

Niederschlaghöhen und Abflußmengen, die zum Hochwasser von 1922 führten[1])

Niederschlag-gebiet	Februar		März		April		Zusammen etwa	
	Niederschlag-höhe mm	Abflußmenge Mill. m³	Niederschlag-höhe mm	Abflußmenge Mill. m³	Niederschlag-höhe mm	Abflußmenge Mill. m³	Niederschlag-höhe mm	Abflußmenge Mill. m³
hio	17,80	11,7	44,40	29,4	31,79	20,9	93,99	62,0
berer Mississippi .	6,86	4,4	12,94	8,2	18,30	11,5	38,10	24,1
nterer „ .	10,16	11,5	17,51	20,0	7,62	8,7	35,29	40,2
issouri	8,64	3,9	31,75	10,6	34,03	15,8	74,42	30,3
rkansas	8,64	3,7	25,90	11,1	23,37	100,0	57,96	24,8
ed River	10,67	4,9	19,30	8,2	17,52	8,2	47,49	21,3
n ganzen	62,77	40,1	151,80	87,5	132,63	75,1	347,20	202,7
bflußverhältnis . .	—	0,27	—	0,25	—	0,23	—	0,25

[1]) Die Niederschlagmassen der Teilgebiete sind aus Isohyeten ermittelt und sodann auf das wirksame Gesamtgebiet des Mississippi, Zahlentafel 5, als Niederschlaghöhen in mm umgerechnet; dies Verfahren ist in Deutschland nicht üblich. Hier wird der amerikanischen elle gefolgt. Das Verhältnis von Abflußmasse zu Niederschlagmasse ist als unveränderlich in den Teilgebieten angenommen. Genaue Abfluß-essungen liegen nicht zugrunde.

n ganzen Stromlauf unterhalb Cairo auf den April. Der rkansas mit seinem Höchststand im Mai vermag den Ab-ll zum Mai hin nur etwas aufzuhalten.

Die niedrigsten Wasserstände treten im Arkansas be-its im August, im Ohio im September, im unteren Mis-sippi im Oktober und November, im oberen im Dezember f. Der untere Missouri hat im Januar Niedrigwasser.

Für das Hochwasserjahr 1922 sind die durchschnitt-hen Niederschlaghöhen und Abflußmassen der Teilge-te des Mississippibeckens für die entscheidenden Hoch-

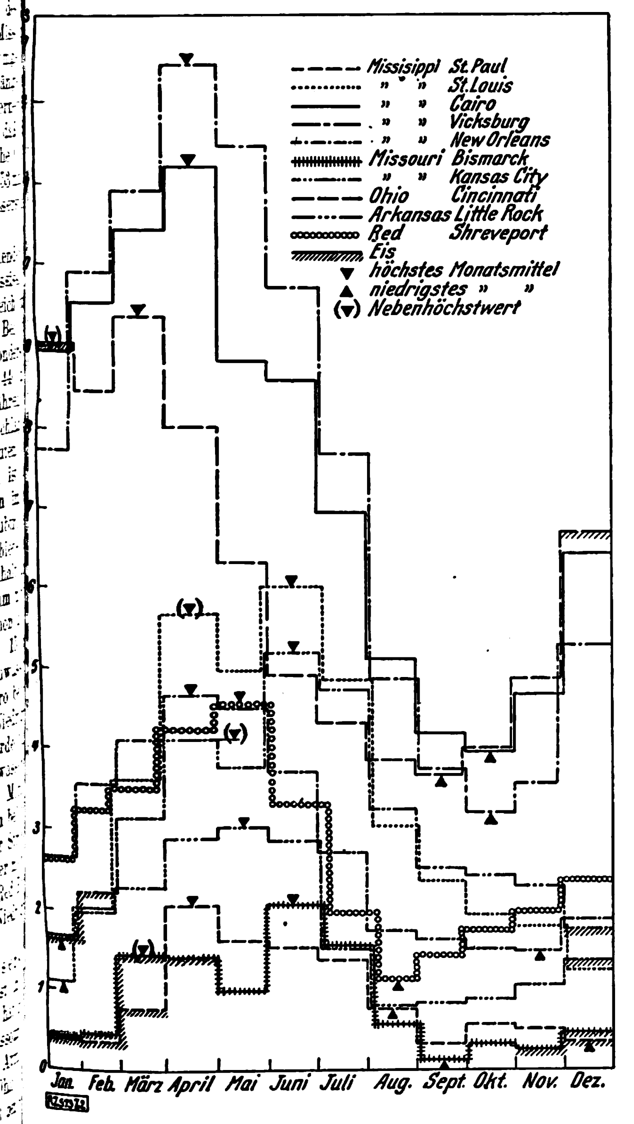


Abb. 2
Mittlere monatliche Wasserstände der Jahresreihe 1913 bis 1924 (ohne das Jahr 1920)

wassermonate Februar, März und April in Zahlentafel 2 zusammengestellt.

In andern Hochwasserjahren sind die Niederschlag-massen und ihre Verteilung natürlich anders. Die durch-schnittliche Niederschlaghöhe für 1922 des Gesamtgebiets betrug 349 mm, das entspricht einer Regenmasse von 1120 km³ in drei Monaten. Die Abflußmasse dieser Mo-nate ist zu rd. 200×10^9 m³ oder durchschnittlich 26 400 m³/s, der Abflußbeiwert zu 0,25 geschätzt worden. Örtlich und zeitlich sind die Niederschläge noch größer. So sind am Red River bis 610 mm in drei Monaten, am unteren Missouri bis 175 mm in einer Woche beobachtet worden. In größeren Gebieten des Ohio sind bei andern Fluten Niederschläge von über 100 mm an einem Tage gemessen worden, vereinzelt 150 mm.

Inzwischen sind die amtlichen Wetter- und Wasser-standberichte bis Ende März 1927 in Deutschland einge-troffen; hiernach kann man sich bereits einen Überblick über die Anfänge des diesjährigen Frühjahrshochwassers machen.

Im Januar 1927 haben die Niederschläge im Gebiet des Ohio und Arkansas die durchschnittliche Höhe bis um 100 mm übertroffen, auf großen Flächen um 50 mm. Im Februar war der Überschuß minder groß, er erstreckte sich hauptsächlich auf das Felsengebirge und das Quell-gebiet des Ohio, während das Tal des mittleren Missis-sippi Fehlbeträge bis zu 50 mm aufwies; bis weit in den Süden — Shreveport und Vicksburg — kamen Schnee-fälle vor; im Quellgebiet des Ohio fielen bis 75 cm Schnee. Ende Februar lag eine zusammenhängende Schneedecke im Bereich des Arkansas, Missouri, oberen Mississippi und oberen Ohio von rd. 5 cm mittlerer Höhe. Der März brachte wiederum recht bedeutende Niederschläge, die fast im ganzen Stromgebiet das gewöhnliche Maß beträchtlich übertrafen, am meisten am mittleren Mississippi, wo der Überschuß bis auf 150 mm stieg. Ein großer Teil der Niederschläge fiel als Schnee. Die Wärme übertraf die mittlere des März fast durchweg, am meisten im Nordteil, wo der Überschuß bis zu 4,5 °C stieg. Hierdurch wurde die Schneedecke weggewaschen. Ende März lagen nur noch im Felsengebirge, wo die Temperatur unter der mittleren zurückgeblieben war, Reste davon. Die Abfluß-mengen sind durch die Schneeschmelze sicher beträchtlich vermehrt worden. Entsprechend der Zugrichtung der Tiefdruckgebiete, die vielfach dem weiter unten erwähnten „Südwest-Typ" angehörten, herrschten im März im ganzen Gebiet Winde aus südlichen Richtungen vor. Der Januar brachte in verschiedenen Gebieten bereits Hochwasser. Die Wasserstände im Februar überschritten die Gefahrlinie an einer Reihe von Pegeln. Im März verbreitete sich die Flut weithin, der sonst so gefährliche Ohio blieb mäßig erregt. Der mittlere und der untere Mississippi stiegen stetig an. Die entscheidende Wendung zum verheerenden Hochwasser ist erst im April eingetreten.

Wetterlage

Die Hochwasser werden durch folgende Wetterlage hervorgerufen: Stürme vom „Südwest-Typ" brechen von der Nordküste des Stillen Ozeans über das Zentralplateau und das Felsengebirge in Texas ein. Die Sturmbahn

Zahlentafel 3

Anzahl der Hochwasser mit Überschreitung der Gefahrgrenze und der schweren Hochfluten ()

Pegelstelle	Strom	1871/1880	1881/1890	1891/1900	1901/1910	1911/1922[1])	Summe	Mittlere Zeiträume zwischen zwei Fluten Jahre
Cincinnati	Ohio	4 (1)	7 (6)	7 (5)	9 (5)	12 (7)	39 (24)	1,33 (2,17)
Johnsonville (Tenn.) . . .	Tennessee	—	7 (5)[2])	6 (4)	3 (1)	10 (6)	26 (16)	1,65 (2,69[3]))
Nashville (Tenn.)	Cumberland	4 (1)	7 (5)	6 (2)	3 (1)	12 (7)	32 (16)	1,62 (3,25)
Kansas-City (Mo.)	Missouri	1 (0)	2 (0)	5 (0)	7 (3)	8 (2)	23 (5)	2,26 (10,4)
St. Louis (Mo.)	Mississippi	1 (0)	3 (1)	3 (1)	6 (3)	6 (0)	19 (5)	2,74 (10,4)
Memphis (Tenn.)	„	5 (0)	8 (0)	6 (0)	9 (4)	10 (6)	38 (10)	1,37 (5,20)
Vicksburg (Miss.)	„	7 (1)	10 (3)	7 (5)	7 (2)	9 (6)	40 (17)	1,30 (3,06)
New-Orleans (La.)	„	7 (1)	10 (1)	9 (3)	6 (3)	7 (5)	39 (13)	1,33 (4,0)
Little Rock (Ark.)	Arkansas	12 (4)	9 (2)	6 (2)	6 (1)	4 (0)	37 (9)	1,41 (5,78)
Alexandria (La.)	Red River	—	—	2 (0)	3 (1)	5 (0)	10 (1)	3,80 (38,0[4]))

[1]) 12 Jahre [2]) einschließlich 1880 [3]) 43 Jahre [4]) 38 Jahre.

bewegt sich dann in nordöstlicher Richtung, zumeist längs des Ohiotales rasch vorwärts, das Hochdruckgebiet liegt auf der Nordseite. Es wird also warme feuchte Luft vom Golf angesaugt. Diese Stürme treten am häufigsten vom Januar bis April auf und haben schwere Regenfälle im Gebiet des unteren Mississippi und des Ohio im Gefolge.

Schon gewöhnliche Regenfälle genügen im Winter, um Hochwasser im unteren Mississippi hervorzurufen, so daß außerordentliche Niederschläge Überschwemmungsgefahr in diesem Gebiete verursachen, ehe noch das Hochwasser des Ohio eintrifft.

Der Ohio und seine Nebenflüsse, hauptsächlich die südlichen, sind unruhige und schnellfließende Ströme, die rasch anschwellen. Die Regenhöhen in den Alleghanys sind besonders groß. Infolgedessen muß ein vom Ohio kommendes Hochwasser, das auf den bereits hochgehenden Mississippi trifft, in diesem schwere Fluten erzeugen. Der Ohio und der untere Mississippi allein können ein großes Hochwasser hervorbringen, ohne daß der obere Mississippi und seine westlichen Nebenflüsse mitwirken. Tatsächlich haben die letztgenannten gewöhnlich nur mittlere Wasserführung, wenn der Ohio und der untere Mississippi ihr Hochwasser bringen.

Mit zunehmender Größe des Niederschlagsgebietes sinkt die Wahrscheinlichkeit gleichzeitiger Überregnung. Ein Zusammentreffen der Hochwasser aller Nebenflüsse ist noch nie beobachtet worden, unmöglich ist es jedoch nicht. Was dann geschieht, ist nicht auszudenken. Bei der letzten großen Flut von 1922 scheint das Zusammentreffen dem Höchstfalle näher als je vorher gekommen zu sein. Der Missouri unterhalb Kansas-City, der obere Mississippi, der Illinois, der Unterlauf des Ohio, Arkansas und Red River hatten fast zu gleicher Zeit Hochwasser. Zum Glück fiel damals der obere Ohio mit Cumberland und Tennessee aus.

Die zeitliche Verteilung der Niederschläge ist von gleicher Bedeutung wie ihre Höhe. Es kommen in reißenden Flüssen Hochwasser nach eintägigem schwerem Regen vor, während am unteren Mississippi zwei bis drei Monate Dauerregen dazu gehören.

Häufigkeit und Dauer der Hochwasser

Die Häufigkeit der Hochwasser weist merkliche Schwankungen in den einzelnen Zeitabschnitten auf. Als Grenze des Hochwassers ist dabei für jeden Pegel ein gefahrdrohender Wasserstand (flood stage) festgesetzt, der etwas über dem bordvollen Strom liegt. Man unterscheidet drei Stufen der Hochfluten: Kleine, die diese Grenze um nicht mehr als einen Fuß überschreiten, schwere von zwei bis drei Fuß und schwerste (Katastrophenhochwasser). Der Begriff des „mittleren Hochwassers" im Sinne unserer Gewässerkunde ist anscheinend nicht bekannt. Die Zahlentafel 3 bringt die Gesamtzahl der Wasserstände über der Gefahrgrenze und der schwersten Hochwasser (letztere Anzahl in Klammern) an einigen Hauptpegeln.

Man sieht, daß die Grenzhöhe der gefährlichen Hochwasser ziemlich verschieden liegt, je nach Uferhöhe. Die Häufigkeit der gewöhnlichen Fluten hat seit 1871/80 nicht wesentlich zugenommen, wohl aber ist die Zahl der schweren Fluten, also die Höhe des Wasserstandes, gewachsen.

Die Hochwässer treten in ziemlich regelmäßigen Zwischenräumen auf. Besonders starke Hochwasserjahre waren 1882, 1897, 1903, 1907, 1912, 1913, 1916, 1[illegible] und 1922. Außerordentlich groß ist auch die Dau[illegible] der gefährlichen Hochwasserstände, wie Zahlentafel [illegible] zeigt. Sie steigt bis 81 Tage bei Melville im Atchafala[illegible]

Steigerung der Hochfluten

Von größter Bedeutung ist, genau wie in Deutschla[illegible] die Frage, ob die Hochwassergefahr im Laufe der Ja[illegible] gewachsen ist. Abb. 3 läßt dies unbedingt bejahen. W[illegible] rend sich in älterer Zeit die Hochwasser von Cairo abw[illegible]

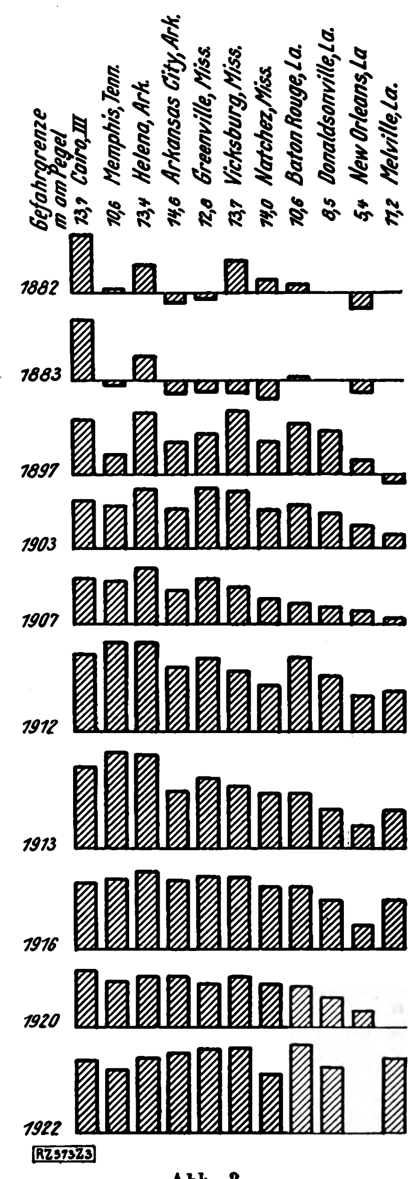


Abb. 3
Änderung der Scheitelstände des unteren Mississippi oberhalb der Gefahrengrenze im Laufe der Jahre

Zahlentafel 4
Dauer der Hochwasserstände über der Gefahrgrenze in Tagen

Pegelstelle und Gefahrgrenze m		Strom	1882	1883	1893	1900	1903	1907	1912	1913	1916	1920	1922
St. Louis	9,15	Mississippi	9	17	5	5	16	0	7 2	0	3	0	14
Cairo	13,72	„	24	21	18	48	20	15[1]) 8	32[1]) 14	20[1]) 27	42	30[1]) 14	53
Memphis	10,50	„	6	—	10	44	23	16[1]) 7	56	25[1]) 30	49	48	56
Vicksburg	13,72	„	39	—	45	70	59	32[1]) 7	61	25[1]) 38	60	71	64
New-Orleans	5,49	„	—	—	—	52	62	32[1]) 7	60	10[1]) 38	52	69	63
Cincinnati	15,25	Ohio	9	?	?	7	8	?	12	23	9	?	5
Johnville	9,45	Tennessee	32	0	10	28	9	0	12[1]) 4	9	7	14	15
Nashville	12,20	Cumberland	23	6	3	11	1	0	10[1]) 6	12[1]) 9	7	8[1]) 6	18
Pine Bluff	7,62	Arkansas	14	16	15	0	0	22	5[1]) 5	0	9	0	4
Alexandria	10,98	Red River	—	—	—	—	7	0	0	0	8	9	12

[1]) Zwei Fluten über Gefahrgrenze. ? Angabe fehlt.

Zahlentafel 5[1])
Regenhöhen von sieben Fluten, umgerechnet auf die wirksamen Flächen des gesamten Einzugsgebietes

Einzugsgebiet und zugrunde gelegte Fläche	km²	Gebietsanteil für die Berechnung vH	Regenhöhen in mm 1882	1903	1912	1913	1916	1920	1922
Ohio	528 000	24	124,4	86,3	99,0	109,1	71,1	63,5	94,0
Oberer Mississippi	384 000	17	38,1	22,9	35,6	35,6	27,9	25,4	38,1
Unterer „	156 000	7	45,7	35,6	38,1	35,6	25,4	25,4	35,3
Missouri	532 000	24	33,0	25,4	53,3	35,6	35,6	35,6	74,4
Arkansas	375 000	17	48,2	35,6	50,8	35,6	33,0	27,9	58,0
Red River	231 000	11	40,6	38,1	35,6	27,9	22,9	25,4	47,5
Zusammen	2 206 000	100	330,0	243,9	312,4	279,4	215,9	203,2	347,3

[1]) Das wirksame Einzugsgebiet des Mississippi enthält die obersten Gebiete des Arkansas, Missouri und Mississippi nicht, weil diese zu den Hochfluten kaum beitragen; im übrigen vergl. die Anmerkung zu Zahlentafel 2.

— also nach Aufnahme des Ohio — mehr oder weniger verliefen und die Gefahrgrenze wenig oder gar nicht überschritten, laufen sie in jüngerer Zeit nach unten zu immer höher auf. Ähnliches zeigt sich am Rhein auch. Die Flußsohle hat sich nicht erhöht, wie durch Abflußmessungen und Querschnittaufnahmen nachgewiesen ist. Die Überregnung des Gebiets ist an dieser Steigerung ebenfalls nicht schuld. Das geht aus der Zahlentafel 5 hervor, die Verteilung und Gesamthöhe der Niederschläge für einige Fluten wiedergibt.

Danach war z. B. der Niederschlag 1922 nicht wesentlich größer als 1912 und 1882, die Wirkung im Unterlauf aber viel erheblicher. Die Herkunft der Wassermassen und ihr Zusammentreffen darf allerdings nicht außer acht bleiben.

Die Hauptursache des Anstiegs der Hochwasser muß man in der Eindeichung suchen. 1882 war das Deichsystem, das den Mississippi von Cairo abwärts begleitet, noch in seinen Anfängen; heute ist ein geschlossenes Hochwasserbett bis zur Mündung vorhanden. Unter Berücksichtigung der entlastenden Deichbrüche einerseits und der Stauwirkung des 1903 errichteten und 1920 bis 1922 wieder beseitigten Dammes der Missouri-Pacific-Bahn bei St. Louis sowie des wechselnden Einflusses der großen Nebenflüsse hat sich der Flutscheitel zwischen Cairo und Memphis seit 1882 um 1,8 m gehoben. Stromab verläuft sich die Hebung allmählich; man nimmt an, daß 1 cm Hebung auf etwa 3 km verschwindet.

Die Größe des natürlichen Überschwemmungsgebietes war vor den großen Dammbauten rd. . . . 77 000 km²;
1897 wurden überschwemmt . . . . 35 000 „
1903 . . . . 18 000 „
1912 . . . . 46 000 „
1922 . . . . 34 000 „

Gewaltig wie die Fluterscheinungen sind auch die Schäden der Hochwasser. Die von 1912 werden zu 330 Millionen Mark angegeben, 1913 zu 690 Millionen Mark, 1922 bei geringeren Deichbrüchen zu 72 Millionen Mark. 467 Menschen fielen 1913 der Flut zum Opfer, die durch die Überschwemmung obdachlos gewordenen zählen in die Hunderttausend.

Für die Hochflut von 1927 werden von Herbert Hoover, Staatssekretär für Handel der Vereinigten Staaten, der das Hilfswerk für das Überschwemmungsgebiet leitet, einige Zahlen der Öffentlichkeit übergeben, die hier angefügt werden mögen.

Das Überschwemmungsgebiet ist 90 000 km² groß, d. h. größer als das frühere natürliche Überschwemmungsgebiet.

600 000 Menschen sind von ihren Heimstätten vertrieben, 750 000 von der Überschwemmung berührt; New Orleans mit 600 000 Einwohnern wurde durch die Sprengung der Deiche unterhalb der Stadt vor der Überschwemmung bewahrt. Der Schaden wird auf 800 bis 1600 Mill. ℳ geschätzt.

Hochwasserwarnung

Der Hochwasserwarnungsdienst und die Hochwasservorhersage sind unter diesen Umständen von der allergrößten Bedeutung, und die in Sicherheit gebrachten Werte sind außerordentlich hoch. In vielen Fällen sind sie auf mehr als die Hälfte der verlorenen Werte berechnet worden. Infolge des großen zeitlichen Vorsprungs von einer bis vier Wochen von Cairo abwärts, den die ersten Warnungen vor dem Eintreffen der Flut haben, wird das gefährdete Land zuweilen gar nicht erst bestellt; jedenfalls können Maßregeln zur Verteidigung getroffen werden. Die Vorhersagen werden immer unter dem Vorbehalt gegeben: „wenn die Dämme nicht brechen“ und „wenn keine ungewöhnlichen Regenfälle eintreten“. Die Genauigkeit der Vorhersage ist recht befriedigend und die Bevölkerung der gefährdeten Gebiete hat ihre anfänglich ablehnende Haltung aufgegeben. [B 573]

Der gegenwärtige Stand des Diesellokomotivbaues

Von Prof. Dr.-Ing. E. h. G. Lomonossoff, Kiew

(Aus dem Russischen übersetzt von Dr.-Ing. E. Mrongovius, Berlin)

Die Grundsätze einer zweckmäßigen Diesellokomotivbauart werden erörtert die Vier- und Zweitaktmotoren in Bezug auf ihre Verwendbarkeit geprüft, die verschiedenen bisher vorgeschlagenen Lokomotivbauarten erwähnt, ihre Aussichten und Erfolge kurz geschildert und einige für die zu wählende Bauart wichtige Gesichtspunkte angeführt

Jede Diesellokomotive besteht aus folgenden vier Hauptteilen: 1. den Fahrgestellen, 2. dem Dieselmotor, 3. dem Kühler, 4. der Übertragung. Das Fahrgestell einer Diesellokomotive unterscheidet sich im Grunde genommen nicht von den Bauarten, die eine hundertjährige Praxis für Dampflokomotiven entwickelt hat. Ich will daher auf diesen Teil nicht näher eingehen.

Die größte Schwierigkeit in der Anwendung von Dieselmotoren auf Lokomotiven besteht darin, daß der Motor nur in verhältnismäßig engen Geschwindigkeits- und Belastungsgrenzen wirtschaftlich und zuverlässig arbeitet. Bei sehr geringen Kolbengeschwindigkeiten (unter 0,5 m/s) kann der Motor überhaupt nicht arbeiten. Infolgedessen muß er mittels Druckluft oder einer andern von irgendeiner Quelle erzeugten Kraft angelassen werden, d. h. im Vergleich mit der Dampflokomotive fehlt diesem Motor die für den Eisenbahndienst erforderliche Anpassungsfähigkeit.

Im Unterschied aber zu ortfesten Maschinen und Schiffsmaschinen müssen Lokomotiven unter außerordentlich veränderlichen Bedingungen arbeiten. Sie müssen in der Lage sein, schwere und leichte Züge zu befördern, sowie auch ohne Zug zu fahren. Außerdem müssen Lokomotiven bei beliebiger Zuglast, bis zu den höchsten, die Züge in Steigungen, ebenen Strecken und Gefällen befördern. Die Lokomotiven müssen die Züge bei verschiedenen Streckenprofilen mit vorgeschriebenen Geschwindigkeiten fahren können, die durch die Signale, den Zustand der Strecke und Brücken und sogar die Bremsart bedingt sind. Ganz allgemein kann man sagen, daß die Geschwindigkeit und die Belastung von null bis zu einem Höchstwert veränderlich sein muß, während in Gefällen sogar negative Arbeit gefordert wird, d. h. ein Lokomotivmotor muß den höchsten Grad der Anpassungsfähigkeit aufweisen. Die Dampflokomotive erhielt in dieser Hinsicht bereits von Stephenson eine außerordentliche Vollkommenheit, und ihre grundsätzliche Bauart veränderte sich fast gar nicht mehr. Die Anpassungsfähigkeit der Dampflokomotive an die Bedingungen des Eisenbahndienstes ergibt sich daraus, daß ihre Maschine bei den geringsten und höchsten Geschwindigkeiten völlig zuverlässig arbeiten kann, sowie daraus, daß die Zugkraft bei beliebiger Stellung des Reglers und der Steuerung mit wachsender Geschwindigkeit selbsttätig rasch sinkt. Diese Eigenschaft der Selbstreglung bei der Dampflokomotive, die erst in der letzten Zeit theoretisch richtig bewertet wurde, ist aber außerordentlich wertvoll[1]).

Wir sehen, daß zur Schaffung einer Diesellokomotive, die ein brauchbares Werkzeug des Bahnbetriebes sein soll, entweder der Dieselmotor grundlegend verändert werden muß, indem er den gleichen Grad der Anpassung wie eine Dampfmaschine erreicht, oder die Ergänzung dieser ungenügenden Anpassungsfähigkeit des Dieselmotors muß durch Einführung einer besonderen Übertragung erzielt werden. In beiden Richtungen ist im Laufe der letzten Zeit von der Technik der ganzen Erde viel erreicht worden. Die Versuche zur Schaffung eines Lokomotivdieselmotors, der anpassungsfähiger ist als der ortfeste Motor und der Schiffsdieselmotor, haben bereits zum Erfolg geführt. Die Viertakt-Schnelläufermotoren der Firma Beardmore und der MAN entsprechen in bezug auf Gewicht und Regelfähigkeit bereits völlig den Anforderungen, die an sie bei der Verwendung der einfachsten Übertragung gestellt werden. Diese Motoren laufen ganz zuverlässig bei 50 bis 1000 Uml./min bei mittleren Drücken von 2 bis 9 at.

[1]) Vergl. Z. Bd. 68 (1924) S. 849.

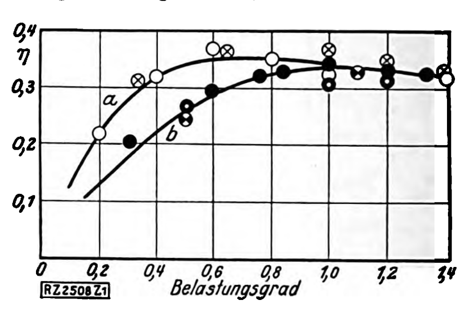


Abb. 1
Wirkungsgrade von Zwei- und Viertaktmotoren
a Wirkungsgrade von Viertaktmotoren
b „ „ Zweitaktmotoren

Eine Reihe von Firmen arbeitet zur Zeit an Schaffung von Zweitakt-Lokomotiv-Dieselmotoren. D Aufgabe kann jedoch noch nicht als gelöst angese werden, und es scheint mir, daß auch bei der besten Lös der Zweitaktmotor doch nie die Anpassungsfähigkeit weisen wird, die bei Viertaktmotoren erreicht ist. dieser Hinsicht ist Abb. 1 sehr anschaulich, in der Schaulinie *a* die Wirkungsgrade von Viertaktmotoren stellt, die in letzter Zeit erprobt worden sind, und Schaulinie *b* die Wirkungsgrade von Zweitaktmoto Auf der Abszissenachse sind die Leistungen an Welle, gemessen in Teilen der Nennleistung, aufgetra Wir sehen aus Abb. 1, daß bei Nennleistung und Überlastung die Viertakt- und Zweitakt-Dieselmot praktisch gleich wirtschaftlich arbeiten, während Unterbelastung, mit der die Lokomotiv-Dieselmotoren arbeiten müssen, die Viertaktmotoren bedeutend im teil sind.

Bei der Wahl der Dieselmotoren ist ein sehr we licher Umstand für den Lokomotivdienst das Gewicht 1 PS. Solange es mehr als 50 kg/PS betrug, war die wendung von Dieselmotoren auf Lokomotiven unmög Bei neueren Diesellokomotiven sind Dieselmotoren wendet worden, die 20 bis 30 kg/PS wiegen, während Flugzeuge bereits Dieselmotoren mit weniger als 5 k gebaut werden. Die Gewichtverminderung wird durch gende vier Maßnahmen erreicht: Erhöhung des mitt indizierten Druckes, Erhöhung der Drehzahl, Erhö der Zahl der Arbeitshübe für eine Umdrehung und l tere Bauart. Mittels der ersten Maßnahme kann nur wenig erreicht werden, da bei Erhöhung von p_i 9 at bei dem Viertaktverfahren und über 7,5 at dem Zweitaktverfahren der Wirkungsgrad des Di motors wesentlich sinkt. Bedeutend vorteilhafter is zweite Maßnahme — die Erhöhung der Drehzahl. Al zeigt die Gewichte für 1 PS_e der derzeitigen Di motoren (Z. Bd. 70 (1926) S. 1065). Wie zu erw war, zerfallen diese Werte in drei Gruppen: fachwirkende Viertaktmotoren (weiße Kreise), ein wirkende Zweitaktmotoren (weiße Kreise mit Punk und doppeltwirkende Zweitaktmotoren (schwarze Kre Wir sehen aus Abb. 2, daß der Übergang von den takt- zu den Zweitaktmotoren eine Gewichtersparnis bei Drehzahlen unter 12 Uml./s, d. h. 720 Uml./min, er was einem Gewicht von etwa 12 kg/PS_e entspricht. weitere Gewichtverminderung der Dieselmotoren wird zielt hauptsächlich durch Verwendung von Aluminiun Stelle von Stahl, wodurch aber die Festigkeit Teile verringert wird. Eine Diesellokomotive ist aber Flugzeug, und wenn Diesellokomotiven der gleichen stung wie die entsprechenden Dampflokomotiven ge werden sollen, so besteht kein Zwang, unter 12 kg/PS_e

wicht zu gehen. Dies alles spricht dafür, daß für die derzeitigen Verhältnisse die geeignetsten Dieselmotoren für Diesellokomotiven die Viertaktmotoren sind mit einer Drehzahl von etwa 720 Uml./min und einem Gewicht von etwa 12 kg/PS$_e$. Ein solcher Motor kann genügend anpassungsfähig gebaut werden, allerdings nicht so anpassungsfähig, daß man ohne Übertragung auskommen kann.

Der russische Professor Grinewetzki machte als erster den Versuch, der von seinen Schülern Schelest und Masing fortgesetzt wurde, an Stelle des Dieselmotors einen besonderen Lokomotiv-Verbrennungsmotor zu schaffen, um dadurch die Übertragung überflüssig zu machen, oder, richtiger gesagt, sie unsichtbar zu machen. Diese Versuche führten bisher nicht zum Erfolge infolge einer Reihe von baulichen und theoretischen Schwierigkeiten, auf die ich in meinem Buch „Die Diesellokomotiven", das in diesem Jahr erscheint[2]), näher eingehe. In jüngster Zeit versuchen die Firma Ansaldo in Italien und Günther in Deutschland die Aufgabe auf rein mechanischem Wege zu lösen. Der Vorschlag von Günther[3]) steht zunächst nur auf dem Papier. Die Lokomotive von Ansaldo, 1100 PS Leistung, für die italienischen Bahnen war Ende 1926 bereits fertiggestellt; die ersten Versuchsfahrten zeigten jedoch die Notwendigkeit mehr oder weniger wesentlicher Umbauten.

Jedenfalls läuft, abgesehen von der Still-Lokomotive[4]), bis jetzt noch keine Diesellokomotive mit unmittelbarer Übertragung für eine einigermaßen bedeutende Leistung. Solange wir Dieselmotoren verwenden, muß ihre ungenügende Anpassungsfähigkeit an die Verhältnisse des Eisenbahndienstes durch eine Übertragung ergänzt werden, die zur Veränderung der Übersetzung dient, d. h. des Verhältnisses zwischen der Drehzahl des Dieselmotors und der Räder. Im Laufe der letzten fünf Jahre sind über hundert verschiedene Vorschläge von Übertragungen gemacht worden. In bezug auf die Übertragungsart können sie in folgende vier Gruppen eingeteilt werden: 1. elektrische Übertragung, 2. Flüssigkeitsgetriebe, 3. mechanische Getriebe, 4. Gasübertragung.

Mittels der elektrischen Übertragung kann bei jeder Dieselbauart eine Elastizität der Regelung der Lokomotive erreicht werden, die die Anpassungsfähigkeit einer Dampflokomotive weit überragt. Nachteile sind die verwickelte Bauart, das hohe Gewicht und der hohe Preis. Dafür zeigte aber die zweijährige Erfahrung mit der ersten russischen Diesellokomotive Nr. 001, daß in bezug auf Zuverlässigkeit die elektrische Übertragung nichts zu wünschen übrig läßt. Das reiche Amerika will daher heute von andern Übertragungsarten nichts wissen. Es sei aber erwähnt, daß in Amerika Diesellokomotiven ausschließlich für Verschiebebetrieb verwendet werden, bei dem die Elastizität besonders wichtig ist. Auf diesem Gebiet sind Diesellokomotiven mit elektrischer Übertragung natürlich unersetzlich.

[2]) Beim VDI-Verlag.
[3]) Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens Bd. 82 (1927) S. 39.
[4]) „The Engineer" Bd. 143 (1927) S. 410.

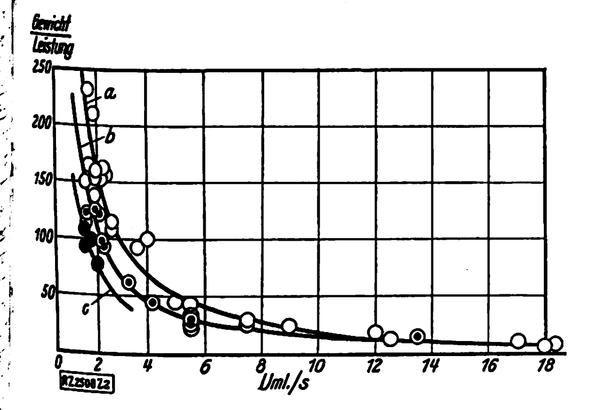


Abb. 2
Gewichte von Dieselmotoren bezogen auf 1 PS$_e$ Leistung

○ a einfach wirkende Viertaktmotoren
◎ b „ „ Zweitaktmotoren
● c doppelt „ „

Die deutsche Technik beschäftigte sich bis zur letzten Zeit hauptsächlich mit dem Flüssigkeitsgetriebe. Die bisherigen Ergebnisse können jedoch nicht als befriedigend anerkannt werden. Während der Wirkungsgrad der elektrischen Übertragung etwa 85 vH, der mechanischen etwa 90 vH beträgt, ergaben die bisher erprobten Flüssigkeitsgetriebe nur 60 bis 70 vH. Meiner Anschauung nach ist der Hauptmangel des Flüssigkeitsgetriebes der, daß zur Kühlung des Arbeitsöles der Kühler um 30 bis 40 vH vergrößert werden muß. Die Unterbringung genügend großer Kühler aber ist überhaupt eine der schwierigsten Fragen des Diesellokomotivbaues.

Es wurde seit längerer Zeit angenommen, daß der Bau einer genügend elastischen mechanischen Übertragung nicht möglich ist. In dieser Hinsicht sind die Erfahrungen, die im Verlauf der Versuchsfahrten auf der Deutschen Reichsbahn mit der zweiten russischen Diesellokomotive Nr. 005 mit Zahnradgetriebe und elektromagnetischen Kupplungen gemacht worden sind, als eine außerordentlich wichtige Entwicklungsstufe des Diesellokomotivbaues anzusehen. Mit Hilfe der elektromagnetischen Kupplungen der Firma Magnet-Werk, Eisenach, und des Zahnradgetriebes von Krupp gelang es, eine genügende Anpassungsfähigkeit zu erzeugen. Natürlich ist diese Getriebelokomotive nicht so elastisch in der Regelung wie eine Diesellokomotive mit elektrischer Übertragung und nicht einmal wie eine Dampflokomotive. Die Versuche zeigten aber, daß für Personen- und durchgehenden Güterverkehr die Anpassungsfähigkeit ausreichend ist. Dabei ist die Getriebelokomotive um 30 vH billiger als eine Diesellokomotive mit elektrischer Übertragung und nur um 50 vH teurer als eine Dampflokomotive von entsprechender Leistung; eine Diesellokomotive mit elektrischer Übertragung ist also um 115 vH teurer als eine Dampflokomotive.

Wie bedeutend der Erfolg der russischen Diesel-Getriebelokomotive mit Magnetkupplungen war, kann daraus ersehen werden, daß noch vor den endgültigen Versuchen in Rußland die Deutsche Reichsbahn der Lokomotivfabrik Hohenzollern, A.-G., Düsseldorf, eine ähnliche Diesellokomotive in Auftrag gegeben hat. Es darf aber ein wesentlicher Mangel der russischen Diesel-Getriebelokomotive nicht verschwiegen werden, der bei den Versuchsfahrten in Deutschland festgestellt worden ist. Es handelt sich hier darum, daß bei der Veränderung der Übersetzung mittels des Getriebes beim Übergang von einer Geschwindigkeitsstufe zur andern die Hauptkupplung ausgeschaltet werden muß, d. h. die Zugkraft muß auf null herabsinken, um dann wieder den vollen Wert zu erreichen. Nach Ansicht sehr sachkundiger Fachleute ist dieses Verfahren ganz unzulässig, da es zum Zerreißen des Zuges führen kann. Man kann sich dieser Meinung jedoch nur mit Vorbehalt anschließen. Die tägliche Praxis zeigt, daß, wenn eine Dampflokomotive zu schleudern beginnt, der Lokomotivführer für einige Sekunden den Regler schließt, d. h. die Zugkraft auf null herabsinken läßt. Wenn der Regler nur während 5 bis 10 s geschlossen wird, so zerreißt der Zug nie, wird jedoch der Regler 30 bis 60 s lang geschlossen, und zwar auf einem ansteigenden Streckenabschnitt, so ist das Zerreißen eines durch die Kupplungen schlecht gespannten Zuges fast unvermeidlich. Wesentlich hierbei ist also die Dauer der Unterbrechung der Zugkraft. Bei der Diesel-Getriebelokomotive wurde durch genaue Messungen festgestellt, daß beim Übergang von einer Geschwindigkeitsstufe auf eine andre die Zugkraft nur etwa 17 s lang null bleibt. Diese Zeit ist ziemlich lang. Gelingt es jedoch, sie auf etwa 5 s herabzusetzen, so besteht keine Gefahr des Zerreißens. Im Gegenteil, bei ausreichender Erfahrung des Lokomotivführers kann die Diesel-Getriebelokomotive beliebige Züge auf beliebigen Steigungen befördern. Man kann daher im schlimmsten Falle nur von einer nicht ganz gelungenen Bauart der Magnetkupplungen der ersten Getriebelokomotive sprechen, aber keinesfalls von einer Unanwendbarkeit dieser Kupplungsart für Diesellokomotiven. Zur Zeit ist die erste russische Diesel-Getriebelokomotive mit Magnet-

kupplungen die einfachste, wirtschaftlichste (Wirkungsgrad am Umfange der Treibräder 29 vH) und billigste Diesellokomotive der Welt, wenn auch verschiedene bei einer neuen Sache unvermeidliche Fehler gemacht worden sind.

Die verschiedenen Bauarten der Gasübertragung sind aus dem Laboratoriumzustand noch nicht herausgekommen. An der Spitze der Entwicklung der Gasübertragung stehen Zarlatti, Christiani und MAN-Maschinenfabrik Eßlingen. Die Lokomotive von Zarlatti ist bereits im Betrieb, die Lokomotive von MAN-Maschinenfabrik Eßlingen wird voraussichtlich im Sommer d. J. in Betrieb kommen, während die Lokomotiven von Zarlatti und Christiani schon ihre ersten Fahrten auf der Strecke machen. Man kann mit einem Erfolg dieser beiden Lokomotiven rechnen. Irgendwelche zuverlässigen Betriebsergebnisse liegen jedoch noch nicht vor. Man kann nur bemerken, daß im Bau eines Kompressors für Lokomotivzwecke die Firma MAN Ergebnisse erzielte, die vor einem Jahre noch nicht für möglich gehalten werden konnten.

In letzter Zeit wird mehr und mehr die Frage aufgeworfen, ob es denn notwendig sei, die gesamte Leistung des Dieselmotors durch die Übertragung zu leiten, d. h. ob es nicht möglich wäre, eine genügende Elastizität der Regelung dadurch zu erzielen, daß die Leistung des Antriebmotors in zwei Teile geteilt wird, von denen der eine Teil den Triebrädern unmittelbar zugeführt, während der andre Teil durch die Übertragung geleitet wird.

Hierbei würden die Abmessungen, das Gewicht und der Preis der Übertragung natürlich geringer werden, dafür ändert sich aber die Umlaufzahl des Dieselmotors unmittelbar mit der der Treibräder. Da die Leistung des Dieselmotors aber mit der Drehzahl wächst, so kann die volle Leistung des Motors nur bei der höchsten Geschwindigkeit entwickelt werden.

Für Schnellzugbetrieb wäre dies zulässig, für Güterzugbetrieb natürlich nicht. Bei Güterzugbetrieb ist die höchste Leistung bei Geschwindigkeiten von 15 bis 20 km/h erforderlich, mit denen die Güterzüge die Steigungen befahren müssen. Die Möglichkeit einer Geschwindigkeitserhöhung in ebenen Strecken hat, insbesondere bei Handbremsung, hierbei keine praktische Bedeutung. Die Anwendung einer Teilübertragung kann daher nur für Personenzug-Diesellokomotiven erfolgreich sein, wo eine besondere Anpassungsfähigkeit von der Lokomotive auch nicht verlangt wird. Bei genügend elastischen Dieselmotoren genügt für Personenzuglokomotiven die einfachste Übertragung. Die Teilübertragung hat daher kaum Aussicht, eine weitere Verbreitung zu finden.

Von der Teilübertragung ist die Differentialübertragung zu unterscheiden. Bei der Teilübertragung bleibt die unmittelbar übertragene Leistung mehr oder weniger gleich. Bei der Differentialübertragung kann sie von null bis zu einem Höchstwert beliebig verändert werden. Vom eisenbahntechnischen Standpunkt aus betrachtet, ist diese Übertragungsart sehr zweckmäßig, aber die vorgeschlagene Bauart dieser Übertragung[5]) ist so verwickelt, daß si[e] wohl kaum Aussicht auf eine weitere Verbreitung hat. Z[u] dieser Übertragungsart gehört auch das Getriebe vo[n] Schneider[6]), das von der Lokomotivfabrik Winterth[ur] hergestellt ist, aber bisher auf keiner Diesellokomotive ve[r]wendet wurde.

Hinsichtlich der Kühler ist zu sagen, daß bere[its] mehrere recht befriedigende Bauarten vorhanden sind, v[on] denen ich die Bauart von Schweter mit Rippenrohren f[ür] die beste halte. Die Frage der Kühler und ihre Theo[rie] wird auch in meinem demnächst erscheinenden Buche „D[ie] Diesellokomotiven" ausführlich behandelt werden.

Es besteht noch eine Frage, die meiner Anschauu[ng] nach zur Zeit von außerordentlicher Wichtigkeit i[st]. Viele Ingenieure sind der Meinung, daß man beim V[or]handensein einer Reihe befriedigender Bauarten von Die[sel]motoren, Kühlern und Übertragungen diese Einzelteile b[e]liebig miteinander zusammenstellen kann. Dies ist v[oll]kommen falsch. Die Technik kennt keine unbeding[ten] Lösungen. Was unter bestimmten Bedingungen gut [ist,] kann unter andern Bedingungen unbrauchbar s[ein]. Vor allem muß berücksichtigt werden, daß die Arbe[its]bedingungen der Lokomotive nie gleich sind. Als [die] beiden Grenzfälle kann man den Verschiebedienst und [den] Schnellzugdienst auf ebenen Strecken bezeichnen. B[eim] Verschiebedienst sind die Arbeitsbedingungen der Loko[mo]tive ständig veränderlich; beim Schnellzugbetrieb sowie [auf] Schiffen arbeitet der Motor längere Zeit unter [den] gleichen Bedingungen. Wir haben bereits erwähnt, [daß] für den Verschiebedienst die elektrische Übertragung [die] beste Lösung der Aufgabe ist. Für Personenzugverk[ehr] ist sie aber unbedingt unzweckmäßig.

Außerdem ist klar, daß die Verbindung der e[lek]trischen Übertragung mit einem neuen, besonders el[asti]schen Dieselmotor infolge des hohen Preises und des [ver]hältnismäßig geringen Wirkungsgrades dieser Mot[oren] zwecklos ist. Im Gegensatz dazu ist die Erzielung [be]friedigender Ergebnisse mit dem Zahnradgetriebe [mit] elektromagnetischen Kupplungen, insbesondere im G[üter]zugverkehr, nur bei einer Verbindung dieser Ü[ber]tragungsart mit einem elastischen Dieselmotor mög[lich]. Ich bin der Ansicht, daß diese Übertragungsart [für] Zweitakt-Dieselmotoren überhaupt unanwendbar ist. [Bei] der Gasübertragung sind die Zweitaktmotoren aus ei[nem] andern Grunde unbrauchbar. Jede Gasübertragung k[ann] nur bei starker Erwärmung des Arbeitsgases befriedi[gend] arbeiten, und zwar bei einer Erwärmung mittels der [Ab]gase des Dieselmotors. Hierzu ist aber erforderlich, [daß] diese Abgase eine genügend hohe Temperatur ha[ben]. Zweitaktmotoren weisen aber infolge der Verdünnung [der] Abgase durch die Spülluft geringere Abgastemperat[uren] auf als Viertaktmotoren. Infolgedessen ist die Anwen[dung] von Zweitaktmotoren einer der wesentlichsten Fehler [der] Diesellokomotiven mit Gasübertragung von Zarlatti [und] Christiani. [B 250]

[5]) „Mechanical Engineering" Bd. 48 (1926) S. 919.
[6]) Z. Bd. 69 (1925) S. 499.

Die elektrisch gesteuerte Druckluftbremse

Bei der elektrisch gesteuerten Druckluftbremse bleiben die Eigenschaften der normalen Druckluftbremse voll erhalten, nur Zu- und Austritt der Druckluft werden an den Bremszylindern durch elektrisch betätigte Ventile gesteuert. Bremsen dieser Art sind in Deutschland und den Vereinigten Staaten seit langen Jahren im Gebrauch. Zur Betätigung der Bremsventile dient eine Batterie mit 32 bis 40 V Spannung. Für die Luftventile wird eine Art Dreiwegventil benutzt (vgl. Electric Railway Handbook 1925), bei dem die Steuerung des Zu- oder Austritts der Druckluft elektromagnetisch betätigt wird, so zwar, daß der Druck im Bremszylinder beliebig bis zum Höchstdruck mit beliebiger Abstufung gesteigert werden kann. Durch gleichzeitige Druckluft-Steuerung der Bremse wird erreicht, daß bei einem Versagen der elektrischen Ventile die Bremswirkung ohne Verzögerung und selbsttätig in gleicher Weise eintritt.

Bei vergleichenden Versuchen mit Betriebsbremsungen aus einer Geschwindigkeit von 64 km/h wurde ein Zug aus acht Wagen mit Druckluftbremse in 40 s und mit einem Bremsweg von 494 m zum Stillstand gebracht, dagegen [mit] elektrischer Bremse ein Zug aus zehn Wagen in 20 s nach nur 214 m (Betriebsbremsung mit Auslösung). Notbremsungen zeigten die gleichen Versuche den Haup[tvor]teil der elektrisch gesteuerten Druckluftbremse, das au[gen]blickliche Einsetzen aller Bremsen auch im läng[sten] Zuge, mit besonderer Deutlichkeit. Die Zeiten für den [Zug] aus acht Wagen und aus zehn Wagen waren 22 und [. . .], die Bremswege bis zum Stillstand 191 und 107 m. Für [ein]zelne Wagen und kurze Züge ist die elektrisch gesteu[erte] Bremse von geringerem greifbaren Vorteil, weil bei ku[rzen] Zügen auch bei einer rein durch Druckluft gesteu[erten] Bremse die Durchschlagsgeschwindigkeit hinreicht, [um] fühlbares Zerren oder Auflaufen des Zuges zu verhin[dern]. Die elektrisch ausgelösten Bremssysteme haben beson[dere] Bedeutung für die Stadtschnellbahnen, bei denen die [Be]lastung der Strecke groß, der Zugverkehr dicht und [der] Haltestellenabstand gering ist, und die Züge durchweg [. . .] Länge haben, bei denen die Vorzüge der elektrisch gest[euer]ten Bremse voll in die Erscheinung treten. [N 32] G

Wirtschaftlicher Schiffsantrieb

Von Dr.-Ing. G. Kempf, Hamburg

Vorgetragen auf dem Sprechabend des Fachausschusses der Schiffbautechnischen Gesellschaft, Hamburg, am 12. Mai 1927

Zusammenhang zwischen der Schiffsform, der Neigung der Wellenhosen und dem Schraubendrehsinn — Leitflächen vor und hinter der Schraube — Einfluß der Ruderform — Erreichbare Leistungsersparnisse bei Ein- und Doppelschraubenschiffen

Die Ausgestaltung des Hinterschiffs im Hinblick auf den Antrieb begegnete bis vor kurzem und teilweise heute noch zwei wesentlichen Hindernissen. Das erste Hindernis liegt darin, daß die Hinterschiffsform und der Schraubenantrieb bei den Werften zu zwei verschiedenen Dienststellen gehören, so daß dieses für den Antrieb wichtigste Problem zwischen zwei Stühlen schwebt und das verbindende Glied manchmal nur die Versuchsanstalt darstellt. Bei dieser aber lag das zweite Hindernis, nämlich im alten Verfahren der Modellversuchstechnik. Auch hier hatte man die bereits beklagte Trennung zwischen Schiffsform und Antrieb meßtechnisch durchgeführt und beeinträchtigte durch das hinter der Modellschraube liegende Gestänge die Antriebswirkung in nicht nachprüfbarer Weise, ohne den Grad dieser Beeinflussung zu ahnen. Erst die Einführung des Eigenantriebes der Modelle schuf die Möglichkeit zur näheren Erforschung der w a h r e n W e c h s e l b e z i e h u n g e n zwischen S c h i f f s f o r m, S c h r a u b e, R u d e r und Leitvorrichtungen.

Das primär wichtigste und zugleich schwierigste Glied in der Kette dieser Wechselbeziehungen bildet zweifellos die S c h i f f s f o r m selbst. Sie muß zunächst nach dem Gesichtspunkt geringsten Widerstandes durchgebildet werden. Dadurch ergibt sich für eine bestimmte vom Reeder angegebene Schiffsgröße und Geschwindigkeit eine gewisse Völligkeit und V e r d r ä n g u n g s v e r t e i l u n g. Bei der weiteren Formgebung des Hinterschiffes auf Grund dieser Verdrängungsverteilung werden jedoch die Fragen des besonderen Antriebs entscheidend.

Wenn ich alle in der Seeschiffahrt weniger beachtenswerten Fragen des Antriebs auf flachem Wasser und bei beschränktem Tiefgang hier außer acht lasse und mich nur auf den Antrieb normaler Ein- und Zweischrauber beschränke, so gibt es schon genug zu bedenken. Ich muß vorausschicken, daß E i n - und Z w e i s c h r a u b e n - a n t r i e b grundsätzlich verschiedene Schiffsformen verlangen können. Die Einschraubenschiffsform verlangt hinten U-förmig steile Spantform für einen möglichst wirksamen Schraubenantrieb, ein Doppelschrauber wird indessen bei größeren relativen Geschwindigkeiten mit V-förmigen Spanten besser arbeiten, während er bei kleineren Geschwindigkeiten ebenfalls mit U-förmigen Spanten günstiger sein wird. Modellversuche ohne Schrauben lassen in dieser Hinsicht im Stich und weisen einen falschen Weg. Die Ursache liegt in der Zuleitung der Strömung zur Schraube. Bei U-förmigen Spanten fließt das Wasser mehr wagerecht der Schraube zu und verteilt sich gleichmäßiger über den Schraubenkreis als bei V-förmigen Spanten, wo der Zufluß zu den oberen Teilen des Schraubenkreises schwieriger ist, so daß namentlich Einschrauber mit V-förmigen Spanten bei geringem Tiefgang großen Sog aufweisen und schlecht laufen. Die U-Form erzeugt einen Innendrall, die V-Form einen Außendrall, **Abb. 1**, beides erfordert Energieaufwand (Widerstand), und es ist begreiflich, daß eine neutrale Form zwischen beiden von geringstem Energieaufwand bestehen muß, wie die sogenannte Maier-Form, die hinsichtlich des reinen Formwiderstandes ein Mindestmaß darstellt. Man kann weder die Wirkung der Schiffsform an sich noch diejenige der Wellenhosen zutreffend beurteilen, wenn man nicht den Strömungsdrall und seinen Einfluß auf die Schraubenwirkung in Rechnung zieht.

Der Gedanke, diesen Drall auszunutzen, dem Schraubendrall durch einen Gegendrall zu begegnen und durch Vermeiden der tangentialen Verluste die Schraubenwirkung zu erhöhen, ist in Deutschland zuerst und klar vor

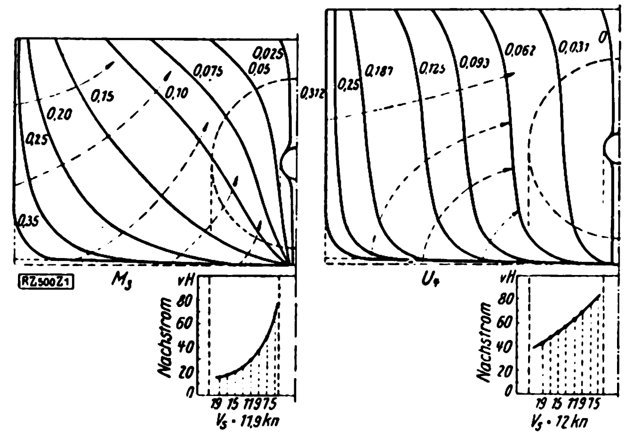


Abb. 1
Strömungsrichtungen im Hinterschiff bei:

	V-Spantenform	U-Spantenform
Länge zwischen den Loten =	129,5	136,5 m
Breite =	17,05	17,67 „
Tiefgang =	7,35	7,73 „
Verdrängung =	12 510	14 412 t
Völligkeitsgrad δ =	0,768	0,765
Schrauben-Dmr. =	5 182	5 400 mm
Schrauben-Steigung =	4 530	4 700 „
Steigung/Dmr. =	0,878	0,870

über 20 Jahren von Dr. W a g n e r in der Schiffbautechnischen Gesellschaft ausgesprochen und mit Versuchs- und Betriebserfahrungen belegt worden. Seitdem hat man verschiedene Konstruktionen zur Erzeugung von Gegendrall hinter und vor der Schraube, letztere auf Vorschlag von Prof. Haß, erfolgreich benutzt.

In diesem Zusammenhang müssen gemeinsam mit der Schiffsform die W e l l e n h o s e n besprochen werden. Bei Doppelschraubern wählt man die U-Spantform vorteilhaft für verhältnismäßig kleine Geschwindigkeiten, muß dann aber die Wellenhosen flach mit höchstens 15° Neigung anbauen und nach außen schlagende Schrauben wählen, um den von Schiffsform und Wellenhosen hervorgerufenen Innendrall durch den Außendrall der Schraube auszunutzen. Bei größeren Geschwindigkeiten werden die V-Spantenformen für Doppelschrauber günstiger. Bei diesen entsteht, wie die Messungen erweisen und Abb. 1 zeigt, primär eine auswärtsdrehende Strömung.

Für die Lage der Wellenhosen gibt es hierbei nun drei Möglichkeiten:

1. entweder legt man sie möglichst genau in die Strömung, meist etwa unter 45° geneigt. Dann werden sie den geringsten Formwiderstand haben und fast gar keinen Drall erzeugen. Man verzichtet also auf Drallgewinn und erreicht gleiche Antriebsleistungen, ob die Schrauben nach innen oder ob sie nach außen drehen,
2. oder man legt die Wellenhosen flacher. Dann wird der Formwiderstand zwar in dem Maße größer werden, als der Strömung ein Innendrall aufgezwungen wird; aber die nach außen schlagenden Schrauben werden diesen Drall zum großen Teil ausnutzen. Es ist noch nicht sicher, ob bei V-förmigen Spanten allgemein durch flache Wellenhosen eine Überlegenheit gegen steile Wellenhosen zu erzielen ist, wie dies bei U-förmigen Spanten der Fall ist,
3. oder man stellt die Wellenhosen steiler als 45°, verstärkt dadurch den ursprünglich von der Schiffsform allein erzeugten Außendrall, muß aber dann die Schrauben zur Ausnutzung dieses Dralls nach innen schlagen lassen. Nimmt man die hierdurch verrin-

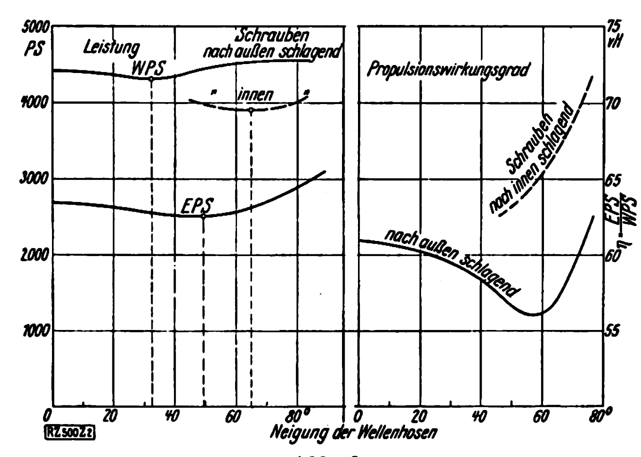


Abb. 2
Versuchsreihe für ein V-förmiges Hinterschiff mit Wellenhosen

Kleinstwert der Schleppleistung *EPS*
a) bei 50° Neigung der Wellenhosen
Kleinstwerte der Wellenleistung *WPS*
b) bei 33° Neigung und auswärts schlagenden Schrauben
c) „ 65° „ einwärts „ „
c) ergibt um 10 vH geringere Wellenleistung als b)

gerte Manövrierfähigkeit des Schiffes in den Kauf, so erhält man in diesem Fall wenigstens bei V-förmigen Spanten, wie die Erfahrungen überwiegend lehren, geringere Antriebsleistung als mit jeder anderen Anordnung.

Kennzeichnend hierfür ist das Ergebnis einer Versuchsreihe für ein V-förmiges Hinterschiff mit Wellenhosen von verschiedener Winkelstellung bei auswärts und bei einwärts schlagenden Schrauben, Abb. 2. Ein weiteres Beispiel, Abb. 3, zeigt die mit Hilfe von Flügelrädern hinter der Wellenhose im Bereich der Schraube gemessene Drallströmung, die selbst örtlich bei gleicher Neigung der Wellenhosen durch ihre besondere Formausbildung ganz wesentlich beeinflußt werden kann. Sofern nämlich bei Doppelschraubern die Drallwirkung der Wellenhosen allein nicht genügt, um die Tangentialverluste im Schraubendrall zu verhindern, kann örtlich durch besondere an der Wellenhose angebrachte Leitflächen und Leitflügel vor der Schraube die Antriebsleistung verbessert werden.

Bei Einschraubern kann nun solcher Drall vor der Schraube überhaupt nur durch unsymmetrische Ausbildung des Hinterschiffes oder besondere Leitflügel erzielt werden. Der Gedanke, durch solche L e i t v o r r i c h t u n g e n v o r d e r S c h r a u b e die Schraubenwirkung zu verbessern, ist zuerst von Prof. H a ß ausgeführt worden. Sie werden jetzt allein von der Star Contrapropeller-Gesellschaft ausgeführt. Solche Leitvorrichtungen haben ihre Wirksamkeit erwiesen, sie um so stärker, je stärker die Schrauben, wie z. B. b Schleppern, belastet sind. Der dadurch im Betrieb eben wie bei Modellversuchen erreichte und gemessene Antriebsgewinn beträgt je nach der Belastung der Schrau bis zu 10 vH. Bei Zweischraubern beeinflussen an d Wellenhosen angesetzte sogenannte „innere“ Leitfläch den Drall örtlich in der gewünschten Richtung. Es g nügen meist an die Wellenhose angeschweißte, sorgfäl geformte Bleche, um die Strömung richtig zu leiten u einen Gewinn von 3 bis 4 vH zu erzielen. Dieser Gewi läßt sich durch äußere auf die Wellenhosen aufgeset Leitflügel verstärken, die jedoch besonders sorgfälti Formgebung bedürfen, damit ihr Widerstand den be sichtigten Drallgewinn nicht überwiegt. Die Ström ist gegen Ablösung sehr empfindlich, und jede Ablösu würde die Wirkung der Leitflächen verhindern.

Die tangentialen Verluste der Schraube betragen normaler Belastung der Schraube theoretisch höchst etwa 7 vH, d. h. ein Gewinn in dieser Größenordnung im allgemeinen die obere Grenze für Leitvorrichtungen der Schraube. Nur in besonderen Ausnahmefällen ist größerer Gewinn gemessen worden, wo offenbar die L vorrichtungen eine vorher vorhandene Widerstandsque unwirksam gemacht, d. h. etwa eine Ablösung verhind haben.

Hiermit wäre über die Formgebung des Hintersc fes vor der Schraube das Wichtigste nach den heuti Erkenntnissen hervorgehoben, wenn noch einige Wo über N a c h s t r o m u n d S o g hinzugefügt werden.

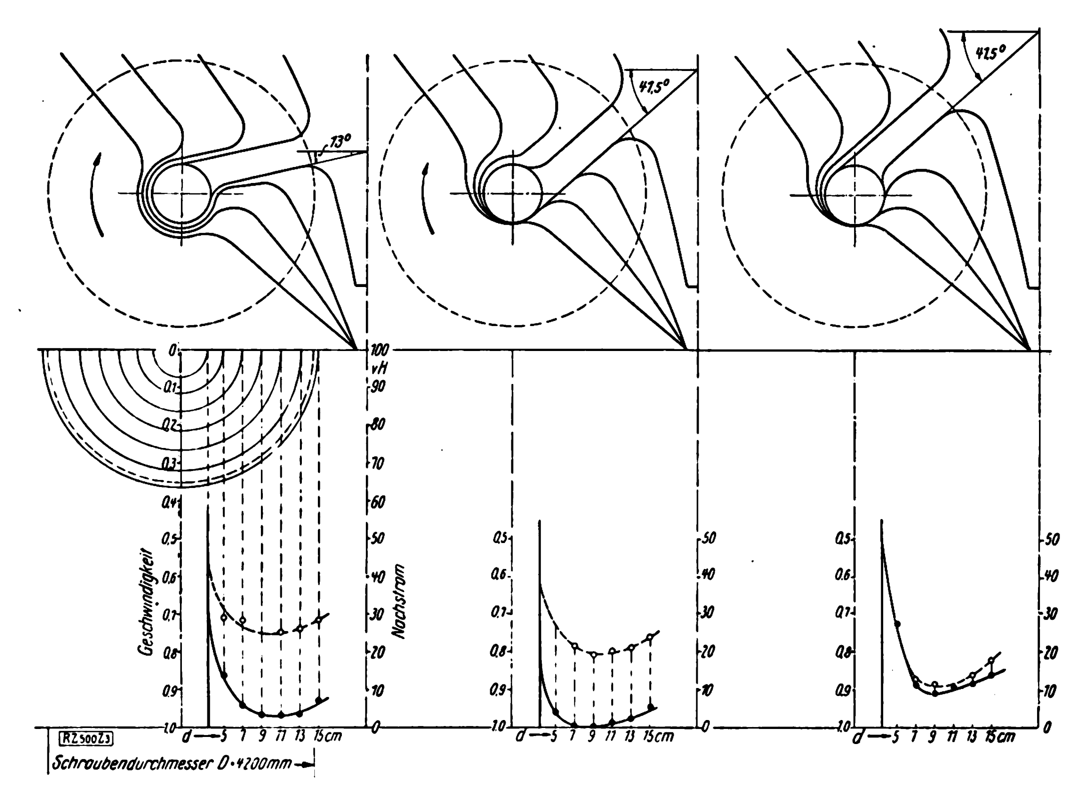


Abb. 3
Drallströmung für verschiedene Neigung und Formausbildung der Wellenhose
Der mit den gleichen linksgängigen Flügelrädern an Steuerbord und Backbord gemessene Unterschied im mittleren Nachstrom kennzeichnet die Drallströmung, die mit oder gegen die Drehung des Flügelrades wirkt. d = Dmr. der einzelnen Nachstrom-Meßflügelräder

Der Nachstrom zerfällt hinsichtlich seiner Entstehung und seiner Ausnutzung in zwei Bestandteile, nämlich in den aus der Potentialströmung herzuleitenden und den aus Zähigkeitswirkungen hinzukommenden Grenzschichtnachstrom, Abb. 4. Die Größenordnung beider Nachstromteile kann man durch Versuch feststellen, indem man zunächst wie üblich den ganzen Nachstrom mißt und dann das Modell umdreht und den Formvorstrom mißt, weil bei Potentialströmung Formvorstrom und -nachstrom gleich sind. Wie von Fresenius und Thoma theoretisch nachgewiesen ist[1]), kann durch die Schraube nur die Energie des Zähigkeitsnachstromes ausgenutzt werden. Je vollkommener dieser Nachstrom von der Schraube erfaßt wird, um so vollkommener ist seine Ausnutzung. Sie ist ideal beim Torpedoantrieb, wo der Schraubenkreis sich mit dem Körperquerschnitt deckt. Es kommt also bei der Formgebung des Hinterschiffes darauf an, den Nachstrom so konzentriert wie möglich dem Schraubenkreis zuzuführen. Anderseits soll die Schiffsform, um die Sogwirkung möglichst gering zu halten, möglichst weit von der Schraube entfernt liegen. Für eine bestimmte Einschraubenschiffsform hat Taylor für sechs verschiedene Lagen und je drei verschiedene Größen der Schrauben Versuche ausgeführt[2]) und gefunden, daß in diesem Fall am günstigsten die kleine Schraube wirkt, wenn sie möglichst dicht und hoch am Schiffskörper angeordnet wird. Die Unterschiede der einzelnen Anordnungen sind ganz beträchtlich, über 30 vH. Bei Doppelschraubern liegt die Sache so, daß im Bereich der Schraube überwiegend Potentialnachstrom herrscht, die Möglichkeit der Nachstromausnutzung ist hier also viel geringer und erreicht meist nicht mehr als 5 vH. Ob es sich lohnt, die Schiffsform in dieser Hinsicht auszugestalten, ist weiteren Forschungen vorbehalten. Sie wurden vor vier Jahren begonnen, mußten aber leider aus Mangel an Mitteln und an Zeit abgebrochen und hinausgeschoben werden wie so manches andere auch.

Die bei der bisherigen Doppelschrauben-Schiffsform fehlende Möglichkeit, den Nachstrom weitgehend auszu-

[1]) Fresenius, „Schiffbau", Bd. 23 (1921) S. 257 u. 300. Thoma, Zeitschrift für Flugtechnik", Bd. 16 (1925) S. 206.
[2]) „Marine Engineering", Bd. 27 (1922) S. 785.

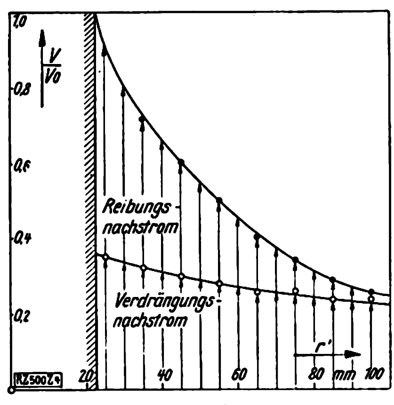


Abb. 4
Nachstrom hinter Einschraubenmodell

nutzen, ist der Grund dafür, daß bei gleicher Schiffsform der Doppelschraubenantrieb dem Einschraubenantrieb oft beträchtlich nachsteht. Das ist eine bekannte Betriebserfahrung und zeigt sich deutlich in unserer Versuchsstatistik der Leistungsgrade verschiedenster bei uns untersuchter Schiffsformen, wonach die Doppelschrauber um rd. 10 vH schlechter sind als die Einschrauber, wie auch neuerdings von Schlupp[3]) an einem Sonderbeispiel gezeigt worden ist.

Über die Schraube selbst brauche ich hier wohl, nachdem sie in letzter Zeit ausführlich von verschiedenen Seiten behandelt worden ist, nur so viel zu sagen, daß sie theoretisch und praktisch den Erkenntnissen und Erfahrungen entsprechend dem Strömungszustand am Schiff angepaßt werden muß.

Ich komme nun zu der Ausbildung der Schiffsform hinter der Schraube. Hier setzte zuerst der Vorschlag Dr. Wagners ein, den Schraubenstrom planmäßig durch einen feststehenden Gegenpropeller zu regeln, um die Tangentialverluste zurückzugewinnen. Dieser Vorschlag

[3]) Vergl. „Schiffbau" Bd. 28 (1927) S. 193.

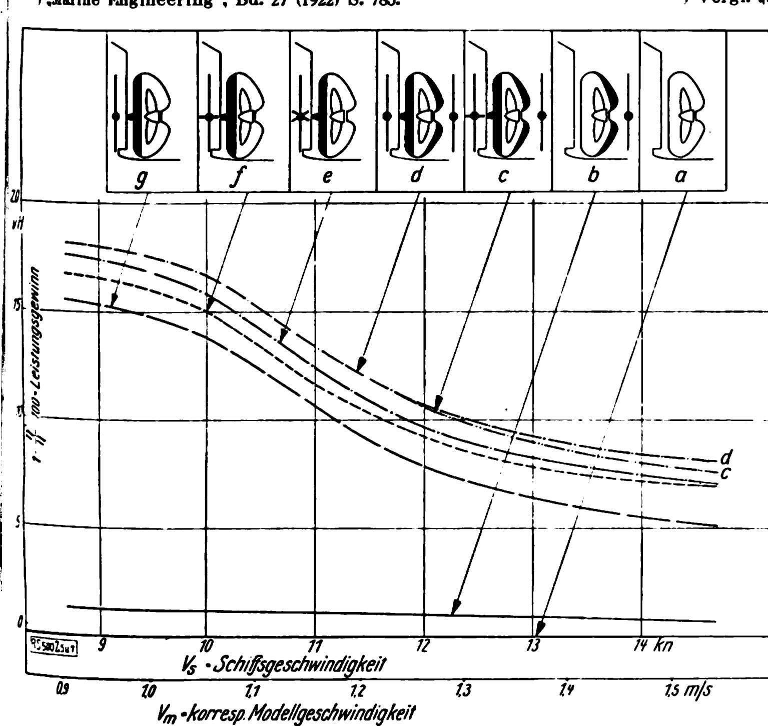


Abb. 5
Gewinn an Leistung bei verschiedenen Leitvorrichtungen

a Grundversuch, normaler Steven ohne Leitvorrichtung
b mit zweiflügeliger Leitvorrichtung vor der Schraube
c wie b und mit vierflügeliger Leitvorrichtung hinter der Schraube
d „ b „ „ zweiflügeliger „ „ „ „
e mit sechsflügeliger „ „ „ „
f „ vierflügeliger „ „ „ „
g „ zweiflügeliger „ „ „ „

Abb. 6
Leistungsgrade verschiedener Naben-, Steven- und Ruderbauarten bei gleicher Schiffsgeschwindigkeit

Abb. 7
Einfluß der Ruderform und Ruderlage auf den Antrieb



hat nicht nur die erwartete, sondern darüber hinaus bei Einschraubenschiffen eine weit größere überraschende Wirkung gezeigt. Der Leistungsgewinn erreicht nicht nur die theoretisch höchstens zu erwartenden 7 vH, sondern beträgt oft 12 vH und mehr. Dieser Gewinn war so bedeutend, daß man ihn zunächst immer wieder anzweifelte. Er läßt sich aber nicht wegleugnen und ist durch Betriebserfahrungen und Modellversuche im großen Umfange bestätigt. Vermutlich beruht er auf drei verschiedenen Wirkungen des Gegenpropellers:

1. dem Drallgewinn oder der Beseitigung des Tangentialverlustes, die um so vollkommener ist, je vollkommener die Strahlregelung wirkt, und normal 7 vH erreichen kann. Man hat daher Gegenpropeller verschiedener Flügelzahl mit sechs, vier und zwei Flügeln ausgeführt und ihre Wirkung an Modellen und zahlreichen Schiffen im Betrieb studiert, und wenn man auch gefunden hat, daß die Wirkung der mehrflügeligen Gegenpropeller etwas günstiger ist, begnügt man sich neuerdings aus betriebstechnischen Gründen mit zweiflügeligem Gegenpropeller und verzichtet auf etwa 2 vH Mehrgewinn, die demgegenüber ein sechsflügeliger Gegenpropeller oder, wie er international genannt wird, „Contrapropeller" erbringt;

2. einer Widerstandsverminderung des sonst vierkant im Schraubenstrom stehenden Ruderstevens. Sie mag etwa eine Größenordnung von 5 vH erreichen;

3. einer Sogverminderung, deren Ursache noch nicht voll erkannt ist, die zum Teil auf geringere, durch den Gegenpropeller hervorgerufene Drehzahl der Schraube zurückzuführen sein mag. Gerade diese letzte Wirkung, die Sogverminderung, kann aber erfahrungsgemäß namentlich bei sonst schlechten völligen Einschraubenschiffen mit starkem Sogverlust ganz beträchtlich werden.

Nimmt man im Mittel für jede der drei Wirkungen Drallgewinn, Widerstandsverminderung, Sogverminderung, eine Größenordnung von je 5 vH an, so ergibt sich im ganzen ein Gewinn an Antriebsleistung in Höhe von etwa 15 vH und darüber, was bei gleicher Leistung einer Geschwindigkeitszunahme von etwa 7 vH entspricht.

Eine Reihe verschiedener Leitflächenzusammenstellungen sind auf ihre Wirkung hin bei einem Einschraubenmodell der Isthmian Steamship Lines untersucht worden. Abb. 5 zeigt, daß die Zusammenstellung eines vier- oder zweiflügeligen Gegenpropellers mit einer zweiflügeligen Leitvorrichtung vor der Schraube am günstigsten wirkt. Bei der Schiffsgeschwindigkeit von 11,75 Kn ergibt sich ein Leistungsgewinn von 11,5 vH. Dieser bei den Modellversuchen festgestellte Wert hat sich nach Aussage der Reederei im Betrieb als Mittel aus verschiedenen Reisen in der gleichen Größe gezeigt.

Außer der allein auf den Antrieb gerichteten günstigen Wirkung des Gegenpropellers tritt unbestritten eine bedeutend bessere Steuerfähigkeit des Schiffes in die Erscheinung.

Wie bedeutend selbst unter Verzicht auf Drallgewinn die Verbesserungen durch Widerstandsverminderung und durch Sogverminderung allein bereits sind, zeigt sich, wenn man hinter der Schraube im Schraubenstrom nur einen guten symmetrischen Querschnitt anordnet, Abb. 6. Obwohl seine Drallausnutzung jedenfalls nicht so gut sein kann wie bei unsymmetrischen, dem Schraubenstrom angepaßten Leitflächen, zeigt sich die Wirkung stromlinienförmiger symmetrischer Ruder, wie des Flettnerruders, des Oertzruders und des Balanceruders, nach den gleichlautenden Modellversuchs- und Betriebserfahrungen in einem bedeutenden Leistungsgewinn gegenüber dem normalen Plattenruder, und zwar in einer Größenordnung von etwa 10 vH und darüber, Abb. 7. Dies wurde zuerst für ei Oertzruder gemessen. Die gegenüber dem normalen Rude beim Flettner- und Oertzruder verdickte Ruderform ü vermutlich auch einen günstigen Einfluß auf die Sogve minderung aus. Die Druckverteilung der verschiedene Systeme: Schiffsform, Schraube und Ruder wird dadurc offenbar günstig beeinflußt. Daß die genannten Rude das Flettner- und das Oertzruder, bei Einschraubenschiff die Steuerfähigkeit und Kursstabilität des Schiffes, eben wie das mit dem Contrapropeller verbundene Wagne Ruder, erhöhen, ist eine immer wieder von den Schiff leitungen hervorgehobene Tatsache, und zweifellos wi dadurch die Fahrtgeschwindigkeit des Schiffes namentli bei unruhiger See günstig beeinflußt. Es erscheint ka nötig, besondere Gründe aus der besseren Steuerfähigk für die bedeutenden Antriebsgewinne der angeführt Ruder zu suchen; denn gleiche Gewinne, wie sie verbür Betriebszahlen angeben, sind bei den Modellversuchen erzwungener Geradeausfahrt, ohne daß die Kursstabili und die Steuerfähigkeit zur Geltung kommen, gemessen

Eine günstige Wirkung der Stromlinienruder auf d Antrieb bei Doppelschraubern hat nur in geringem A maß in einzelnen Fällen gemessen werden können. der Hauptsache wird sich ihr Anwendungsgebiet auf E schrauber erstrecken, dort aber sind gut geformte Ru hinter der Schraube von entscheidender Bedeutung.

Während man die Antriebsleistung bei Doppelschr bern eigentlich nur durch günstige Formung der Well hosen und Leitvorrichtungen vor der Schraube sowie dur richtige Wahl des Schraubendrehsinns um etwa 7 vH v bessern kann, werden bei Einschraubern Gegenpropel und gute Ruderbauarten anzuwenden sein, deren sparnisse in einer Größenordnung von 15 vH liegen. durch ergibt sich eine Überlegenheit des Einschraub antriebes.

Die Statistik der Modellversuchsergebnisse der letz fünf Jahre lehrt, daß mit gut geformten Doppelschraub Propulsionswirkungsgrade bis zu 65 vH erreicht werd während sie sich bei Einschraubern bis zu 70 vH und d über steigern lassen.

Wenn auch in den letzten Jahren manches, wie gesehen haben, zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit Schiffsantriebs durch praktische Versuche erreicht ist, bleibt doch zur theoretischen Vertiefung der Erkenntni noch viel zu tun übrig. [B 500

Die Kurzwellensender von Nauen

Während der letzten fünf Jahre wurden im drahtlosen Nachrichtendienst neben den gebräuchlichen 5 bis 24 km langen Wellen auch solche von weniger als 100 m Länge verwendet. Obwohl diese kurzen Wellen größeren Stärkeschwankungen, sogenannten Fadings, unterworfen sind, zeichnen sie sich vor den langen doch dadurch aus, daß sie zur Überbrückung großer Entfernungen bedeutend geringere Sendeleistungen erfordern.

Schon im Juli 1924 wurde daher versuchsweise in Nauen ein Kurzwellensender für den Verkehr mit Südamerika in Betrieb genommen. Die Wellenlänge betrug damals 90 m, die Antennenleistung etwa 1 kW. Seitdem ist die Wellenlänge der Sender bis zu 15 m verkürzt, die Leistung dagegen erheblich gesteigert worden. Der neueste Kurzwellensender in Nauen arbeitet mit 25 m langer Welle und mit einer Antennenleistung von etwa 20 kW. Wellenlänge und Energieausstrahlung lassen sich in dem Maße verändern, wie es die Einflüsse von Tag und Nacht, Jahreszeit und Wetter erforderlich machen. Die Wellenlänge wird durch die Schwingungen eines Kristalls konstant gehalten (Kristallsteuerung). Die geringe Leistung des Kristallkreises verstä man in einer Anzahl von Steuerstufen so weit, daß sie Steuerung des Hauptsenders ausreicht. Heizstrom, Anod und Gittervorspannung werden von Hochvakuumgleichri tern und Batterien geliefert, der Anodenstrom der Ste stufen wird von zwei Hochspannungsmaschinen für 400 und je 2,5 kW und die Spannung für den Hauptsender einem Gleichrichter für 10 000 V und 60 kW entnommen. A Röhren von 10 kW an sowie die Gleichrichterröhren s wassergekühlt. Der Kurzwellensender ist 100 m vom Hau gebäude entfernt in einem Sonderbau untergebracht wird über Erdkabel mit Strom versorgt. Die Antenne steht aus einem 80 m langen Leiter, der an einem zwisc zwei der großen Masten ausgespannten Tragseil senkre aufgehängt ist.

Außer diesem Sender hat Nauen noch zwei klein ebenfalls kristallgesteuerte Kurzwellensender für Well längen von 15 und 30 m. Sie dienen zur Aushilfe und Vorversuchen für die drahtlose Bildübertragung auf we Entfernungen, deren Einführung nach den vorliegen glänzenden Ergebnissen nur noch eine Frage der Zeit ist

[N 617] Zn

Die Anforderungen der Textilindustrie an ihre Werkstoffe

Von Dipl.-Ing. G. Krauter und Dr.-Ing. H. Vollprecht
(Mitteilung aus dem Deutschen Forschungsinstitut für Textilindustrie in Dresden)

Bestrebung zur eindeutigen Festlegung der Eigenschaften — Garn, Feinheit, Drehung, Volumen, Festigkeit, Dehnbarkeit — Baumwolle, Kette, Schuß, Zwirn, Faserlänge, Faserdicke, Klassierung — Wolle, Kammgarn, Streichgarn, Filze, Teppiche — Flachs, Werggarn, Flachsgarn — Hanf — Jute — Ramie — Tierhaare — Mineralfaser — Seide — Kunstseide

Die Maschinenindustrie begnügt sich heute nicht mehr damit, Stahl oder Eisen zu verwenden, sondern der Stahl und das Eisen muß, um seinen Zweck zu erfüllen, Festigkeitseigenschaften aufweisen, die womöglich bei der Bestellung festgelegt werden und deren Bestätigung in Form von Probestäben mit auf den Weg gegeben wird. Die Einhaltung der im voraus gewährleisteten Eigenschaften wird durch sorgsame Prüfung der Rohstoffe erreicht. Auch das Ziel der Textilindustrie ist, die Eigenschaften ihrer Werkstoffe eindeutig festzulegen. Um dies ermöglichen zu können, muß man sich klar sein über die Forderungen, die die Textilindustrie an ihre Werkstoffe stellt. Von vornherein muß gesagt werden, daß der Werkstoff des Webers oder Wirkers grundsätzlich von dem des Spinners zu trennen ist. Die Prüfung des Garnes läßt sich wesentlich leichter durchführen und ist deshalb viel allgemeiner im Gebrauch, als die wissenschaftliche Prüfung des Rohstoffes.

Garn

Zunächst sollen hier die Forderungen, die an das Garn gestellt werden müssen, behandelt werden. Das Garn im allgemeinen ist ein Gebilde, das aus einzelnen Faserelementen, die miteinander verbunden sind, besteht. Je mehr Faserelemente auf den Querschnitt kommen, desto dicker ist der Durchmesser des Garnes, desto größer ist die Feinheit. Die Feinheit wird in der Praxis ausgedrückt durch das Verhältnis der Länge zum Gewicht. Die Feinheitsnummer beeinflußt also die Tragfähigkeit des Gewebes, sowie das Aussehen. Die Einhaltung der Feinheitsnummer ist als erste Forderung anzusprechen.

Die einzelnen Faserelemente werden durch Zusammendrehen verbunden. Durch das Zusammendrehen werden die einzelnen Fasern im Garn aneinandergepreßt. Die Oberflächenreibung zwischen den einzelnen Fasern gibt dann dem Gebilde einen gewissen Halt in der Fadenrichtung. Bei geringer Drehung werden die Fasern natürlich nicht so dicht aneinander gelegt wie bei starker Drehung. Das Garn mit geringer Drehung wird also voller und dicker erscheinen, als das Garn mit größerer Drehung. Außerdem ist den Fasern bei geringer Drehung die Möglichkeit, aneinander vorbeizugleiten, noch nicht völlig genommen. Die Dehnung wird infolgedessen größer, die Festigkeit geringer. Ein Punkt, der die Eigenschaften des Garnes derartig beeinflußt, darf nicht vernachlässigt werden. Man möchte deshalb die Einhaltung der Drehung als zweite Forderung, die der Weber an seinen Werkstoff zu stellen hat, ansprechen. Die weiteren Forderungen lassen sich nicht mehr ohne Gliederung in Rohstoffe und Verwendungszwecke durchführen.

Baumwolle

Der meist verbrauchte Rohstoff ist die Baumwolle. Die Baumwolle wird hauptsächlich in der Weberei, der Wirkerei und der Strickerei verwendet. Bei Webwaren haben wir zwei Fadensysteme, deren Beanspruchung zum mindesten bei der Verarbeitung ganz verschieden ist. Die Kette wird gestrafft, also auf Zug beansprucht, und außerdem im Geschirr und am Blatt gescheuert. Von dem Garn fordert man daher eine möglichst hohe Reißfestigkeit und eine gewisse Scheuerfestigkeit. Die Eigenschaften erreicht man durch eine festere Drehung und eine große Faserlänge, denn je größer die Einzelfaserlänge, desto weniger Faserenden kommen auf die Längeneinheit und um so mehr tragende Fasern kommen auf den Querschnitt.

Beim Schuß ist die Beanspruchung lediglich die, die der Faden durch das Abziehen von der Spule auszuhalten hat. Die Beanspruchung auf Zug ist wesentlich geringer als bei der Kette. Das Garn soll voll und weich sein, da hierdurch eine bessere Deckung im Gewebe erzielt wird. Erreicht wird dies durch möglichst schwache Drehung. Die dadurch verringerte Festigkeit fällt nicht ins Gewicht. Zum Verweben genügt sie, und wenn der Faden eingetragen ist, wird die durch die mangelnde Drehung nicht erreichte Reibung durch das Verkreuzen mit den Kettenfäden in vollem Maße wieder hereingebracht. Der Weber wird deshalb an das Schußgarn außer den vorgeschriebenen Forderungen noch die der Weichheit stellen.

Damit ist aber das Gebiet der Weberei noch nicht erschöpft. Für jedes Sondergewebe müssen, um die gewünschte Wirkung voll herauszubringen, Sondergarne verwendet werden. Eine Behandlung all dieser Fälle würde zu weit führen. Erwähnt sei, daß bei Ripsen z. B. die Verhältnisse im Schußgarn gerade umgekehrt liegen können. Die Wirkerei und Strickerei gebraucht zu ihren Erzeugnissen ein Garn, das außerordentlich schmiegsam ist, damit der Faden in gleichmäßiger Krümmung die Biegungen der Maschine mitmacht. Außerdem wirkt in der Wirkware jede Verdickung viel störender als in der Webware. Die Beanspruchung, die das Garn beim Verarbeiten erfährt, ist sehr gering. Der Wirker und Stricker wird als Forderung an seinen Werkstoff große Weichheit und große Gleichmäßigkeit zu stellen haben.

Aus der Baumwolle stellt man auch Nähzwirn her, der große Festigkeit und große Gleichmäßigkeit haben muß. Die Eigenschaften, die das Garn aufweisen muß, aus dem der Nähzwirn hergestellt wird, können natürlich denen des Nähzwirns nicht entgegenstehen. Das Garn muß hart gedreht sein.

Um diese verschiedenen Forderungen zu befriedigen, muß der Spinner schon bei der Wahl des Rohstoffes die nötigen Vorkehrungen treffen. Der Spinner hat also seinerseits an die Rohstoffe verschiedene Forderungen zu stellen. Will er ein Garn von großer Festigkeit und guter Gleichmäßigkeit herstellen, wie es für Nähzwirne verwendet wird, so muß zunächst der Rohstoff die gleichen Eigenschaften aufweisen. Eine große Festigkeit hat eine Baumwollfaser, die in bezug auf ihr Gesamtvolumen möglichst viel tragenden Stoff, d. h. Zellwand, hat. Je mehr von dieser festen Schicht im Querschnitt des Fadens vorhanden ist, desto größer ist die Gesamtfestigkeit. Bei feinen Fasern wird mehr von der Zellwand im Garnquerschnitt vorhanden sein als bei groben.

Die Länge der Einzelfasern ist auch nicht ohne Einfluß auf die Festigkeit des Garnes. Je länger die Einzelfasern sind, desto weniger Faserenden kommen auf die Längeneinheit, desto mehr tragender Stoff ist im Fadenquerschnitt. Außerdem läßt sich eine Baumwolle mit langen Fasern leichter zu einem gleichmäßigen Garn verarbeiten. Sind ganz besondere Anforderungen gestellt, so kann langfaserige Baumwolle gekämmt, d. h. alle Unreinigkeiten und kurzen Fasern, die zu Ungleichmäßigkeiten führen, können entfernt werden. Der Spinner muß, wenn von ihm ein Garn hoher Festigkeit verlangt wird, einen Rohstoff mit einer verhältnismäßig großen Faserlänge und großer Faserfeinheit verarbeiten. Die gleiche Forderung muß er stellen, wenn er ein Garn zu Wirk- oder Strickzwecken herstellen will. Durch die große Faserlänge, verbunden mit der Faserfeinheit, ist eine gute Gleichmäßigkeit des Garnes zu erreichen.

Die durch die Drehung erzeugte Reibung der Fasern aneinander ist bei langen Fasern mit weniger Drehung schon zu erreichen, da bei der langen Faser die Fläche, auf die die Reibung wirkt, größer ist. Für außerordentlich weich gedrehtes Garn kann man nur eine Baumwolle mit großer Faserlänge verwenden. Bei Webgarnen sind die Gegensätze nicht so kraß, doch wird auch hier nicht allein mit der Drehung die höhere Festigkeit gegeben,

sondern durch Auswahl der zu verarbeitenden Baumwolle in der Richtung, daß für Garne höherer Festigkeit längerstapelige Stoffe verwendet werden. Außerdem hat sich der Spinner noch nach der Feinheitsnummer des Garnes bei der Auswahl der Baumwolle zu richten. Bei hoher Feinheitsnummer (dünnem Garn) sind wenig Fasern im Querschnitt, es wird sich darum ein Faserende als nichttragend viel eher bemerkbar machen, als bei grober Nummer; daher die Forderung: je höher die Nummer, desto länger die Faser. Gehandelt wird Baumwolle nach Herkunft, Klassen, Stapel und Farbe. Die Faserfeinheit ist mit der Herkunft verschieden, dies ist teils durch klimatische Verhältnisse bedingt, teils aber auch durch verschiedene Pflanzengattung.

Die Dicken der Fasern einiger Sorten in tausendstel Millimetern und ihre größten Längen (mm) sind in Zahlentafel 1 zusammengestellt.

Zahlentafel 1

Art der Faser	Dicke 1/1000 mm	Größte Länge mm
Sea Island Baumwolle	rd. 14	bis 50
Ägyptische „	„ 16	„ 45
Nordamerikanische Baumwolle .	„ 19	„ 35
Südamerikanische „ .	„ 20	„ 35
Ostindische Baumwolle	„ 25	„ 30

Diese Zahlen decken sich aber nicht mit dem Kaufstapel. Der Kaufstapel liegt einige Millimeter unter der Länge der längsten Fasern; ihn zu schützen, ist Erfahrungs- und Übungssache.

Die Klasse bezeichnet das Kennzeichen der Baumwolle nach Reinheit und Faserbeschaffenheit. Die Klassenbezeichnungen sind für ägyptische, amerikanische und ostindische Baumwollen verschieden. Für amerikanische lauten die Hauptklassen, mit der besten angefangen, wie folgt:

Fair; strict good middling; good middling; strict middling; middling; strict low middling; low middling; strict good ordinary; good ordinary; ordinary.

Wolle

Ein nicht minder wichtiger Rohstoff ist die Wolle. Die Forderungen, die an ein Wollgarn gestellt werden, sind noch mannigfaltiger als bei Baumwolle. Die Erzeugnisse der Wollindustrie sind eben verschiedenartiger Die Wollware macht nach dem Weben noch einen Ausrüstungsgang durch, der sich in unvergleichlich höherem Maße an die Eigenschaften der verschiedenen Wollen anlehnt. Man muß deshalb schon die Gewebe trennen.

Zunächst seien die Kammgarnstoffe behandelt und die Forderungen, die der Kammgarnweber an den zu verarbeitenden Rohstoff zu stellen hat. Soll ein Gewebe mit ausgesprochenem Muster in der Bindung hergestellt werden, so muß das Garn schlicht sein. Die Dehnung des Garnes muß (dies gilt für alle Wollstoffe) groß sein, denn von der elastischen Dehnung hängt das Knittern des Gewebes ab. Bei dünnen, stark glänzenden Stoffen, wie z. B. bei Lüster, muß schon das Garn den Glanz aufweisen. Stoffe, deren Bindung leicht verschleiert erscheinen soll, bedürfen eines Garnes, das weicher, weniger glänzend und etwas rauher ist als das für die oben genannten Waren. Soll der Stoff zwar die Bindung deutlich zeigen, aber der Faltenwurf besonders weich sein, so muß auch an das Garn die Forderung der Weichheit gestellt werden.

Die Garne für Strickerei und Wirkerei müssen, wie bei Baumwolle, so auch bei Wolle, die Biegungen der Maschen ohne großen Widerstand mitmachen. Das Garn muß verhältnismäßig weich sein. Je nachdem es die Mode oder der herzustellende Gegenstand verlangt, muß die Ware glatt sein oder sie muß ein Rauhen, d. h. die Erzeugung eines Pelzes auf der Ware zulassen. Um wirklich reine Effekte zu erzielen, muß das Garn verschiedenartig sein. Das Garn muß im Falle des Rauhens zunächst so gearbeitet sein, daß es dem Herauszupfen der Härchen keinen allzugroßen Widerstand entgegensetzt Es muß sehr wenig gedreht sein. Ferner dürfen die Fasern nicht zu fein sein, da sonst beim Gebrauche die Härchen sich zusammenkräuseln.

Der Spinner hat bei Wolle die Möglichkeit in wei höherem Maße als bei der Baumwolle, den Wünschen de Weberei durch die Auswahl der Rohstoffe Rechnung z tragen. Die Wolle als Spinnstoff ist derartig verschiede in Länge, Dicke und sonstiger Beschaffenheit, daß au unterschiedlichen Wollen hergestellte Erzeugnisse gar gegensätzliche Kennzeichen tragen können. Zur Erzeugung eines harten Garnes benötigt der Spinner eine grol Wolle mit langen Fasern. Für stark glänzende Garn läßt sich nur Wolle verwenden, die selbst schon erhe lichen Glanz aufweist. Weiche Garne verlangen ei Wolle von großer Feinheit.

Entsprechend den beträchtlichen Unterschieden in d Art der Wolle sind auch die im Handel üblichen Unte teilungen mannigfaltig. Gehandelt wird sie nach Klasse die sich auf die Wollfeinheit beziehen. Außerdem werd auch noch die Kräuselbögen, die eine Eigenart der Wol darstellen, mit berücksichtigt. Des weiteren ist von Ei fluß der Glanz und die „Treue". Unter Treue verste man die gleichmäßige Dicke. Die Weichheit und Sanfth wird als „Milde" ausgedrückt. Als weitere Punkte be Handel von Rohwolle sind noch die Geschmeidigkeit, (Farbe, die Reinheit und die Natur des Wollschweißes Betracht zu ziehen. Je nachdem, was für ein Garn h gestellt werden soll, kann die eine oder andre der ob genannten Eigenschaften vernachlässigt werden. Die Wo fasern teilt man nach dem Augenschein in Klassen e Mit guter Übereinstimmung kann man den verschieden Klassen die in Zahlentafel 2 zusammengestellten Durc messerwerte zugrunde legen.

In der Tuchweberei arbeitet man mit Streic garnen. Im Gegensatz zu Kammgarnen sind diese nc mit allen kurzen Fasern und mit Unreinigkeiten behaft Beim Verarbeiten von Streichgarnen wird sich desh eine ganz andere Wirkung ergeben. Diese Wirkungen, bei Kammgarnware fehlerhaft erscheinen würden, Effekt herauszuarbeiten, ist die Aufgabe der Tuchh stellung. Entsprechend müssen auch die Forderung sein, die die Tuchweberei an ihre Garne stellt. Tu sind mit einem Flor bedeckt, sie sind gerauht. Die B dung soll unter dieser Decke verschwinden. Hier hat Ausrüstung einzusetzen. Um diese Beschaffenheit Tuches zu erreichen, muß es zunächst gewalkt werd d. h. die Fasern von Kette und Schuß werden miteinan verfilzt. Nach dem Walken werden die Tuche gerau verstrichen, geschoren, gepreßt usw. Für all diese V gänge muß das Garn geeignet sein. Der Weber hat al um ein einwandfreies Tuch zu bekommen, an das Ga die Forderung zu stellen, daß es leicht verfilzt, ferr daß sich eine gewisse Anzahl von Härchen aus dem v filzten Gewebe herausheben läßt.

Der Streichgarnspinner erfüllt die Forderung (Webers zunächst schon durch die Eigenart des Strei garn-Spinnverfahrens. Beim Kammgarn-Spinnverfahı verfeinert man den Faden durch Verziehen von Lu ten[1]). Dadurch wird gleichzeitig auch ein Parallelleg der Fasern erreicht. Beim Streichgarnverfahren verfein man den Faden durch Teilung eines Faserschleie In der Fadenachse richtet man die Fasern nur in ga unbedeutendem Ausmaß auf der Krempel. Das Ga wird infolgedessen mit Fasern, die quer zur Fadenric tung liegen, durchsetzt sein. Die Möglichkeit des Rauhe

[1]) Rundliche Bänder von Fasermassen.

Zahlentafel 2

Klasse	5 A	4 A	3 A	2 A	A	B	B_2	C	D	E	F
Faser-Durchm. 1/1000 mm	15 bis 18	18 bis 20	20 bis 22	22 bis 24	24 bis 26	26 bis 28	28 bis 30	30 bis 36	36 bis 45	45 bis 60	60 bis '

ist hiermit gegeben. Die zweite Forderung, die des Verfilzens, kann der Spinner durch die Auswahl des Rohstoffes erfüllen. Bei dem Streichgarnverfahren würde bei Verarbeitung grober Wollen das Garn rauh. Der Streichgarnspinner hat also an seinen Rohstoff die Forderung einer hinreichenden Feinheit zu stellen. Welche Faserlänge sein Rohstoff hat, hängt von dem Preise ab und kann nicht ohne weiteres angegeben werden. Im allgemeinen wird er kürzere Rohstoffe als der Kammgarnspinner verwenden.

Weitere Zweige der wolleverarbeitenden Industrie sind die Filzherstellung und die Teppichweberei. Daß der Filzerzeuger in erster Linie die Forderung eines guten Filzvermögens an seinen Rohstoff stellen muß, bedarf keiner weiteren Erläuterung. Außerdem hat er aber je nach dem Verwendungszweck des Filzes weitere Forderungen an seinen Werkstoff zu stellen. Der eine Filz soll wasserdicht sein, der andere soll stark saugfähig sein, ein dritter muß weich und geschmeidig sein, wieder andere müssen hart und fest sein. Je nach den Aufgaben, die das Erzeugnis zu erfüllen hat, muß auch die Eigenschaft des Rohstoffes verschieden sein. Um einen wasserdichten Filz zu erzeugen, müssen sich die Fasern eng und dicht aneinanderlegen, ohne daß sich Kapillarwirkungen einstellen. Eine solche Beschaffenheit wird sich nur erreichen lassen, wenn sehr feinfaserige Wollen verwendet werden. Ein Filz mit guter Saugfähigkeit verlangt dann naturgemäß gröbere Wollen. Ein weicher Filz wiederum erfordert feinere Wollen, die jedoch eine große Elastizität nicht entbehren dürfen. Zu harten, festen Filzen endlich benötigt man Wollen mittlerer Feinheit mit großer Verfilzungsmöglichkeit und guter Faserlänge.

Die Teppichweberei verlangt von ihrem Rohstoff keine Geschmeidigkeit, dafür aber Starrheit und Elastizität. Der Teppichweber wird außerdem von seinem Garn verlangen, daß es aus langfaserigem Rohstoff besteht. Da der Flor des Teppichs häufig geschnitten ist, so würden, wenn ein kurzfaseriger Rohstoff verwendet ist, zu viele Fäserchen herausfallen. Der Teppich würde bald unansehnlich werden. Teppichgarne bestehen deshalb aus starker, glatter und langer Wolle.

Weitere Rohstoffe der Textilindustrie aus dem Pflanzenreiche sind der Flachs, der Hanf, die Jute und Ramie, ferner Neuseeländer Flachs, Sisalhanf, Manilahanf u. ä., aus dem Tierreiche die Haare der Ziegen, Kamele, Pferde und Kaninchen. Als Gespinstfasern des Mineralreiches kommen Glas, Metalle und Asbest in Frage.

Flachs

Der Leinenweber, der das Flachsgarn verarbeitet, hat sich in seinen Ansprüchen an den Rohstoff nach dem Preise der herzustellenden Waren zu richten. Vom feinstfädigen Batist bis zum grobfädigen Hedeleinen (Leinen aus Werggarn) sollen alle Gewebe das Leinenkennzeichen zeigen, dementsprechend sind auch die Garne außer in der Feinheit und der Gleichmäßigkeit, die aber nicht wegen der zu erreichenden Wirkung, sondern wegen des Preises verschieden ist, einander ähnlich. Für gute Leinengewebe braucht der Weber ein glattes, gleichmäßiges Garn. Auch in der Nähzwirnherstellung ist die erste Forderung große Gleichmäßigkeit. Da Nähzwirn noch einmal gedreht wird und der Leinenfaden immer hart ist, muß, um eine schöne Rundung zu erreichen, die Drehung entgegen den Forderungen bei der Herstellung von Baumwollnähzwirn geringer sein als für Webgarne.

Dem Spinner setzen sich, wenn er die an das Garn zu stellenden Forderungen erfüllen will, wesentlich größere Schwierigkeiten entgegen. Die Flachsspinnerei kann, da der Rohstoff, obwohl er nur für gleichartige Zwecke verwendet wird, doch außerordentlich verschieden ist, der Handarbeit nicht entbehren. Die Hechelei, wenigstens der letzte Teil der Hechelei, ist Handarbeit. Hier erst kann man die Rohstoffe unterteilen; die Arbeit muß, da Büschel für Büschel zu ordnen ist, dem Arbeiter überlassen bleiben. Der erste Arbeitsgang der weiteren Verarbeitung, das Anlegen der fertiggehechelten Büschel, ist wieder Handarbeit, die keine Gleichmäßigkeit gewährleistet. Wohl sucht man diese Ungleichmäßigkeiten dadurch zu verbessern, daß man ein häufiges Verziehen und Wiederzusammenlegen anwendet, aber gröbere Fehler werden, zwar auf größere Längen verteilt, doch noch im Garn erscheinen; daher die Schwierigkeit, eine gute Gleichmäßigkeit zu erreichen. Aber nicht nur auf die Eigenart des Herstellungsvorganges hat der Spinner sein Augenmerk zu richten, er muß auch bei der Wahl des Rohstoffes auf der Hut sein. Der Flachs wird, um die Faser aus dem Stengel herausarbeiten zu können, einer Röste, d. h. einem biologischen Verfahren unterworfen, wobei er beträchtlich beschädigt werden kann. Eine gute Röste ist deshalb eine Hauptforderung, die der Spinner an seinen Rohstoff zu stellen hat.

Hanf

Der Hanf, eine gröbere und stärkere Faser als der Flachs, kann entsprechend diesen Eigenschaften nur zu gröberen Garnen verarbeitet werden. Vom Hanfgarn kann deshalb keine große Gleichmäßigkeit gefordert werden. Dagegen ist Hanfgarn äußerst fest. Entsprechend dieser Eigenschaft ist auch sein Verwendungszweck auf Textilerzeugnisse, die große Festigkeit haben müssen, ohne dabei feinfädig zu sein, beschränkt. In der Weberei wird Hanfgarn infolgedessen zu Segeltuchen, Schläuchen und Gurten gerne verwendet. Ferner spielt Hanf eine große Rolle bei der Herstellung von Netzen und Seilerwaren.

Jute

Die Juteweberei stellt heute im wesentlichen zwei Güten her, und zwar eine grobe, die als Packleinen, Sackgewebe und Unterlaggewebe für die Linoleumherstellung verwendet wird, und eine bessere Güte für Dekorationsstoffe. Entsprechend diesen Güten sind auch die Forderungen, die an das Garn zu stellen sind. Es handelt sich hier in erster Linie um die Gleichmäßigkeit. Ein weiterer Verwendungszweck für Jutegarn ist der zu Grundgewebefäden für Teppiche. Die Jutespinnerei erfüllt die Ansprüche durch Auswahl des Rohstoffes und hat infolgedessen an den Rohstoff die gleichen Forderungen zu stellen wie der Weber an das Garn.

Ramie

Ramie spielt heute in der Weberei keine große Rolle mehr. Das Garn ist stark glänzend und leicht gleichmäßig herzustellen. Es wird also verwendet werden, wenn diese Forderungen gegeben sind. In der Wirkerei wird es zu Effektfäden gerne gebraucht. Der hauptsächlichste Verwendungszweck für Ramie ist die Glühstrumpfherstellung. Der Glühstrumpf muß, um ein haltbares Ascheskelett zu geben, aus einem außerordentlich gleichmäßigen Garn hergestellt werden, das frei von schädlichem Aschegehalt ist. Die Forderungen, die die Glühstrumpffabrik an ihren Werkstoff zu stellen hat, ergeben sich daraus von selbst.

Die sonst noch gebräuchlichen Faserstoffe des Pflanzenreiches, die Blattfasern, werden in erster Linie zu Seilerwaren verarbeitet. Es ist dies der Neuseeländer Flachs, Sisalhanf, Manilahanf u. ä. Aus dem Verwendungszweck ergibt sich, daß die Festigkeit die Hauptrolle spielt. Außerdem ist noch die Beständigkeit und Haltbarkeit im Wasser und Seewasser wichtig.

Tierhaare

Die Verarbeitung der Haare von Ziegen, Kamelen und Kaninchen gehört mit zur Wollindustrie, und zwar teils zur Kammgarn- und Streichgarnverarbeitung, teils auch in die Filzherstellung. Die Haare der Ziegen sind verschieden in Länge, Feinheit und Glanz. Je nachdem werden auch die Ansprüche verschieden sein, die an das Garn gestellt werden. Die Kamelhaare, d. h. in erster Linie die Flaumhaare des Kamels, sind außerordentlich fein und weich. Verwendet werden Kamelhaare in der Deckenherstellung, meist naturfarben. Entsprechend dem Verwendungszweck sind auch die Forderungen, die an ein Kamelhaargarn gestellt werden: große Weichheit und die Möglichkeit des Rauhens, sowie gleichmäßige Farbe. Kaninchenhaare werden in der Filzherstellung, besonders für Hüte, verwendet. Als Spinnstoff ergeben sie, wenigstens die Haare der Angorakaninchen, ein Erzeugnis von außerordentlicher Schmiegsamkeit und

Weichheit, das aber den Nachteil hat, von Motten besonders bevorzugt zu werden. Auch scheint die Zucht der Angorakaninchen nicht lohnend zu sein.

Die Pferdehaare werden zu Wattierleinwand verarbeitet. Die Haare werden bei der Herstellung entweder einzeln in die Kette, die aus Baumwolle oder Leinen besteht, eingetragen oder sie werden mit einem Baumwollfaden umsponnen; so wird ein Garn erzeugt. Die Forderung, die an ein solches Gewebe gestellt wird, ist die einer großen Widerstandsfähigkeit gegen Knickungen. Erfüllt wird dies durch den Rohstoff selbst.

Gespinstfasern des Mineralreiches

Die Rohstoffe des Mineralreiches spielen vor allem in der Technik eine Rolle. Glas in der Industrie als Glaswolle für Isolierzwecke und als Filterstoff. Metalle in der Papierindustrie als Siebe. Asbest für Dichtungen und überall da, wo es sich um hitzebeständige und feuerfeste Stoffe handelt.

Die Metallsiebe müssen je nach Art des Verwendungszweckes grob oder fein sein. Erreicht wird dies durch Einstellung der Fadendichte und durch die Drahtdicke. Verlangt wird große Gleichmäßigkeit.

Asbestgarne als Rohstoff für die Weberei kommen für die verschiedensten Gegenstände in Betracht. Als Gewebe für Berufskleidung wird Asbestgewebe von den Arbeitern in Walzwerken, Gießereien, Pulverfabriken usw. benutzt, weil die Asbestgewebe vor Hitze, Säuren, Spritzern flüssiger Metalle u. ä. schützen. Zuckerfabriken verwenden Asbestgewebe für Filter- und Preßtücher. Aus dem Gewebe des Asbestes stellt man Theaterdekorationen und Theatervorhänge her. Asbestgewebe, verarbeitet zu sackartigen Gebilden mit Asbestfüllung, verwendet man als Isoliermittel bei Schiffsdampfkesseln u. ä. Außerdem werden Asbestgarne noch zu Rund- oder Vierkantgeflechten verarbeitet, die je nach Verwendungszweck mit Talkum, Kieselgur, Kork usw. gefüllt werden, gegebenenfalls mit Öl oder Fett getränkt.

Die Verschiedenartigkeit der Verwendung bedingt natürlich auch verschiedene Forderungen. Für Kleidungsstücke z. B. kommt eine solche Feuerfestigkeit, wie sie für Isolierstoffe bei Dampfkesseln in Frage kommt, nicht in Betracht. Für Theaterdekorationen wiederum muß auf das Aussehen des Gewebes einiger Wert gelegt werden. Der Spinner hat bei Asbestgespinsten diese Forderungen ebenfalls zu berücksichtigen. Da jedoch Asbest sehr verschiedener Natur in bezug auf Faserfestigkeit und Feuerfestigkeit sowie auf Faserlänge ist, muß sich der Spinner zunächst klar sein über die Forderungen, die er an seinen Rohstoff zu stellen hat. Blauasbest z. B. läßt sich leichter verspinnen als Serpentinasbest, da seine Faser gröber und länger ist; er hat aber den Nachteil, daß er bei Erhitzung stark an Festigkeit verliert und bei wiederholter Erhitzung allmählich zu Pulver zerfällt. Er kommt also überall da, wo es sich um eine höhere Erhitzung handelt, überhaupt nicht in Frage. Der Weißasbest setzt dem Verspinnen mehr Schwierigkeiten entgegen. Um diese zu vermindern, wird dem Asbest mitunter ein pflanzlicher Rohstoff beigesetzt, oder der Asbest wird um einen Textilfaden oder einen dünnen Metalldraht gesponnen. Dies geschieht, um die Zugfestigkeit zu erhöhen. Mit diesen Mitteln hat es der Spinner in der Hand, je nachdem die Forderung einer großen Feuerfestigkeit, einer großen Zugfestigkeit oder einer verhältnismäßigen Gleichmäßigkeit zu erfüllen.

Im vorliegenden sind die Werkstoffe behandelt, deren Rohstoffe aus Fasern bestehen, deren Länge in bezug auf die Länge des Garnes verhältnismäßig klein ist. Deshalb mußte jeweils zwischen Faser und Garn unterschieden werden. Auch die Untersuchungsverfahren der Eigenschaften sind in dieser Richtung geteilt. Das Garn als wenigstens einigermaßen homogener Körper ist leichter einwandfrei zu prüfen als der Rohstoff. Infolgedessen hat sich auch die Prüfung der Garne in der Industrie Eingang verschafft. Der Rohstoff mit seiner Vielgestaltigkeit und seiner außerordentlichen Feinheit setzt der wissenschaftlichen Prüfung erhebliche Schwierigkeiten entgegen. Die Praxis hilft sich durch Beurteilung nach Gefühl und Augenschein. Brauchbare Verfahren zu schaffen, die die verschiedenen Eigen- schaften des Rohstoffes rasch und sicher bestimmen und damit auch die Forderung der Textilindustrie an ihr Rohstoffe genau festsetzen lassen, ist ein erstrebens wertes Ziel wissenschaftlicher Forschungsarbeit.

Seide

Die Seide nimmt in mehrfacher Hinsicht eine Sonder stellung unter den Textilien ein. Einmal ist der Aufba des Seidenfadens ein ganz andrer wie der der übrige natürlichen Textilfäden. Er besteht nicht aus den u zähligen zu einem Ganzen verarbeiteten Einzelfaser sondern er wird aus einer meßbaren Anzahl von bereit natürlich gebotenen Fäden, den Kokonfäden, gebilde Ferner weist die Seide fast alle Eigenschaften auf, di von einem Textilwerkstoff gefordert werden, ganz i besonderen aber die Festigkeit in besonders hohem Maß wobei sie sich durch ihren natürlichen Glanz und de ihr eigenen Griff noch besonders über die andern Ro stoffe erhebt.

Diese Umstände sind bestimmend für die Verarbe tung und Verwendung der Seide und der aus ihr g fertigten Gebilde. Nach der Art des Fadenaufbaues fä die weitgehende Unterteilung, wie sie von den ande Textilien nach Mischung der Fasern, ihrer Drahtgebu usw. beschrieben wurde, und die schließlich in dem Ve hältnis der Fadenfeinheit zu der Festigkeit gipfelt, f den Seidenfaden weg. Daraus ergibt sich, daß hier ei ziemlich genau festgelegte Fadengestaltung für einen b stimmten Verwendungszweck bestehen muß. Zu b merken ist, daß das, was mit den erwähnten üblichen He stellverfahren des Fadens in diesem Falle also nicht au führbar ist, bei der Seide durch ihr eigenes Verfahr wenigstens zum Teil erreicht wird. Neben dem Handel vorteil des Verfahrens gibt man der Seide z. B. mit de Verfahren der Beschwerung eine höhere Fülligkeit, al ungefähr das, was bei andern Textilien durch Verwendu dicker Fäden erreicht wird. Geschmeidigkeit des Stoffe die sonst durch losee Drehung hervorgebracht wird, wi bei der Seide durch eine besondere Behandlung des Koko fadens, das Assouplieren[2]), erreicht.

Die ausgezeichneten Eigenschaften der Seide sind i sofern bestimmend für ihre Verarbeitung und Verwe dung, als Glanz und Griff ihr einen derartigen We verleihen, daß sie fast ausschließlich zu feinsten Stoffe zu Luxusstoffen, verarbeitet wird. Ihre hohe Festigk indes gewährt die Möglichkeit, Gebilde höchster B lastungsbeanspruchung aus ihr zu verfertigen. Nebenb finden wir für die Seide infolge dieses natürlichen Wide standes gegen Reißbeanspruchung und des Vermöge unter der Reißwirkung ihren Zusammenhang zu wahre eine ausgesprochene Abfallindustrie, ein Umstand, d der Seide einen weiteren Wert verleiht. Florettegespinst nach dem Verfahren der Kammgarnspinnerei hergestel finden bei der Mannigfaltigkeit ihres Gebrauches imm ausgedehntere Verbreitung, während die Bourrett gespinste, nach dem Streichgarnverfahren erzeugt, a Ersatz der Florette hauptsächlich als Einschlag für a billigeren Gegenstände verwendet werden.

Unstreitig liegt das Hauptgewicht der Forderung der Vorarbeiten dort, wo der Kokonfaden entsteht, in d Raupenzüchterei. Nach dem über den Aufbau des Seide fadens und das sich daraus Ergebende Mitgeteilten müss im Kokonfaden bereits alle erforderlichen Eigenschaft vorhanden sein. In der sorgfältigen Aufzucht bis zu Kokon und endlich in dem Auslesen der Kokons liegt al das Haupterfordernis für einwandfreie Seide. Die hol Güte der Seide läßt sich schon an der äußeren For der Kokons erkennen; sie sind abgerundet, die Spitz treten nicht hervor, die Mitte ist nur wenig verengt, d matte Oberfläche ist gleichmäßig körnig. Diesem no malen Kokon stehen Doppel- oder Vielkokons gegenübe die mehrere Raupen herstellen; ferner sind auszusuche offene Kokons, durchscheinende, zusammengeschnürt verkalkte und schließlich die, deren Struktur infolge St rungen beim Spinnvorgang fehlerhaft ist, was allerdin erst bei der Weiterverarbeitung wahrgenommen wird.

[2]) Weichmachen in einem lauwarmen Seifenbad.



Die Kokons werden, mehrere zusammengenommen, abgehaspelt, wobei zu bemerken ist, daß die vorbereitenden Arbeiten in möglichst kurzer Zeit vollzogen werden sollen, da die guten Eigenschaften der Fasern durch anhaltendes Einweichen der Kokons erfahrungsgemäß verlorengehen; der gewonnene Faden wird für die meisten Verwendungszwecke umgehaspelt, um die beim Kokonhaspeln unvermeidlich entstehenden Ungleichmäßigkeiten, Knoten, abgebrochenen Fadenenden und sonstige Fehler zu beseitigen. Die Rohgrège (ungezwirnte Rohseide) findet nur beschränkte Verwendung für Phantasieartikel und Posamenten. Für die meisten Verwendungsarten muß sie gereinigt und webfähig gemacht, der verhältnismäßig dünne Rohseidenfaden umfangreicher und für die weitere Verarbeitung geeigneter gestaltet werden. Durch das Mulinieren werden mehrere Grègefäden vereinigt und die Grège gereinigt.

Die gewöhnlichen, für die Weberei bestimmten Gespinste nennt man Ouvrées[3]). Für manche Verwendungsarten, wie Stickerei, Wirkerei, Spitzenherstellung usw., muß der Faden eine sehr beträchtliche Dicke, Zwirnung und Stärke aufweisen. Die stark gezwirnten Gespinste werden Retorseseiden genannt; zu ihnen gehört z. B. die Nähseide, die gewöhnlich aus weniger sauberen Grègen hergestellt wird. Die Art und Stärke der Zwirnung sowie die Anzahl der zusammengezwirnten Fäden sind je nach der Bestimmung des Gespinstes verschieden; der Gewebebindung entsprechend werden für Taft die Seiden stärker muliniert als für Atlas, für Köper liegt der Zwirnungsgrad zwischen diesen beiden. Die Zwirnung hängt auch im wesentlichen von der Rohseide ab und ist im allgemeinen um so schärfer, je feiner der Faden ist. Nach solchen Gesichtspunkten verschieden entstehen, den Anforderungen an den Faden entsprechend, der Schußfaden Trame, der durch seine geringe Drehung von allen Seidengespinsten am meisten Glanz hat, weich und glatt ist und durch seine Dicke dem Gewebe Fülle und Deckkraft verleiht; ferner der die Kette bildende feste Organsin, die Crêpe de Chine, die Plattseide für Stickerei, die weniger gezwirnte weichere und dickere Strickseide und viele andre Arten.

Für die Anforderungen nun, die an die Seidenstoffe als solche besonderen Wertes gestellt werden, sind die Verschiedenheiten in der Fadengestaltung nicht ausreichend. Neben guter Festigkeit und Dehnbarkeit, die als erstes Erfordernis hoher Güte bei Seide von Natur aus in hohem Grade vorhanden sind, wird Geschmeidigkeit des Stoffes gefordert. Man muß daher den Seidenfaden assouplieren: der Bast wird nur teilweise entfernt, man erhält die halbgekochte Seide mit erhöhtem Volumen. Die Fülle des Gewebes erreicht man noch durch das Beschweren, d. h. ein Tränken mit Gerbstoffen, Metallsalzen u. ä. Der Nachteil, der diesem Verfahren anhaftet, ist hinlänglich bekannt, und zweifellos ist das Beschwerungsverfahren als das beste anzusehen, das seiner chemischen Natur nach auf die Seide am wenigsten nachteilig wirkt und den Faden dabei am vollsten macht. Der hohe Glanz der Seide, der ein Hauptpunkt ihres Wertes ist, wird durch das Entbasten hervorgebracht. Der Griff der Seide, der bei ihrer chemischen Verarbeitung natürlich leidet, wird durch das Avivieren[4]) wiederhergestellt, erhöht oder je nach dem Bedürfnis gestaltet. Wegen der schlechten Wärmeleitfähigkeit stellt man Unterkleidung aus Seide her, ferner verwendet man sie infolge ihrer geringen elektrischen Leitfähigkeit als Isolierstoff.

Kunstseide

Die Kunstseide ist ein künstlicher Werkstoff der Textilindustrie mit Eigenschaften ähnlich denen der Seide. Diese absichtlich gewählte kurze Kennzeichnung der Kunstseide mag von vornherein die Zwiespältigkeit bezeichnen in der Beantwortung der Frage, was von ihr gefordert werden kann. Ein künstliches Erzeugnis — es weckt noch heute bei dem Nichteingeweihten berechtigtes Staunen, daß jener feine Faden, dessen Einzelfaden mit der Feinheit des Naturseidenfadens in Wettbewerb treten kann, ja ihn wohl auch überbietet, zum überwiegenden Teil aus unsern Bäumen hergestellt wird. Ähnlichkeit mit der Naturseide hat die Kunstseide in erster Linie durch ihre Entstehung, indem auch sie eine Vielheit von Fäden darstellt, die aus zähflüssiger Masse nach dem Durchgang durch eine kapillare Öffnung, die Spinndüse, geformt und erstarrt sind. Man hat also auch hier wieder als Fadenelement bereits einen Faden, und zwar von theoretisch unendlicher Länge. Anschließend an die Ähnlichkeit der Entstehung ähnelt z. B. auch der Fadenfeinbau der Kunstseide dem der Naturseide; besonders ein ihr eigener Glanz gibt der Kunstseide das Kennzeichen der Seide.

Bei der Verarbeitung und Verwendung der Kunstseide wird man sie in den Verwendungsbereich der Naturseide einreihen wollen und muß doch den Mängeln, die sie als Kunsterzeugnis noch an sich hat, Rechnung tragen. Der Kunstseide fehlen vornehmlich gute Dehnungseigenschaften. Sie hat eine mäßige Gesamtdehnung, eine sehr geringe elastische Dehnung. Die Festigkeit, die an sich nichts zu wünschen übrig läßt, geht bei den meisten Kunstseiden auf die Hälfte ihres Wertes herunter, wenn sie feucht werden. Die Kunstseide längt sich in den Fäden, sie knittert auch. Alles Eigenschaften, die man im Lauf der Zeit verbessern muß, sollen die Forderungen an die Kunstseide als an einen Werkstoff, den man infolge andrerseits vorhandener Eigenschaften für hochwertige Erzeugnisse verwendet, in jeder Weise erfüllt werden. Dabei steht man genau wie bei der Seide vor der Tatsache, daß man an die bereits mehr oder weniger guten Eigenschaften des Elementarfadens gebunden ist, und hat für Kunstseide noch nicht so ausprägte Veredlungsverfahren wie bei der Seide.

Der Rohstoff für die Kunstseide ist neben der zum geringeren Teil verwandten Baumwolle Holzzellstoff. Die Beschaffenheit des Holzzellstoffes ist bereits maßgebend für den späteren Faden, wenn auch im chemischen Verfahren noch Ausgleiche geschaffen werden können. Die für die weitere Verarbeitung der Rohstoffe verwandten Chemikalien und die vielen Zwischenerzeugnisse bedürfen dauernder Nachprüfung, damit sie den Anforderungen entsprechen, um schließlich die zähflüssige Spinnmasse in wünschenswertem Zustand herzustellen.

Von der Spinnmasse und dem Fällbad, in dem der Faden erstarrt, hängt alles ab. Daher werden beide eingehend untersucht und geprüft. Die Beständigkeit der Spinnmasse ist von so vielerlei Punkten, wie Konzentration, Temperaturen usw., abhängig, daß man, um in dieser Hinsicht Zufälligkeiten auszugleichen, meist mehrere Einsätze miteinander vermischt. Dann muß die Spinnlösung als ein homogenes Gebilde von verlangter chemischer Zusammensetzung, von Fremdkörpern frei, im richtigen Zähigkeitszustand bei der angegebenen Temperatur durch die Spinndüse gepreßt werden, die ihr die Fadenform verleiht. Das Fällbad, das den Faden zum Erstarren bringt, muß ihm in Zusammensetzung, Konzentration, Temperatur usw. angepaßt sein. — Nach der chemischen und textilen Bearbeitung liegt der Faden in Strangform vor.

Als Merkmal für seine Entstehungsgeschichte ist dem Faden seine äußere Form aufgeprägt. Der Fadenquerschnitt ist das Entscheidende und hängt dabei, wie man wohl annehmen möchte, nicht so sehr von der Gestaltung der Düsen ab, als vielmehr von dem Umstand, wie Spinnlösung und Erstarrungsbad zusammentreffen. Bei der Ausgestaltung des Querschnittes könnte man annehmen, daß ein kreisförmiger angestrebt werden sollte; dies ist so allgemein aber nicht der Fall, und beim Viskosefaden z. B. wird nach Erfahrungen vielmehr die Gestalt ähnlich dem Querschnitt einer Bohne als grundlegend angestrebt, dieser dabei mehr gekrümmt und die Ränder nicht glatt, sondern eingebuchtet und ausgelappt. Der Querschnitt ist deshalb so wesentlich, weil mit seiner Verschiedenheit allein alle optischen Wahrnehmungen, wie Glanz und Tiefe des Farbtones, verschieden ausfallen.

Ergänzend zu den Eigenschaften der Kunstseide sei aber an der Hand von Mängeln, die bei der Kunstseide auftreten und deren Beseitigung man dringend fordern muß, noch einiges erwähnt. Der Faden muß vollständig ge-

[3]) Geöffnete, lose Garne.
[4]) Wiederbeleben, d. h. den krispen, krachenden Griff wiederherstellen.

ronnen sein, er muß vollkommen ausgewaschen sein und darf sich nicht nachträglich zersetzen. Die sehr unliebsame Erscheinung des Platzens von Einzelfäden, Flusigkeit genannt, wodurch man Faserendchen wahrnimmt, setzt die Güte der Kunstseide stark herab. Griff, Stärke des Glanzes und Farbstich der gebleichten Ware sind weitere Punkte, die die Güte ausmachen.

Bei der Verarbeitung der Kunstseide zu Gebilden trägt man ihren Eigenschaften nach Möglichkeit Rechnung. Im Gewebe wird sie meist mit Baumwollkette, die die Beanspruchung des Webvorganges besser aushält, als effektgebender Schuß verarbeitet. Als Kette benutzt man Kunstseide immer mehr. In ausgedehntem Maße wird sie in der Wirkerei verwendet; hat man doch gerade im Gewirke ein an sich infolge der Eigenart der Fadenverschlingung dehnbares Gebilde, wodurch die geringere Eigendehnbarkeit des Fadens ausgeglichen wird. Daneben aber gibt es heute kaum mehr ein Gebiet der Textilindustrie, wo die Kunstseide nicht bereits Eingang gefunden hätte. Außer ihrer Verwendung für die Bekleidung eignet sie sich ihres hohen Glanzes wegen hervorragend für die Posamenterie; man findet sie in Bespannungsstoffen, in Möbelbezügen, ja sogar im Teppich und als Reisedecke, Verwendungen, die beweisen, daß es gelungen ist, die Kunstseide mehr oder weniger wohl allen Anforderungen gerecht zu machen.

Die Prüfung der Seide und Kunstseide gestaltet sic[h] einfacher als die der übrigen Textilien.

Für Seide und Kunstseide genügt die Garnprüfun[g], da das Seidengarn einen Zusammenschluß von natü[r]licherseits bereits als homogen gegebenen Einzelfäde[n] darstellt. [B 312]

Neuere Ergebnisse der Arbeitsphysiologie

Wenn auch die Entwicklung der Technik dahin geht, menschliche Arbeitskraft durch Maschinen zu ersetzen, das heißt an Stelle der dynamischen[1]) Muskelarbeit die Maschine oder doch wenigstens nur statische menschliche Arbeit zu setzen, so kann man dennoch der Rationalisierung mittelschwerer und schwerer körperlicher Arbeit nach wie vor große Bedeutung beimessen, da bei vielen wirtschaftlichen Betätigungen, z. B. in der Landwirtschaft, im Bergbau und Hüttenwesen, beim Bauhandwerk und ganz besonders auch beim Transportwesen, menschliche Arbeitskraft noch in sehr hohem Maße verwendet wird. Aus diesem Grunde sind auch die Untersuchungen sehr zu begrüßen, die Prof. E. Atzler im Kaiser-Wilhelm-Institut für Arbeitsphysiologie zu Berlin ausgeführt und unter dem Titel „Fortbewegung von Lasten durch menschliche Arbeitskraft" im Aprilheft von „Technik und Wirtschaft"[2]) veröffentlicht hat. Sie erstrecken sich auf das unbelastete Gehen sowie auf das Ziehen und Schieben von Wagen.

Da das unbelastete Gehen auch grundlegende Bedeutung für die Ergebnisse beim Ziehen und Schieben von Wagen hat, seien die von Atzler hierfür gewonnenen Ergebnisse ausführlich in Zahlentafel 1 zusammengestellt.

Zahlentafel 1
Energieverbrauch bei unbelastetem Gehen

Versuchsreihe	Zahl der Schritte in 1 min	Schrittlänge cm	Geschwindigkeit m/min	Energieverbrauch kcal/Schritt	Energieverbrauch kcal/m
I	50	46,0	23,00	0,022	0,049
	50	59,9	29,94	0,032	0,053
	50	75,0	37,49	0,045	0,060
	50	90,0	45,00	0,062	0,069
II	75	45,0	33,71	0,017	0,037
	75	59,4	44,51	0,022	0,036
	75	75,3	56,45	0,030	0,041
	75	90,1	67,24	0,045	0,050
III	100	44,9	44,90	0,017	0,037
	100	60,7	60,70	0,022	0,036
	100	75,2	75,20	0,029	0,039
	100	89,6	89,60	0,041	0,045
IV	130	44,7	58,14	0,019	0,042
	130	60,2	78,26	0,025	0,042
	130	76,4	97,73	0,032	0,043
	130	89,1	115,82	0,043	0,048
V	150	45,0	67,46	0,023	0,052
	150	60,2	90,76	0,031	0,051
	150	75,7	113,55	0,039	0,052
	150	89,9	134,78	0,052	0,058

Der Energieverbrauch wächst mit zunehmender Schrittlänge, und zwar nicht verhältnisgleich, sondern um so rascher, je größer die Schrittlänge wird. Die Wirtschaftlichkeit des Gehens hängt aber auch von der Schrittzahl in der Zeiteinheit ab. Durch graphische Auswertung der Ergebnisse in Zahlentafel 1 kommt man zu einer gü[n]stigsten Schrittzahl von 90 in 1 min und zu einer gü[n]stigsten Schrittlänge von 58,7 cm. Der französische Ph[y]siologe Magne ist bemerkenswerterweise bei seiner Ve[r]suchsperson zu einer günstigsten Schrittzahl von 87,5 [in] 1 min gekommen, was sich also dem deutschen Bestwe[rt] sehr stark nähert[3]).

Bei den Versuchen über das Ziehen von Wage[n] wurden die Schritte in der Minute, die Schrittlänge, d[ie] Geschwindigkeit und der Energieverbrauch gemessen. D[ie] Untersuchungen waren weiter eingeteilt nach der Höhe d[es] Handgriffes. Der Wirkungsgrad wurde wie üblich b[e]rechnet, indem man die in Wärmeeinheiten ausgedrück[te] äußere Arbeit durch den Energieaufwand für die betreffen[de] Arbeitsleistung teilte. Danach wurde die Zugarbeit b[ei] 90 bis 100 Schritten in 1 min unter dem geringsten Energ[ie]aufwand verrichtet. Je stärker die Belastung ist, um [so] mehr muß man sich an diese günstigste Schrittzahl halt[en]. Die günstigste Höhe des Handgriffs über dem Erdbod[en] ergab sich zu 1 m. Schon eine Abweichung um 15 cm v[on] diesem Wert nach oben oder unten genügte, um den W[ir]kungsgrad bei einer mittleren Belastung um 14 bis 18 [vH] zu verschlechtern.

Bei einem Vergleich der Wirtschaftlichkeit des beid[er]seitigen Schulterzuges mit dem Ziehen am Handgriff kam[en] günstigere Werte für den Schulterzug heraus, s. Zahl[en]tafel 2. Zu beachten ist, daß Zugarbeit nur dann un[ter] einem guten Wirkungsgrad geleistet werden kann, we[nn] sich das Ziehen auf einer günstigen Leerbewegung aufba[ut].

Beim Schieben von Wagen muß der Karreng[riff] 75 bis 125 cm über dem Boden angebracht werden. [Der] günstigste Bereich ist mithin wesentlich größer als für [die] Handgriffhöhe bei der Zugarbeit. Dem Schieben ist üb[er]haupt vor dem Ziehen der Vorzug zu geben. In Zahl[en]tafel 2 sind die absolut günstigsten Ergebnisse miteinan[der] verglichen, die beim Ziehen am Handgriff, beim Zieh[en] durch beiderseitigen Schulterzug und beim Schieben erhal[ten] wurden.

Zahlentafel 2
Günstigste Werte für die Fortbewegun[g] von Handwagen

Gewicht kg	Energieverbrauch: Ziehen Handgriffhöhe 100 cm kcal/mkg	Schulterzug beiderseits kcal/mkg	Schieben Handgriffhö[he] 75 cm kcal/mkg
10,27	0,010 67	0,010 36	0,009 16
11,64	0,010 21	0,010 07	0,009 04
13,56	0,009 76	0,009 65	0,008 72
16,06	0,009 90	0,009 56	0,008 96

Wenn auch alle diese Ergebnisse, genau genommen, [n]ur für die von Atzler verwandte Versuchsperson gelten, [so] ist doch zu beachten, daß einmal die Größe einiger günst[ig]ster Bereiche ihnen auch für einen größeren Kreis von P[er]sonen Gültigkeit verschafft, und daß sich weiterhin [aus] ihnen sehr wohl auch Regeln allgemeiner Bedeutung [ab]leiten lassen. [N 457] Dr. Fr

[1]) Dynamische Arbeit sei äußere Arbeit eines Muskels im Sinne der Mechanik, statische Arbeit die Arbeit, bei der ein Muskel dauernd angespannt bleibt.

[2]) Bd. 20 (1927) S. 89.

[3]) In der Schrittlänge weichen die günstigsten Werte erheb[lich] voneinander ab. Die Schrittlänge ist aber auch in erster Linie von [der] anatomischen Beschaffenheit der Versuchsperson abhängig.



Drucksauerstoff- und Druckstickstoff-Anlagen für kleine Leistungen

Von V. Fischer, Frankfurt a. M.

Berechnung des Vorganges bei Trennung der Luft unter Druck — Bauliche Ausbildung der Drucksauerstoff-Anlage — Verwendung eines Stickstoffmotors und Arbeitsweise des Gegenstrom-Vorkühlers — Kraftverbrauch der Drucksauerstoff-Anlage — Beschreibung von Druckstickstoff-Anlagen

Bei den üblichen Sauerstoffanlagen wird der Sauerstoff nach der Trennung von der Luft unter rd. 0,3 at Überdruck gewonnen. Der Sauerstoff wird in einen Gasbehälter geleitet, aus diesem mittels eines dreistufigen Kompressors abgesaugt und unter 150 at in Stahlflaschen gefüllt.

Wo man Sauerstoff zum Selbstverbrauch herstellen will, werden bei kleinen Anlagen die Kosten der Anschaffung und Bedienung im Verhältnis zur erzeugten Menge zu hoch. Eine wesentliche Vereinfachung erzielt man dadurch, daß man den Sauerstoff unter einem Überdruck von 5 bis 8 at herstellt, bei dem man ihn unmittelbar für die üblichen Schweiß- und Schneidarbeiten verwenden kann. Dann entfällt der Gasbehälter, der Abfüllkompressor und der Flaschenpark, und der Fortfall dieser Teile vereinfacht auch die Bedienung. Solche Drucksauerstoffanlagen[1]) hat die Frankfurter Maschinenbau-A.-G. vorm. Pokorny & Wittekind, Frankfurt a. M., durchgebildet und erprobt.

Rechnerische Grundlagen.

Sind Druck und Temperatur eines Flüssigkeitsdampfgemisches, das aus Stickstoff und Sauerstoff besteht, gegeben, so gelten für die Berechnung der Konzentrationen folgende Näherungsgleichungen[2]):

$$z_{o\sigma} = \frac{10^{x_n} T_s^{-2,404} - p}{10^{x_n} T_s^{-2,404} - 10^{x_o} T_s^{-1,911}} \quad \ldots\ldots (1),$$

$$z_{\omega s} = \frac{10^{x_o} T_s^{-1,911}}{p} z_{o\sigma} \quad \ldots\ldots (2),$$

$$x_n = -\frac{398,555}{T_s} + 9,688 \quad \ldots\ldots (3),$$

$$x_o = -\frac{371,008}{T_s} + 8,010 \quad \ldots\ldots (4).$$

[1]) DRP-Anmeldung F 57 645.

[2]) Vergl. V. Fischer, Die Spannungsgleichungen von mehrstoffigen Flüssigkeits-Dampfgemischen und ihre Anwendung auf Luft, Z. techn. Phys. Bd. 5 (1924) S. 458. Eine genauere Gleichung unter Berücksichtigung der Mischungswärmen s. V. Fischer, Beiträge zur Thermodynamik veränderlicher Massen nebst Anwendungen, Z. techn. Phys. Bd. 7 (1926) S. 527; ich habe hier auch gezeigt, daß die Näherungsgleichungen für praktische Fälle genügen.

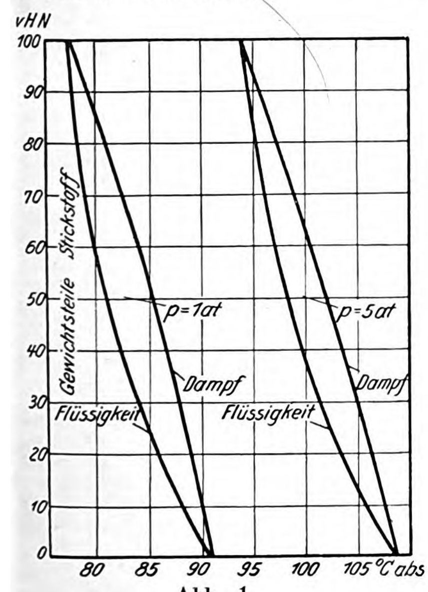


Abb. 1
Isobaren eines Sauerstoff-Stickstoff-Gemisches

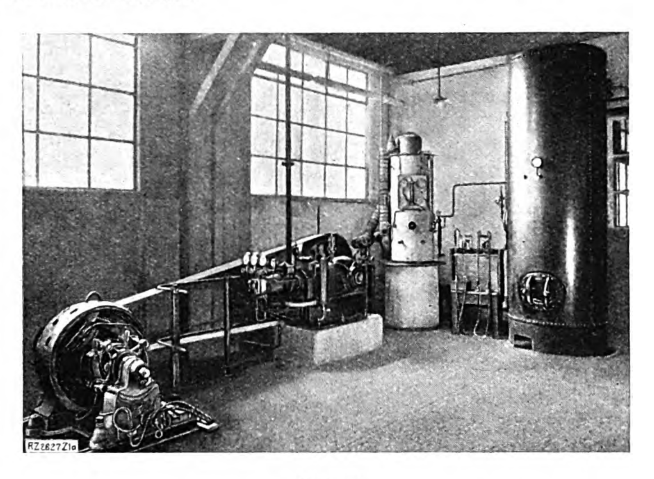


Abb. 2
Drucksauerstoff-Anlage für eine Leistung von 5 m³/h

In diesen Gleichungen bedeuten:

T_s die absolute Siedetemperatur des Gemisches,
p_s den Sättigungsdruck des Gemisches in at,
$z_{o\sigma}$ die Konzentration des Sauerstoffes in der Flüssigkeit,
$z_{\omega s}$ die Konzentration des Sauerstoffes im Dampf.

Für die Konzentrationen in vH bestehen die Beziehungen

$$v_o = 100\, z_{o\sigma} \quad \ldots\ldots (5),$$

$$v_\omega = 100\, z_{\omega s} \quad \ldots\ldots (6).$$

Dabei bedeuten:

v_ω die Raumteile an Sauerstoff im Dampf,
v_o die Raumteile an Sauerstoff in der verdampften Flüssigkeit.

v_ω und v_o können unter Benutzung einer Hempel-Pipette in bekannter Weise aus Proben bestimmt werden, die dem Trennungsapparat zu entnehmen sind.

Zur Darstellung des Vorganges bei der Trennung muß man jedoch statt der Raumteile die Gewichtsteile kennen. Diese ergeben sich in vH aus den Raumteilen mittels

$$o_o = 100 \frac{8\, z_{o\sigma}}{z_{o\sigma} + 7} \quad \ldots\ldots (7)$$

$$o_\omega = 100 \frac{8\, z_{\omega s}}{z_{\omega s} + 7} \quad \ldots\ldots (8),$$

worin bedeuten:

o_σ die Gewichtsteile des Sauerstoffes in der Flüssigkeit,
o_ω die Gewichtsteile des Sauerstoffes im Dampf.

Unter Zuhilfenahme der Versuchswerte von Kuenen, Verschoyle und van Urk[3]) kann man die Druck-Konzentrations-Diagramme der Stickstoff-Sauerstoff-Gemische für das ganze Sättigungsgebiet bis zur kritischen Linie entwerfen. In Abb. 1 sind die Isobaren für 1 at und 5 at auf Grund von Gl. (1) bis (8) aufgezeichnet. Die Isobare für 5 at eignet sich daher unmittelbar zur Darstellung des

[3]) Vergl. J. P. Kuenen, T. Verschoyle and A. Th. van Urk: Isotherms of di-atomic substances and their binary mixtures, Communications from the Physical Laboratory of the University of Leiden Nr. 161.

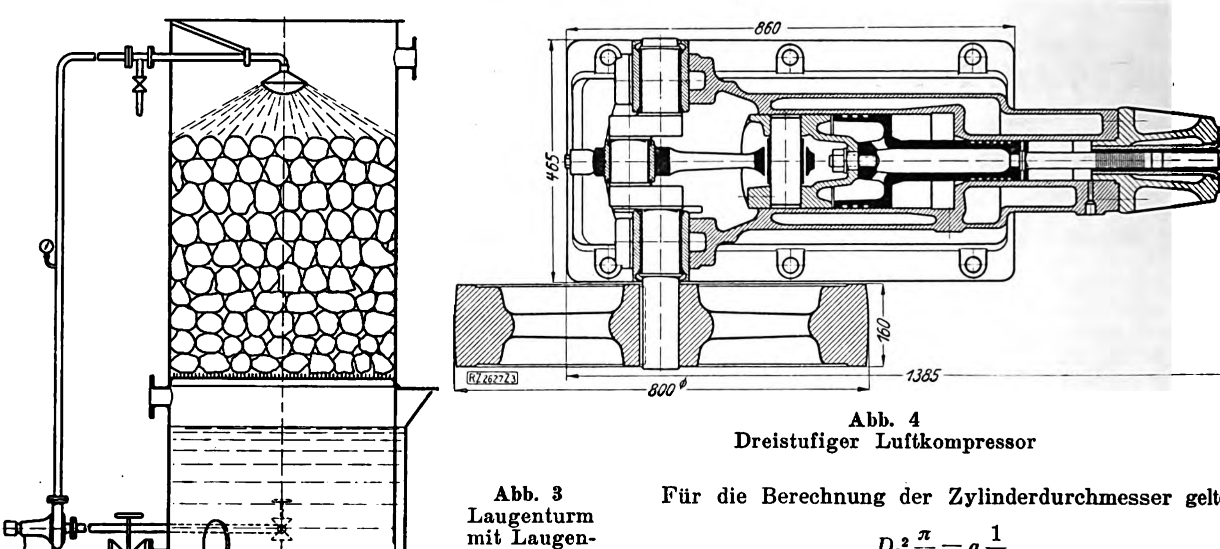


Abb. 3 Laugenturm mit Laugenpumpe

Abb. 4 Dreistufiger Luftkompressor

Vorganges bei der Trennung der Luft unter einem Druck von 5 at. Im übrigen bestimmt man die Wärmegleichungen in der bekannten Weise[4]).

Bauart der Drucksauerstoff-Anlagen

Die Anlage, Abb. 2, besteht aus dem Laugenturm mit Laugenpumpe zur Entfernung der Kohlensäure aus der Luft, dem Luftkompressor, der Trockenbatterie zur Entfernung der Feuchtigkeit aus der Luft, dem Luftverflüssigungs- und Trennungsapparat und den Vorratkesseln, aus denen der Sauerstoff entnommen und durch Leitungen unmittelbar zu den Verbrauchstellen geführt wird.

Der Laugenturm, Abb. 3, besteht aus einem Blechbehälter mit Rost, auf dem eine Koksschicht oder Blechringfüllung lagert. Eine Pumpe besorgt den Kreislauf der Lauge im Behälter. Zweck der Lauge ist das Auswaschen von Kohlensäure aus der vom Kompressor angesaugten atmosphärischen Luft, die durch den Laugenturm von unten nach oben strömt, während die Lauge ihr entgegen abwärts rieselt.

Der Luftkompressor, Abb. 4, wird bei Anlagen von kleiner Leistung mit Rücksicht auf die notwendige Einfachheit dreistufig ausgeführt. Dies ist zulässig, da nur während der verhältnismäßig kurzen Anfahrzeit ein Verdichtungsdruck von 200 at nötig ist, während der gewöhnliche Betriebsdruck 50 bis 60 at beträgt. Die drei Stufen des Kompressorzylinders sind einfachwirkend und hintereinander angeordnet. Obgleich in den drei Stufen gleichzeitig Verdichtung stattfindet, wird bei der Kleinheit der Durchmesser die Kolbenkraft nicht zu groß. Die Anordnung hat den Vorteil, daß am Hubende kein Druckwechsel auftritt.

Zur Berechnung der Kolbenkräfte und der Zylinderdurchmesser verfährt man wie folgt: Es sei

$$\frac{1\,000\,000\,Q}{60\,n\,h\,\eta} = a \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (9).$$

Darin bedeuten

- Q die angesaugte Luftmenge in m^3/h,
- n die Drehzahl in der Minute,
- h den Kolbenhub in cm,
- η den Liefergrad des Kompressors.

Sind ferner

- D_1, D_2, D_3 die Durchmesser des Nieder-, Mittel- und Hochdruckzylinders in cm,
- p, p_2, p_3 die Enddrücke im Nieder-, Mittel- und Hochdruckzylinder in at,

dann ist die Kolbenkraft beim Verdichten

$$P_v = 3\,a\,p - \frac{D_1^2\,\pi}{4} \quad \ldots\ldots\ldots (10)$$

und beim Ansaugen

$$P_a = 3\,a - \frac{D_1^2\,\pi}{4} \quad \ldots\ldots\ldots (11)$$

[4]) Vergl. V. Fischer, Berechnung der Luftverflüssigungs- und Trennungsapparate, Z. Bd. 68 (1924) S. 647.

Für die Berechnung der Zylinderdurchmesser gelten

$$D_3^2\,\frac{\pi}{4} = a\,\frac{1}{p_2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots ($$

$$D_2^2\,\frac{\pi}{4} = a\,\frac{1+p}{p_2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots ($$

$$D_1^2\,\frac{\pi}{4} = a\,\frac{1+p+p_2}{p_2} \quad \ldots\ldots\ldots$$

Die Luftmenge Q, die man zur Erzeugung von o m³ Sa stoff braucht, folgt aus

$$Q = o\,\frac{\omega - \Omega}{21 - \omega} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots$$

Dabei bedeuten:

- ω die Raumteile an Sauerstoff im gewonnenen Sa stoff in vH,
- Ω die Raumteile an Sauerstoff im abziehenden St stoff in vH.

Ueber die bauliche Ausführung des Kompressors noch bemerkt, daß dem Zylinder zur Entlastung ein Kr kopf vorgebaut ist. Die drei Kühlschlangen sind in ei hohlen Sockel untergebracht, der mit dem Zylinder einem Stück gegossen ist. Zur Luftsteuerung dienen Zentralventile der Frankfurter Maschinenbau-A.-G., denen sich Saug- und Druckventil im selben Gehäuse finden.

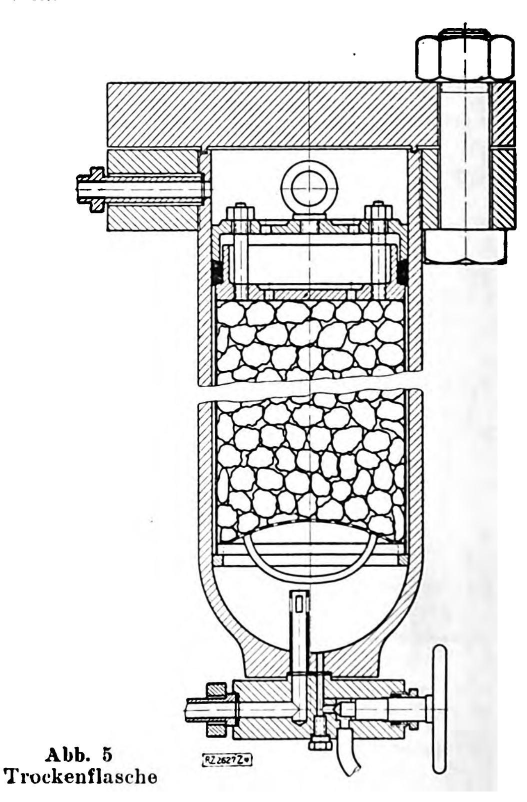


Abb. 5 Trockenflasche

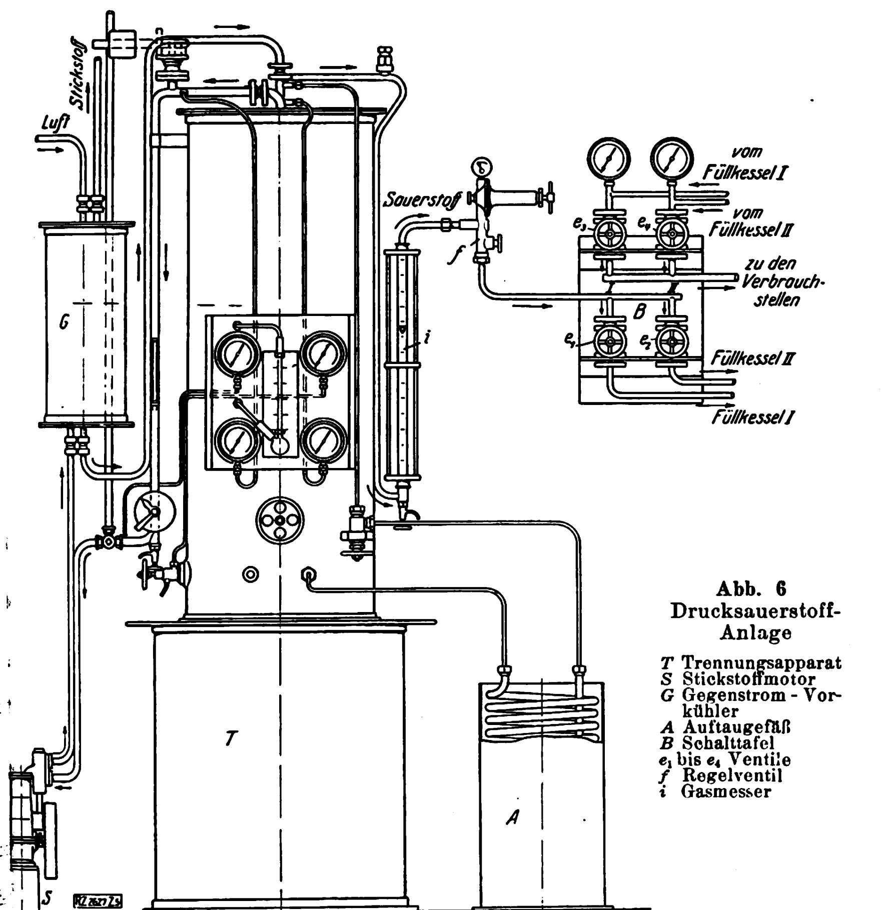


Abb. 6
Drucksauerstoff-Anlage

T Trennungsapparat
S Stickstoffmotor
G Gegenstrom - Vorkühler
A Auftaugefäß
B Schalttafel
e_1 bis e_4 Ventile
f Regelventil
i Gasmesser

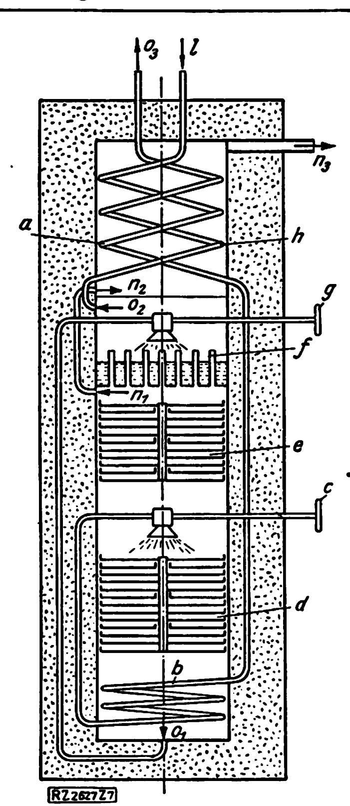


Abb. 8
Druckstickstoff-Apparat

a Gegenstromschlange *b* Verdampferschlange *c* unteres Entspannungsventil *d* Abtriebsäule *e* Verstärkungssäule *f* Kondensator *g* oberes Entspannungsventil *h* Sauerstoffschlange

Die Trockenbatterie besteht aus einer Anzahl n Stahlbehältern, die in einem Trägergestell gelagert d. Bei kleinen Anlagen verwendet man statt der Beter glatte Stahlrohre. Der Trockenbehälter, Abb. 5, hat en herausnehmbaren Einsatz, der mit Ätzkali gefüllt Im Deckel dieses Einsatzes befindet sich ein Watteter. Die Luft streicht durch die Ätzkalischicht von ten nach oben und wird hierbei getrocknet sowie von n letzten Kohlensäureresten befreit.

Nach der Reinigung gelangt die verdichtete Luft in n Trennungsapparat, dessen Arbeitsweise bereits früher schrieben wurde[4]). Der Unterschied besteht nur darin, ß die Trennung der Luft nicht wie dort bei 0,3 at, sonrn bei 5 bis 8 at Überdruck erfolgt. Unter diesem Druck ehen Sauerstoff und Stickstoff nach der Trennung ab, r Sauerstoff in einen oder mehrere Vorratkessel und n diesen über eine Verteilleitung unmittelbar zu den erbrauchstellen. Der Stickstoff wird in einem Motor tspannt, wobei er Nutzarbeit leistet, kühlt sich dabei b und gibt seine Kälte im Gegenstrom an die zum Trenungsapparat fließende verdichtete Luft ab.

Abb. 6 zeigt eine solche Anordnung. *T* ist der Trenungsapparat, *S* der Stickstoffmotor, *G* der Gegenstrom-Vorkühler, *A* das Auftaugefäß und *B* eine Schalttafel mit en Ventilen für die Füllkessel. Zu jedem Kessel gehören ein Ventil in der Zuführleitung und ein Ventil in der Abgangsleitung. Dadurch kann man nach Bedarf jede Schaltung vornehmen. Wird z. B. Kessel I gefüllt und aus Kessel II entnommen, so sind die Ventile e_1 und e_4 offen, die Ventile e_2 und e_3 geschlossen. Wird Kessel I gefüllt und gleichzeitig aus ihm entnommen, während die Füllung des Kessels II als Vorrat dient, dann sind die Ventile e_1 und e_3 offen, die Ventile e_2 und e_4 geschlossen.

Die erzeugte Sauerstoffmenge wird mittels eines Gasmessers *i* bestimmt, der Durchgang wird mittels eines Ventils[5]) *f* geregelt. Der Stickstoffmotor *S* treibt bei Anlagen mit einer Sauerstoffleistung von 3 m³/h die Laugenpumpe, bei größeren Anlagen treibt er die Kompressorwelle. Ist der Trennungsapparat durch Eis oder Kohlensäureschnee verstopft, so beschickt man ihn mit Luft, die vorher im Auftaugefäß *A* durch siedendes Wasser erwärmt wurde.

Die

Arbeitsweise des Gegenstrom-Vorkühlers[6])

zeigt schematisch Abb. 7. Der Stickstoff kommt bei *a* mit der Temperatur t_1 aus dem Trennungsapparat und tritt bei *b* in den Motor ein, wobei er sich von t_1 auf t_2 abkühlt. Mit der Temperatur t_2 verläßt er den Motor bei *c* und gelangt bei *d* in den Gegenstrom-Vorkühler. In diesem erwärmt er sich an der durch ein Rohrbündel strömenden verdichteten Luft und entweicht mit der Temperatur t_3 bei *e* aus dem Gegenstrom-Vorkühler ins Freie. Die verdichtete Luft tritt bei *f* mit der Temperatur t_3' in den Gegenstrom-Vorkühler, strömt durch ein Rohrbündel, wird durch den an diesem entlangströmenden Stickstoff auf die Temperatur t_2' abgekühlt, verläßt mit dieser bei *g* den Gegenstrom-Vorkühler und tritt bei *h* in den Trennungsapparat.

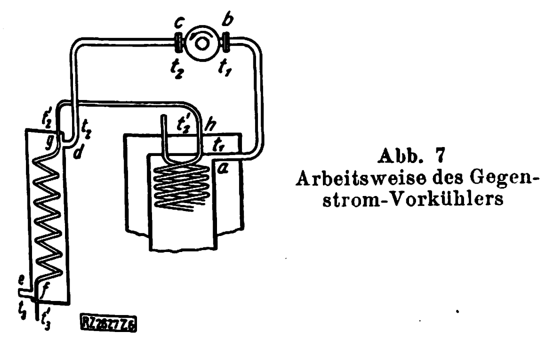


Abb. 7
Arbeitsweise des Gegenstrom-Vorkühlers

Setzt man vollständigen Temperaturausgleich zwischen Luft und Stickstoff im Trennungsapparat und im Gegenstrom-Vorkühler voraus, so ist $t_1 = t_2'$ und $t_3 = t_3'$. Daraus folgt

$$t_1 - t_2 = t_2' - t_2 \quad \ldots \ldots \ldots \quad (16).$$

[5]) DRP-Anmeldung F 59774.
[6]) Das Verfahren wurde zum erstenmal in der französischen Patentschrift 560329/1923 der Société L' Air Liquide in Paris beschrieben.

Zahlentafel 1. Tagesprotokoll einer Drucksauerstoff-Anlage

Zeit	Druck vor Entspannungsventil at	Druck hinter Entspannungsventil at	Druck im Sauerstoffkessel at	Sauerstofferzeugung m³/h	Sauerstoffreinheit vH	Temperatur d. Stickstoffes hinter Motor °C	Temperatur d. Stickstoffes vor Motor °C	Temp. der Luft vor Eintritt in Trennungsapp. °C	Flüssigkei höhe i Verdampf mm
7 h 5′	angefahren								
8 h 7′	Flüssigkeit im Verdampfer								
8 h 30′	90	5	2	3	99,4	— 36	— 13	— 16	60
9 h	70	5,4	2,1	3	99	— 50	— 19	— 20	90
10 h	55	5	2,6	3	99	— 55	— 25	— 24	80
11 h	50	5,2	3	3	99,4	— 55	— 26	— 24	100
12 h	50	4,8	3,2	3	99,2	— 54	— 25	— 24	80
1 h	50	4,8	3,9	3	99,2	— 55	— 25	— 25	80
2 h	50	5	3,9	3	99	— 55	— 25	— 25	80
3 h	50	5,2	4	3	99	— 57	— 27	— 25	100
4 h	50	5	4	3	99,2	— 55	— 27	— 25	90
5 h	55	5	4	3	99,2	— 55	— 26	— 25	100
5 h 45′	45	5	4,2	3,1	99,3	— 55	— 26	— 25	90

Sobald der Temperaturunterschied zwischen dem in den Gegenstrom-Vorkühler eintretenden Stickstoff und der aus diesem austretenden Luft gleich ist dem Temperaturgefälle des Stickstoffs im Motor, tritt ein Beharrungszustand im Kältekreislauf ein.

Bei einem Trennungsapparat mit einer Sauerstoffleistung von 3 m³/h wurde folgendes Ergebnis erzielt: Der Stickstoff verließ den Trennungsapparat mit $t_1 = -22°$ und 5 at Überdruck. Er trat in den Stickstoffmotor, der die Laugenpumpe antrieb, mit 2 at Überdruck ein. Bei der Entspannung im Motor sank die Temperatur des Stickstoffes auf $t_2 = -50°$. Die Luft trat in den Trennungsapparat mit $t_2' = -20°$ ein. Der Sauerstoff wurde der Einfachheit halber nicht durch den Gegenstrom-Vorkühler geführt, sondern trat kalt aus dem Trennungsapparat aus. Der Betriebsdruck war 55 at, beim Arbeiten ohne Vorkühlung 75 at. Die Reinheit des gewonnenen Sauerstoffes betrug 99 vH. Bei einem Trennungsapparat mit einer Sauerstoffleistung von 5 m³/h wurde $t_1 = -33°$ und $t_2 = -70°$. Der höchste Erzeugungsdruck, für den solche Trennungsapparate bisher gebaut wurden, beträgt 10 at bei 15 m³/h Sauerstoffleistung.

In Zahlentafel 1 ist das Tagesprotokoll einer Drucksauerstoff-Anlage von 3 m³/h Sauerstoffleistung wiedergegeben. Der Sauerstoff wurde in einen Kessel von 4 m³ Inhalt gefüllt; aus diesem wurde er gleichzeitig mittels einer Leitung entnommen, die zu den Arbeitstellen in der Blechschmiede führte. Vom vorhergehenden Tage hatte der Kessel noch eine Füllung von rd. 4 at, die während der Anfahrzeit bis auf 2 at verbraucht wurde. Die Behälterdrücke zeigen die wechselnde Entnahme an, die am Vormittag stärker war als am Nachmittag. Zwischen 12 und 1 Uhr lag eine ¾stündige Mittagspause, was sich in sprunghaftem Steigen des Behälterdruckes ausdrückt. Die Stickstoffanteile wurden nicht regelmäßig gemessen. Sie betragen im Mittel 10 vH.

Zahlentafel 2 ist das Tagesprotokoll einer Druckstickstoffanlage von rd. 15 m³/h Leistung. Der Stickstoff wird hier mit 10,5 at Überdruck erzeugt und in drei Kessel für 7 at Betriebsdruck gefüllt. Während ein Kessel geladen wird, wird aus einem der beiden andern Kessel Stickstoff entnommen. Wenn die drei Kessel voll sind, wird der Betrieb unterbrochen, da der Vorrat bis zum nächsten Tag ausreicht. Die Kessel I und II haben einen Inhalt von je 4, der Kessel III hat einen solchen von 10 m³.

Ein Vorteil des Druckverfahrens ist, daß das Gas durchaus öl- und wasserfrei zur Verbrauchstelle gelangt, da man es weder in einem Gasbehälter unter Wasserabschluß aufzuspeichern, noch in einem besondern Kompressor zu verdichten braucht.

Kraftverbrauch

Einsäulen-Apparate, die mit 0,3 at Entspannungsdr arbeiten, und die man als drucklose Apparate bezeich kann, verbrauchen zur Erzeugung von 1 m³ Sauers 8 m³, Druckapparate 9,5 m³ Luft. Der Luftkompressor drucklosen Anlage verbraucht daher um 16 vH weni Kraft. Bei drucklosen Anlagen kommt jedoch die Verd tungsarbeit für den Sauerstoff hinzu. Diese beträgt einem Flaschen-Fülldruck von 150 at 20 vH des Kı bedarfes für den Luftkompressor, oder 8 bis 10 vH di Kraftbedarfes, wenn der Sauerstoff mit 5 bis 10 at in hälter gepreßt wird. Diese Verdichtungarbeit spart ı beim Druckapparat. Ferner gewinnt man rd. 10 vH Arbeit des Luftkompressors im Stickstoffmotor zurück durch die Verminderung des Betriebsdruckes infolge Vorkühlung der Luft wird die Antriebkraft für den K pressor um weitere 8 vH verringert.

Der Kraftbedarf ist daher bei der Gewinnung Sauerstoffes unter Druck und bei Ausnutzung der Vor des Stickstoffmotors höchstens ebenso groß, wie bei drucklosen Erzeugung, wenn man den Sauerstoff a bis 10 at verdichtet, und jedenfalls geringer als bei dr loser Erzeugung, wenn man Flaschen füllt. Wo bi Kraft zur Verfügung steht, ist daher die Drucksauers Anlage für kleine Leistungen immer wirtschaftlich. besondere kommt sie für Überseeländer in Betracht, der Sauerstoffbedarf noch gering ist und wo man Sa stoff mit erheblichen Kosten auf weite Entfernungen he holen muß.

Druckstickstoff-Anlagen

Zur Gewinnung von reinem Stickstoff genügt nich Trennungsapparat mit einfacher Säule, sondern es mt über der Abtriebsäule noch mindestens eine Verstärkı säule und ein Kondensator vorhanden sein. Abb. 8 den Trennungsapparat für das von der Frankfurter schinenbau-A.-G. ausgebildete Druckstickstoff-Verfahr Die auf ungefähr 80 at verdichtete Luft tritt bei *l* in Trennungsapparat, strömt durch die Gegenstromschlar

[7] DRP-Anmeldung F 58865.

Zahlentafel 2. Tagesprotokoll einer Druckstickstoff-Anlage

Zeit	Druck vor Entspannungsventil at	Druck hinter Entspannungsventil at	Stickstoffdruck in Kessel I at	Stickstoffdruck in Kessel II at	Stickstoffdruck in Kessel III at	Stickstoffreinheit vH	Flüssigkeitshöhe im Verdampfer mm	Flüssig höhe Konden mm
6 h 50′	angefahren							
9 h 10′	Flüssigkeit im Verdampfer							
9 h 50′	Kondensatorventil geöffnet							
10 h 30′	Flüssigkeit im Kondensator							
10 h 40′	Kessel II geöffnet		—	1	—	—	—	—
11 h	151	10,5	—	2	—	99,4	60	50
12 h	100	10,8	—	5,8	—	99,9	97	55
12 h 15′	Kessel I geöffnet		2,5	7	—	—	—	—
1 h	137	10,5	5,2	—	—	99,9	135	50
1 h 30′	Kessel III geöffnet		7	—	4,2	—	—	—
2 h	165	10,5	—	—	5	99,9	150	50
3 h	125	10,7	—	—	6,4	99,9	150	80
3 h 25′	140	10,8	—	—	7	99,9	155	50

und die Verdampferschlange b und kühlt sich auf diesem Wege in der bekannten Weise bis zur Verflüssigung ab, worauf sie im Entspannungsventil c auf 10 at entspannt wird. Unter diesem Druck erfolgt ihre Trennung in der Säule. Die Flüssigkeit strömt nun in der Abtriebsäule d abwärts und sammelt sich unten als sauerstoffreiches Gemisch. Die Dämpfe, die sich in diesem Flüssigkeitsbade infolge der Beheizung durch die Schlange b entwickeln, steigen in der Abtriebsäule d hoch, wobei sie sich mit der herabrieselnden Flüssigkeit vermengen. Dabei geben die Dämpfe an die Flüssigkeit Sauerstoff und die Flüssigkeit an die Dämpfe Stickstoff ab. Daher werden die Flüssigkeit im Herabrieseln immer sauerstoffreicher und die Dämpfe im Aufsteigen immer stickstoffreicher.

Über dem obersten Teller der Abtriebsäule sind die Stickstoffdämpfe noch mit Sauerstoff verunreinigt. Dieser schlägt sich beim Aufsteigen in der Verstärkungssäule e nieder, so daß die Dämpfe über dem obersten Teller der Verstärkungssäule aus reinem Stickstoff bestehen. Ein Teil dieser Dämpfe wird der Trennungssäule unterhalb des Kondensators f bei n_1 entnommen, tritt bei n_2 in den Gegenstromkühler und entweicht bei n_3 unter dem Säulendruck von 10 at, wobei er der in entgegengesetzter Richtung durch die Schlange a fließenden verdichteten Luft Wärme entzieht. Ein anderer Teil des Stickstoffs gelangt in die Rohre des Kondensators und wird in diesen niedergeschlagen. Dieser Teil des Stickstoffs strömt als Waschflüssigkeit auf die Verstärkungssäule e zurück und entzieht den aus der Abtriebsäule d aufsteigenden Dämpfen den in ihnen noch enthaltenen Sauerstoff.

Als Kühlflüssigkeit für den Kondensator f dient der flüssige Sauerstoff. Dieser wird bei o_1 entnommen und vor das Ventil g geführt, wo er vom Säulendruck von 11 at auf 1 at entspannt wird. Dabei kühlt er sich auf eine Temperatur ab, die unter derjenigen des Stickstoffes in der Säule liegt.

Die durch die Verflüssigung des Stickstoffes in den Kondensatorrohren freiwerdende Wärme erzeugt im Sauerstoffbad des Kondensators Sauerstoffdämpfe, die bei o_2 aus dem Kondensator entweichen und durch die Schlange h im Gegenstrom zu der durch die Schlange a ziehenden Luft aus dieser Wärme aufnehmen und den Trennungsapparat bei o_3 verlassen. Der gewonnene Stickstoff wird aus dem Trennungsapparat in Vorratkessel geleitet, aus denen er den Verbrauchstellen zugeführt wird. Die Reinheit des Stickstoffes beträgt bei einem Erzeugungsdruck von 10 at 99,9 vH.

Diese kleinen Stickstofferzeuger eignen sich für die Durchführung von Glühprozessen unter Druck in einer sauerstoffreichen Atmosphäre. Sie wurden für die Herstellung von Überseekabeln für eine Stickstoffleistung von 15 bis 20 m³/h gebaut. [B 2627]

Härteversuche

In der Technologie bemüht man sich seit langem darum, die Werkstoffhärte entweder durch geeignete Prüf- oder Meßverfahren meßbar zu machen oder sie auf allgemeine Eigenschaften eines Werkstoffes zurückzuführen. In den meisten Untersuchungen wurde darauf Gewicht gelegt, möglichst einfache Verfahren ausfindig zu machen, mit denen die Widerstandsfähigkeit der Werkstoffe gegen das Eindringen harter Körper bei den verschiedenen Stoffen verglichen werden konnte. In anderen Untersuchungen wurde versucht, mehr die Vorgänge vom Standpunkt der Festigkeitslehre zu klären und zu beschreiben, indem man sich darum bemühte, die Spannungsverteilung oder die Gestaltänderungen in der Umgebung einer Eindruckstelle zu bestimmen und für die Spannungen quantitative Aussagen zu gewinnen. Zur Beschreibung der Vorgänge beim Eindringen eines prismatischen Stempels in einen weichen Körper bietet einen weiteren Beitrag ein Aufsatz von G. Sachs, „Beitrag zum Härteproblem“[1].

Sachs knüpft an eine Arbeit von L. Prandtl an, in der unter gewissen vereinfachenden Annahmen versucht wurde, den Vorgang beim Eindringen eines harten prismatischen Schneidenkörpers in eine weiche Unterlage als ein Gleichgewichtsproblem eines bildsamen Stoffes zu beschreiben. Die Annahmen waren, daß der Stoff eine ausgesprochene Fließgrenze habe, daß die elastischen Formänderungen gänzlich neben den immerhin noch klein bleibenden plastischen vernachlässigt werden dürfen, daß der Körper in der Längsrichtung der Schneide sowie in der Querrichtung sehr ausgedehnt sei und daß schließlich die Reibung in der Druckfläche vernachlässigt werden könne.

Sachs hat seine Versuche mit sehr weichem Kupfer und mit weichem Eisen an prismatischen Körpern mit einer Druckfläche des Stempels von 5,6 mm Breite und 15 mm Länge ausgeführt. Um die plastischen Gebiete sichtbar zu machen, ließ er die Probestücke nach dem Versuch rekristallisieren, beim Eisen ätzte er sie an. Er bestimmte ferner die mittlere Spannung in der Druckfläche in ihrer Abhängigkeit von der Eindrucktiefe und aus elastizitätstheoretischen Ansätzen den Widerstand.

Aus den Stempeleindruckversuchen scheint hervorzugehen, daß unter dem Stempel ein plastisch verformter Körperteil, der mit seiner Umgebung verwachsen ist, bei einem sehr weichen Metall in die elastisch-nachgiebige Unterlage hineingedrückt wird. Der Körper verschluckt sozusagen selbst, was der Stempel in ihn hineindrückt, das unter dem Stempel verdrängte Körpervolumen erzeugt elastische Formänderungen, auch fließt ein Teil des verdrängten Stoffes in der Längsrichtung der Schneiden ab und bildet die auf den Stirnflächen sichtbaren Wulste, die bei den verhältnismäßig kurzen Körpern in ihrer Wirkung hervortreten. Durch diese Bedingungen entfernen sich die in den Versuchen von Sachs verwirklichten Verhältnisse jedoch stärker von den Annahmen, die den Betrachtungen von Prandtl zugrunde gelegt waren, aus denen z. B. gefolgert werden müßte, daß das durch den Stempel verdrängte Volumen neben dem Stempel in der Preßfläche selbst wieder zum Vorschein kommt. Die Arbeit von Sachs ist ein weiterer Beitrag zur schrittweisen Klärung der vom Standpunkt der Mechanik noch recht verwickelt erscheinenden Verhältnisse eines Eindruckvorganges. [N 622]

Göttingen A. Nádai

[1] „Zeitschrift für technische Physik“ Bd. 8 (1927) S. 132.

Festigkeit von umlaufenden kegeligen Scheiben[1]

Die meisten hochbeanspruchten umlaufenden Scheiben des Maschinenbaues und insbesondre des Turbinenbaues sind kegelig, d. h. ihre Dicke nimmt mit zunehmendem Halbmesser linear ab. Die genaue Berechnung der Festigkeit dieser Scheiben erfordert die Integration einer hypergeometrischen Differentialgleichung und bereitet daher einige Schwierigkeiten. Sind aber die Funktionswerte der Lösungen einmal ermittelt, so kann man damit jede beliebige kegelige Scheibe berechnen; dazu müssen nur noch die beiden Integrationskonstanten so gewählt werden, daß den Randbedingungen der besonderen Aufgabe Genüge geleistet wird, nachdem das partikuläre Integral der Drehzahl der Scheibe angepaßt worden ist. Diese zweite Forderung kann schon durch eine Maßstabänderung befriedigt werden, während die Wahl der Integrationskonstanten lediglich die Auflösung zweier simultaner linearer Gleichungen mit zwei Unbekannten verlangt. Ist der Verlauf der maßgebenden hypergeometrischen Funktionen bekannt, so läßt sich die genaue Berechnung einer Scheibe mit geringem Arbeitsaufwand durchführen; die Kenntnis der Theorie der hypergeometrischen Funktionen wird dabei nicht vorausgesetzt, da nur einfache Rechnungen notwendig sind.

Der Aufsatz enthält eine Berechnung dieser Funktionen, die in Formeln, Zahlentafeln und Diagrammen wiedergegeben werden. Ferner werden Zahlenbeispiele angeführt, Spannungen und Formänderungen in Linien aufgetragen. Besonders beachtenswert ist das Ergebnis, daß die Spannungen in undurchbohrten, am Rand belasteten kegeligen Scheiben sehr wenig schwanken: die Äußerstwerte weichen um höchstens $\pm 7\frac{1}{2}$ vH vom Mittelwert ab. Eine solche Scheibe darf somit technisch als Scheibe gleicher Festigkeit aufgefaßt werden und in vielen Fällen unbedenklich an die Stelle der Scheibe gleicher Festigkeit mit doppelt gekrümmtem Querschnitt treten, der gegenüber sie die leichtere Bearbeitbarkeit voraus hat. Auch wenn eine Bohrung vorhanden ist, zeigt die kegelige Scheibe ein günstiges Verhalten, wie ein durchgeführtes Beispiel beweist. Wichtig ist dabei vor allem, daß die Nabe kräftig bemessen wird, weil die tangentialen Spannungen an der Bohrung schnell zunehmen. In der ganzen übrigen Scheibe halten sich die Schwankungen der Spannung in mäßigen Grenzen; bei richtiger Abstimmung von Nabe und Scheibe läßt sich leicht erreichen, daß die tangentiale Beanspruchung der Scheibe mit der radialen annähernd übereinstimmt. [N 505]

[1] E. Honegger, Zeitschr. f. angew. Math. u. Mech. Bd. 7 (1927) S. 120.



Pitotrohr für Wassermessung bei hohem Druck

Von Heinrich Homberger, Mill Valley, Kalifornien

Werdegang der kalifornischen Wasserkraftanlagen — Bauart des Differential-Druckmessers und Pitotrohres — Versuchsergebnisse

Das in mannigfacher Form[1]) seit mehr als einem Jahrhundert benutzte Pitotrohr hat m. E. eine Reihe von Eigenschaften, die es zu einem der wertvollsten Werkzeuge des praktischen Hydraulikers machen. Als wesentliche Vorzüge im Vergleich mit andern Meßverfahren möchte ich folgende erwähnen:

1. hoher Genauigkeitsgrad, sichere und bequeme Einführung und Messung;
2. leichte Anwendung auch in solchen Fällen, wo besondre Vorbereitungen für Wassermessung nicht von vornherein vorgesehen waren;
3. geringe Herstellungskosten und leichter Versand.

Außer dem Pitotrohr selbst ist für die Messung ein Druckmesser erforderlich; hierfür benutzt man heute fast immer einen Druckunterschiedmesser.

Will man Wassermengen in einer geschlossenen Rohrleitung messen, die unter Druck steht, so sind besondre Ausführungsformen des Rohres und Druckmessers erforderlich. Meine praktischen Erfahrungen mit solchen Rohren für hohen Druck will ich im folgenden mitteilen. Sie sind an den kalifornischen Wasserkraftanlagen der Northern California Power Co., Consolidated gewonnen. Dieses Unternehmen stellte zuerst den zahlreichen Bergwerken des nördlichen Teiles des an Naturschätzen reichen und sich rasch entwickelnden Landes billige elektrische Energie zur Verfügung. Seine Werke sind für europäische Begriffe überaus schnell ausgebaut worden. Beachtenswert ist, wie man von hohen Gefällen und kleinen Maschineneinheiten ausging und schließlich zu verhältnismäßig niedrigen Gefällen und großen Wassermengen gelangte. Diese Entwicklung spielte sich in den Jahren 1896 bis 1912 ab. Zahlentafel 1 enthält nähere Angaben über die Größe der einzelnen Anlagen, die Fertigstellung und Maschinengröße.

Im Jahre 1919 wurde die Northern California Power Co. von der Pacific Gas & Electric Co. in San Francisco gekauft. Dieses Unternehmen ist heute das größte seiner Art in den Vereinigten Staaten, sowohl hinsichtlich der Gesamtleistung als auch in bezug auf das versorgte Gebiet.

Zahlentafel 1

Kraft-Anlagen der Northern California Power Company, Consolidated

Kraftwerk	In Betrieb genommen	Gefälle m	Anzahl der Maschinen	Gesamtleistung kW
Volta	1901	380	5	6 250
Kilarc	1904	366	2	3 000
South cow Creek	1908	222	2	1 500
Inskip	1909	115	2	6 000
South	1910	156	1	4 000
Coleman	1912	145	3	13 500

Als diese Anlagen geplant und ausgeführt wurden, ging die Entwicklung mit solcher Schnelligkeit vor sich, daß mancherlei nicht berücksichtigt wurde, was bei richtiger Überlegung als notwendig anerkannt worden wäre Hierzu gehört der vollständige Mangel fest eingebauter Einrichtungen zur Nachprüfung und Messung der verbrauchten und zu verschiedenen Jahreszeiten zur Verfügung stehenden Wassermengen.

Im Herbst 1918 wurde ich beauftragt, sämtliche Maschinen auf ihren hydraulischen Wirkungsgrad hin zu prüfen und Vorschläge zu machen, wie die vorhandenen Anlagen am besten ausgenutzt werden könnten. In einigen Anlagen war es möglich, im Unterwasser ein Wehr einzubauen; die Volta-Anlage hatte ein solches bereits seit einigen Jahren, doch konnte hier nur die gesamte Wassermenge gemessen werden, da das Wehr für die kleineren Maschinen zu groß war und auch den Übelstand hatte, daß es vom Krafthaus etwas zu weit entfernt war. Ferner war der Unterwassergraben teilweise durch Schüttung hergestellt worden und bei hohem Wasserstand nicht dicht. In den Anlagen South und Coleman war jedoch eine Messung durch Wehr ausgeschlossen, und ich empfahl daher die Anwendung von Pitotrohren.

Damit die Beobachter am Pitotrohr, die die Wassermenge ablesen, mit denen im Kraftwerk, die das Gefälle und die Leistung feststellen, ständig in Fühlung bleiben können, ist es notwendig, das Pitotrohr möglichst in der Nähe des Krafthauses einzubauen. Hieraus ergab sich die Notwendigkeit einer besonderen Bauart, die den verhältnismäßig hohen Drücken in jeder Beziehung gewachsen war. In keinem der beiden Fälle war es notwendig, die Erregermaschinen zu berücksichtigen, da diese in einem Fall ihr Wasser aus einer besonderen Rohrleitung erhalten und im andern durch einen Induktionsmotor betrieben werden können.

Da die Durchmesser der Rohrleitungen zwischen 120[0] und 1950 mm lagen, war es notwendig, die Pitotrohre lang genug zu machen, um das Rohr vom größten Durchmesser vollständig durchqueren zu können. Ein weiterer erschwerender Umstand war, daß die Kraftanlagen in etwas schwer zugänglichen Gebieten der Sierra Nevada liegen und die Arbeit mitten im Winter unternommen werden mußte. In den in Betracht kommenden Höhenlagen in Kalifornien kommen starke Fröste nicht vor, sondern im allgemeinen nur schwere Regenfälle in lang anhaltenden Zeiträumen, wodurch die ohnehin mangelhaften Fahrwege in sehr schlechten Zustand geraten. Das Meßgerät mußte deshalb gedrungen und genügend widerstandsfähig sein, um die schweren Erschütterungen während der Überführung aushalten zu können.

Schließlich herrschte Wassermangel, da es drei Jahre lang wenig geregnet hatte; die Messungen durften den Betrieb der Anlagen daher nur wenig stören. Die Maschinensätze sind groß und ihre Gesamtzahl gering, so daß das Stillsetzen einer Einheit, auch für verhältnismäßig kurze Zeit, einen bedeutenden Einnahmeausfall zur Folge hat. Vorbereitungen für die Vornahme der Leistungsversuche konnten getroffen werden, indem jede der in Frage kommenden Druckleitungen für kurze Zeit entleert wurde; hierfür wurde jeweils der Zeitraum der Mindestbelastung der Gesamtanlage gewählt, nämlich die frühen Morgenstunden eines Sonntags. Es war somit für den Beamten, dem die Verteilung der Netzlast auf die verschiedenen Anlagen obliegt, die Möglichkeit gegeben, auch trotz der Außerbetriebsetzung der einen Leitung den gesamten Kraftbedarf zu decken.

Das Pitotrohr wird durch einen Hahn in die Rohrleitung eingeführt, der in Amerika unter der Bezeichnung „standard corporation cock" im Handel zu haben ist; die Arbeit an den Rohrleitungen bestand somit lediglich darin, an zwei Stellen je ein Loch in die Rohrwand zu bohren, das nötige Gasgewinde zu schneiden und die beiden Hähne einzuschrauben.

Bauart des Differentialdruckmessers

Bei niedrigem Druck dient als Druckunterschiedmesser ein U-förmiges Rohr aus gewöhnlichem Glas, dessen Schenkel man mit den beiden inneren Röhren des Pitotrohres durch Gummischläuche verbindet und durch Quetschhähne abschließt. Bei den hohen Drücken war dies unmöglich; der Druckmesser, Abb. 1 und 2, wurde deshalb aus Normteilen der Crane Company hergestellt und mit zwei getrennten Glasrohren *a* versehen, wie sie für Wasserstandgläser bei Kesseln verwendet werden. Da diese nicht genau hergestellt werden, mußte

[1]) Z. Bd. 67 (1923) S. 568 und 944.



Abb. 1 und 2
Differential-Druckmesser
a Glasrohre
b Hahn zur Verbindung der beiden Rohrschenkel *a*
c Füllrohr mit Trichter
d Leerlaufhahn

aus den vorhandenen ausreichend genaue Rohre ausgesucht werden. Vier Stück wurden ausgesondert, deren Durchmesser einheitlich waren, und die weder eine Krümmung noch sonstige Fehler hatten.

Nach dem Zusammenbau wurde der Druckmesser einem Probedruck unterworfen und sodann zum Ver- und wieder auseinander genommen. Im Betriebslaboratorium in Redding, Nordkalifornien, wurden die einzelnen Teile wieder zusammengesetzt und in einen leichten Holzkasten eingebaut, der mit Lederriemen und Handgriff versehen wurde, so daß das ganze Gerät bequem von einem Mann getragen werden konnte. Die Teilungen in Abb. 1, an denen der Ausschlag der Meßflüssigkeit abgelesen wird, wurden in Redding auf ein Stück poliertes Messingblech aufgetragen, das mit zwei Schrauben mit Flügelmuttern auf zwei Holzblöcken längsverschiebbar befestigt ist, so daß die Teilungen genau auf Null eingestellt werden können, wenn die Flüssigkeit zur Ruhe gekommen ist.

Die Schläuche zur Verbindung des Druckmessers mit dem Pitotrohr mußten den Druck ohne bemerkenswerte Änderung des Querschnitts aushalten und mußten leicht biegsam sein. Es war schwierig, einen geeigneten Stoff zu finden. Die Goodrich Rubber Co. empfahl einen Schlauch, den sie als „braided covered tubing“ auf den Markt bringt, konnte aber keine Gewähr für die Zuverlässigkeit übernehmen, da ähnliche Forderungen nie gestellt worden waren. Es war deshalb nötig, den Schlauch zu prüfen, ehe er verwendet wurde. Ein kurzes Stück wurde an einem Ende mit Draht dicht geschlossen und am andern mit einer Messingkupplung ausgestattet, die in einen Crosbyschen Apparat zum Prüfen von Druckmessern paßte. Das Probestück hielt 28 at Druck ohne vorübergehende oder bleibende Formänderung aus.

Als Meßflüssigkeit wurde für geringe Geschwindigkeit Kohlenstoff-Tetrachlorid und für hohe Quecksilber benutzt. Die Gleichung für die Strömungsgeschwindigkeit v [m/s] lautet:

$$v = c\sqrt{2\,g\,h\,(\gamma - 1)},$$

für CCl_4 ist

$$v = 0{,}84 \cdot 4{,}43\sqrt{0{,}62\,h}$$

und für Hg

$$v = 0{,}84 \cdot 4{,}43\sqrt{12{,}6\,h},$$

worin $c = 0{,}84$ den Festwert des Pitotrohres, γ das spezifische Gewicht der Meßflüssigkeit und h den Gesamtausschlag in Metern bedeuten.

Mit Hilfe des Hahnes *b* in Abb. 1 und 2 konnten die beiden Rohrschenkel miteinander verbunden werden, was die Einstellung der Nullage sehr erleichtert. Das Füllrohr *c* mit Trichter und Leerlaufhahn *d* dient zum Einführen und Entleeren der Meßflüssigkeit. Die beiden Flaschen mit den Meßflüssigkeiten waren im Manometerkasten untergebracht und gesichert. Bei der Überführung trat kein Bruch ein, doch brach ein Glasrohr beim Anziehen einer Stopfbüchse, und die Ersatzrohre kamen gut zustatten.

Pitotrohr und Zubehör

Zur Einführung des Pitotrohres in die zu untersuchende Rohrleitung wurde die in Abb. 3 dargestellte Stopfbüchse entworfen. Das Muttergewinde *a* entspricht dem Gasgewinde der oben erwähnten Hähne, wovon je zwei in jede Rohrleitung eingeschraubt waren. Verwendet wurde gezogenes Sechskant-Messing. Durch die Stopfbüchse wird das Mantelrohr *a* des Pitotrohres, Abb. 4 bis 7, in die Rohrleitung eingeführt. Das Mantelrohr hat 25,4 mm Dmr. und 2055 mm Länge. Auf seine Querschnittfläche von 5,07 cm² Flächeninhalt wirkt der Wasserdruck. Die beiden Zugstangen *b* nehmen diesen Druck auf und übertragen ihn von dem zweiten am Außenende der Pitotrohre vorgesehenen Querhaupt *c* auf das Querhaupt *b* an der Stopfbüchse in Abb. 3.

Die Rohre *d* und *e* in Abb. 5 sind aus nahtlos gezogenem Kupferrohr von 6,35 mm Dmr. hergestellt und außerhalb des Querhauptes rechtwinklig abgebogen. Das Innenende des Mantelrohrs ist durch ein eingepreßtes Messingstück *f*, Abb. 5 und 7, abgeschlossen, das außer den beiden senkrechten Bohrungen vier wagerechte erhalten hat. Hiervon haben die zum Druckrohr führende Bohrung 3,16 und die übrigen 1,58 mm Dmr. Die Form wurde nach den in Z. Bd. 53 (1909) S. 989 gemachten Angaben gewählt.

Das Rohr *d*, Abb. 5, das mit der Druckseite in Verbindung steht, ist fest gelagert, das andere um 180 Grad drehbar und gegen Längsverschiebung durch einen aufgelöteten Halsring *g*, Abb. 5, gesichert. In der Mittelstellung kommt die volle Saugwirkung zur Geltung, der Ausschlag der Meßflüssigkeit ist daher hierbei am größten. Diese Stellung wurde daher bei allen Versuchen angewendet. Die beiden seitlichen Bohrungen wurden nur dazu benutzt, um festzustellen, daß die mittlere frei von Fremdkörpern war.

Jede Zugstange ist mit drei gewöhnlichen Sechskantmuttern versehen; zwei von ihnen befestigen die Zugstange an der Stopfbüchse, die dritte dient zur Verschiebung des Rohres. Die jeweilige Stellung des Rohres in der Druckleitung wird dadurch festgestellt, daß man den Abstand von der Außenseite der Stopfbüchse bis zur Innenfläche des Abschlußstückes mißt und die vorher gemessene Entfernung von Mitte Bohrung bis zur Außenseite der Stopfbüchse in der Anfangstellung hinzuzählt.

Eine einmal gewählte Stellung des Pitotrohres konnte ohne Schwierigkeit genau wieder gefunden werden, und alle Ablesungen wurden zweimal gemacht, einmal bei Einführung des Rohres und ein zweites Mal beim Herausziehen. Die Schraubenschlüssel können leicht von einem Mann abwechselnd bedient werden, und zum Herausziehen

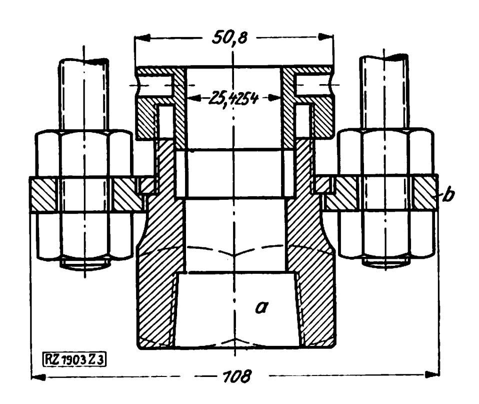


Abb. 3
Stopfbüchse zur Einführung des Pitotrohres
a Muttergewinde *b* Querhaupt

wurden die beiden Muttern jeweils ein Stück zurückgeschraubt, worauf das Rohr durch den Wasserdruck sprungweise hinausgepreßt wurde, nachdem durch leises Klopfen die Stopfbüchsenreibung überwunden war.

In den größeren Druckleitungen machte sich ein Übelstand bemerkbar, der seinen Grund in der verhältnismäßig leichten Bauart des Pitotrohres hatte: Sobald der frei in das Druckrohr ragende Teil gewisse Punkte erreicht hatte, entstanden Erschütterungen, die an einzelnen Punkten recht heftig waren. Nachdem diese Punkte überschritten waren, hörten die Erschütterungen wieder auf, so daß eine Geschwindigkeitskurve durch eine Reihe von Punkten gelegt werden konnte, ohne daß diejenigen herangezogen werden mußten, wo die Erschütterungen die Ablesungen beeinflußt hatten. Wäre das Pitotrohr aus stärkerem Material hergestellt worden, so hätten die Abmessungen der Stopfbüchse und des Einführungshahns vergrößert werden müssen.

Abgesehen von den größeren Kosten wäre der ganze Apparat für die Überführung unhandlich geworden. Wo der Apparat nur an einer Stelle verwendet werden soll und daher das Gewicht unwesentlich ist, dürfte es sich jedenfalls empfehlen, ihn schwerer zu machen, und in diesem Falle werden Erschütterungen wohl nicht eintreten.

Versuche an der Anlage „South"

Die Anlage „South", Abb. 8, hat nur einen Maschinensatz von 4000 kW Nennleistung, der aus einer einzigen Rohrleitung gespeist wird. Die Drehzahl von 225 Uml./min und das verhältnismäßig niedrige Gefälle von 156 m machten zwei Wasserräder erforderlich, die auf den beiden Enden der in zwei Lagern laufenden Welle aufgepreßt sind. Jedes der beiden Räder wird von einer schwingenden Düse mit Regelnadel beaufschlagt. Der Lombard-Geschwindigkeitsregler treibt beide Schwingdüsen gleichzeitig an. Die Regelnadeln werden mit der Hand mittels eines Getriebes eingestellt. An den feststehenden Teil der Schwingdüsen schließt sich ein Hauptabsperrschieber an, der durch ein kegeliges Rohr mit dem Endflansch der Druckleitung verbunden ist. Diese ist auf Betonblöcken gelagert und liegt mit der unteren Hälfte im Erdreich, Abb. 9.

Der dem Kraftwerk nächstgelegene geeignete Punkt für die Einführhähne war etwa 50 m entfernt. Es wurde dort ein leichtes Holzgerüst zur Stützung des Pitotrohres und zur Aufstellung des Druckmesser-Kastens errichtet. Einer der Betriebsleute des Kraftwerkes konnte hier ohne Schwierigkeit das Pitotrohr für die beiden Durchquerungen der Rohrleitung bedienen.

Abb. 10 zeigt das Ergebnis der beiden Durchquerungen; die gestrichelte Linie gibt die Mittelwerte der beiden voll ausgezogenen Linien an, die den Ablesungen am Druckmesser entsprechen. Nach dieser Mittelwertlinie

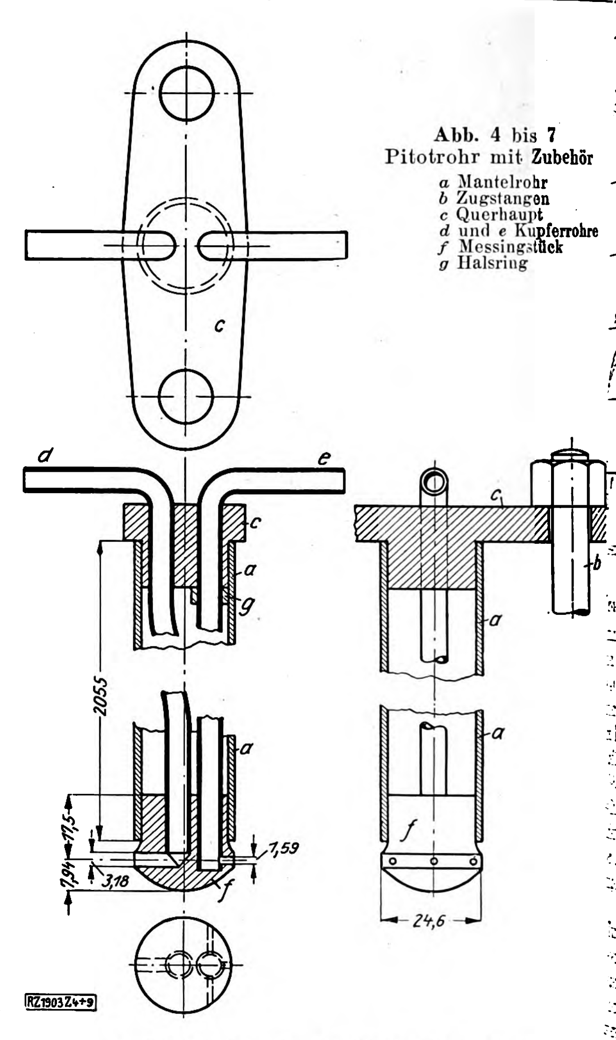


Abb. 4 bis 7
Pitotrohr mit Zubehör
a Mantelrohr
b Zugstangen
c Querhaupt
d und *e* Kupferrohre
f Messingstück
g Halsring

wurde die Linie der Geschwindigkeiten bestimmt. I Durchschnittsgeschwindigkeit im Rohr wurde nach die Linie mit Hilfe des Ringflächenverfahrens bestimmt.

Im allgemeinen wird für die Messungen das Pitotr in der Rohrmitte eingestellt; im vorliegenden Fa zitterte es in dieser Lage, und es wurde deshalb der „X" bezeichnete Punkt für Vornahme aller Ablesung gewählt.

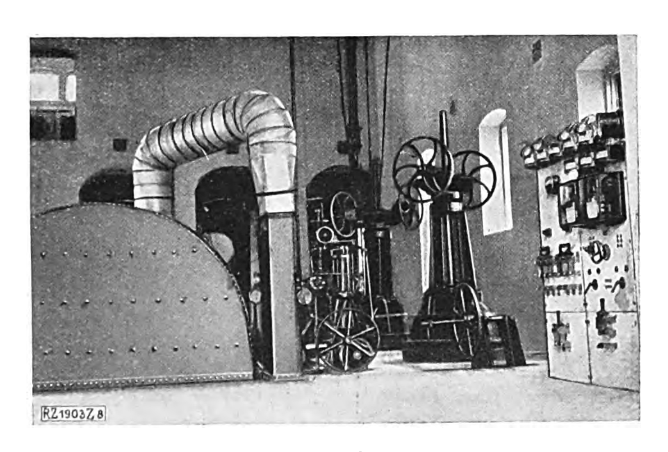


Abb. 8
Anlage „South", im Vordergrund Handantrieb für die Regeldüse. Das Blechrohr ist eine Kühlvorrichtung für den Stromerzeuger, bei der der Luftzug im Untergraben des Wasserrades benutzt wird.

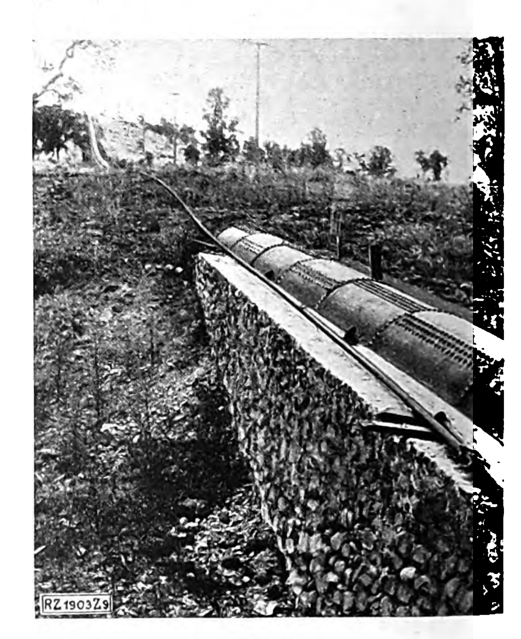


Abb. 9
Ankerblock für eine Druckrohrleitung



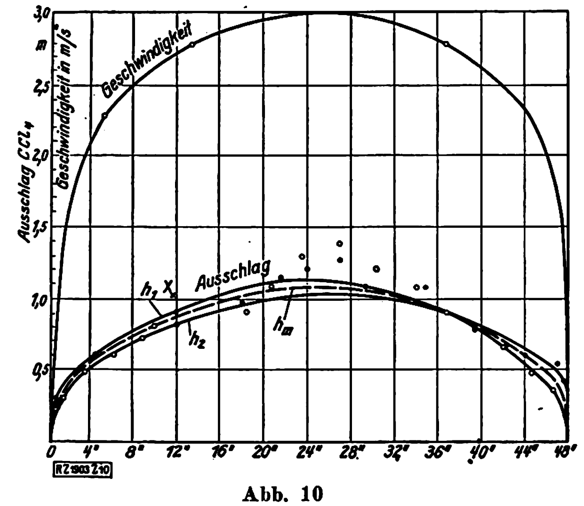


Abb. 10
Messungen an der Anlage „South“

Versuche an der Coleman-Anlage

Die Coleman-Anlage enthält drei mit einfachen Francis-Turbinen unmittelbar gekuppelte Hauptstromerreger von je 4000 kVA Nennleistung, Zahlentafel 1, die mit 146 mm mittlerem Nutzgefälle arbeiten, Abb. 11. Jede Einheit hat drei Lager. Das Wasser wird durch zwei Rohrleitungen geführt. Die Hauptabsperrschieber liegen außerhalb des Gebäudes und werden durch Druckwasserzylinder eingestellt, Abb. 12. Der mittlere Maschinensatz ist mit den Rohrleitungen durch ein Hosenrohr verbunden, das oberhalb der Absperrschieber liegt und Wasser aus beiden Rohrleitungen durch Zweigrohre und Abzweigstücke entnimmt.

Die drei Turbinen von gleicher Bauart waren während der sieben Betriebsjahre verschieden stark abgenutzt und gelegentlich ausgebessert worden, aber nicht alle in der gleichen Weise. Es war deshalb wünschenswert, Leistungsversuche an allen drei Maschinensätzen vorzunehmen. Infolgedessen mußten beide Rohrleitungen mit Löchern und Paßstücken für das Pitotrohr versehen werden, Abb. 13. Um festzustellen, ob die Ergebnisse vom Druck abhängig sind, wurden die Meßstellen für den westlichen Rohrstrang etwa 160 m oberhalb des Maschinenhauses, die für den östlichen etwa 225 m unterhalb des Rohreinlaufs angebracht.

Die Verbindung zwischen den Beobachtern innerhalb und außerhalb des Kraftwerkes wurde im ersten Falle durch einen Signalmann auf der Brücke hergestellt, die auf der Hinterseite des Gebäudes die Galerie für Schalttafeln und Umformer mit der zum Gebäude führenden Fahrstraße verbindet und eine für die Aufstellung der Absperrschieber vorgesehene Ausschachtung überspannt. Im letzten Fall erhielt ein auf der Abschlußwand des Vorbeckens stehender Mann telephonische Anweisungen aus dem Kraftwerk, die er durch Signale an die Beobachter am Pitotrohr weitergab. Es ergab sich, daß das Pitotrohr unter hohem und niedrigem Druck gleich gut arbeitete.

Im übrigen waren die Versuchsverfahren die gleichen wie bei der Anlage „South“. Die Ergebnisse der Rohrdurchquerungen zeigen Abb. 14 und 15.

Schlechte Wirkungsgrade sind in erster Linie starker Abnutzung der Einlaufkanten an den Turbinenschaufeln zuzuschreiben, in zweiter Linie aber auch Undichtigkeiten der Drehschaufelwellen in ihren Stopfbüchsen. Dieser Übelstand wurde durch neue Packung leicht behoben. Die Laufräder der Maschinen waren aus Stahlguß hergestellt, und ich empfahl, diese durch Aufschweißen und Handbearbeitung im Krafthaus auf ihre ursprüngliche Form zu bringen. Da die Eigentümerin der Maschinen eine gut eingerichtete Werkstatt mit elektrischem Schweißzeug in Redding zur Verfügung hatte, versprach diese Ausbesserung eine Ersparnis gegenüber

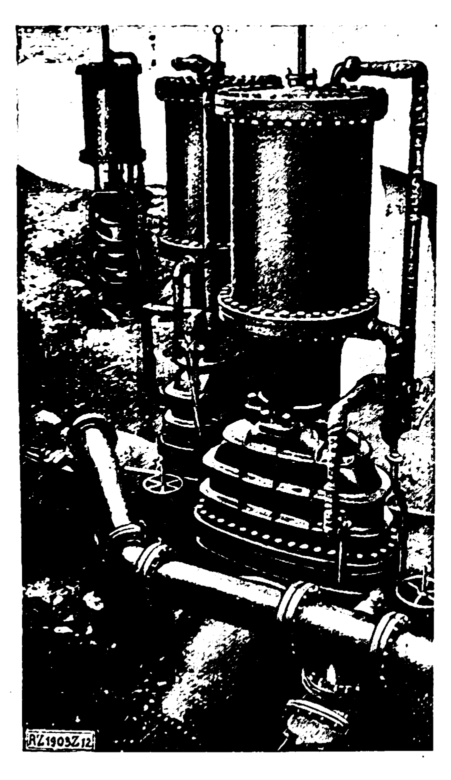


Abb. 12
Absperrschieber für die mittlere Turbine der Coleman-Anlage

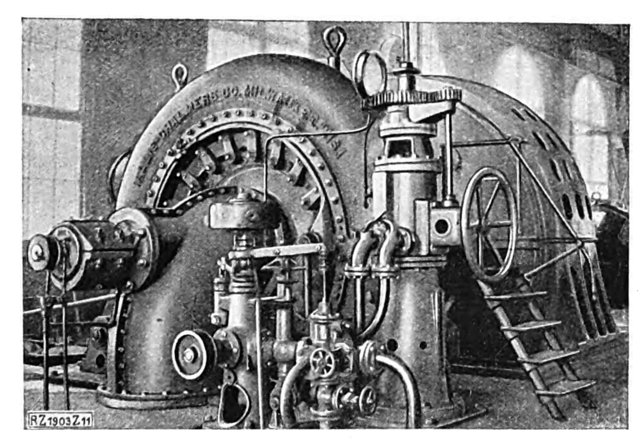


Abb. 11
Turbine mit Stromerzeuger in der Coleman-Anlage



Abb. 13
Coleman-Anlage. Druckrohrleitungen, unterer Teil am Kraftwerk
a Anschlußhahn für Pitotrohr



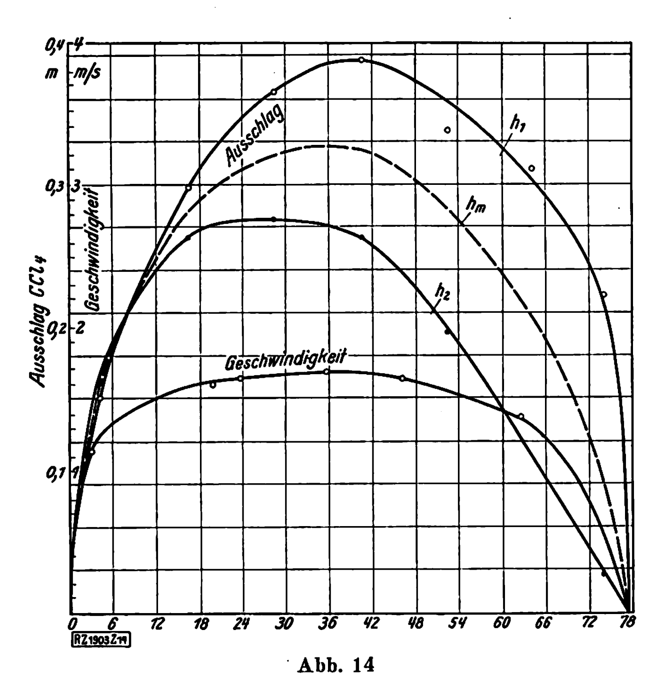


Abb. 14
Coleman-Kraftwerk, Messung an der östlichen Rohrleitung

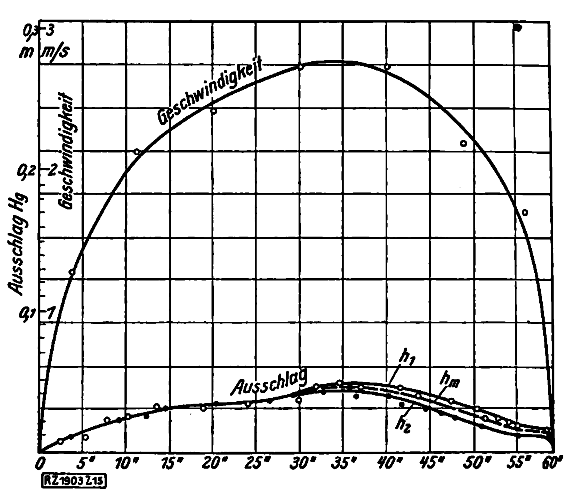


Abb. 15
Coleman-Kraftwerk, Messung an der westlichen Rohrleitung

der Beschaffung neuer Laufräder, da die Überführung teuer ist. Wären die Laufräder aus Gußeisen oder Bronze hergestellt gewesen, so wäre der Ausfall der Schweißung unsicher gewesen. Dieser Umstand ist wohl im Auge zu behalten, wenn Neuanlagen mit Hochdruckturbinen in abgelegenen Gebirgsgegenden geplant werden.

Schlußwort

Während es im vorliegenden Falle die Aufgabe des Ingenieurs war, bestehende Kraftanlagen ohne von vornherein vorgesehene Wassermeßvorrichtungen einmalig zu prüfen, möchte ich darauf aufmerksam machen, daß mit verhältnismäßig geringen Änderungen das Pitotrohr auch fest eingebaut werden kann; damit wird dem Betriebsleiter Gelegenheit gegeben, sich dauernd von der Leistungsfähigkeit seiner Anlage zu überzeugen. [B 1903]

Mechanische Eigenschaften der Hartpapier-Isolierstoffe

Die verkürzten Vorschriften über die Prüfung der elektrischen Isolierstoffe wurden vom VDE erstmalig mit Gültigkeit vom 1. Juli 1914 herausgegeben. Infolge des unmittelbar darauf einsetzenden Krieges fand sich jedoch kaum Gelegenheit, auf Grund dieser Vorschriften Untersuchungen über die verschiedenen Isolierstoffe auszuführen. Eine der wenigen Arbeiten aus der damaligen Zeit ist die von Dr.-Ing. K. Geisler[1]) über den künstlichen Kautschuk als elektrischer Isolierstoff. Seitdem haben sich die Vorschriften mehrfach geändert. Unter Anlehnung an die neuesten Vorschriften des VDE ist die Arbeit über die mechanischen Eigenschaften der Hartpapierisolierstoffe von K. Schaudinn und Dr.-Ing. L. Traeger[2]) entstanden. Die Verfasser haben der Natur der Sache nach getrennt über Hartpapierrohre und Hartpapierplatten berichtet.

Hartpapierrohre werden dadurch hergestellt, daß Papierbahnen, die eine gewisse Reißfestigkeit aufweisen müssen, ein- oder zweiseitig mit einem Kunstharz, gewöhnlich einem Erzeugnis der Phenol-Formaldehyd-Kondensation, bestrichen und unter Druck und Hitze auf einen Dorn aufgewickelt werden[3]). Gute Erzeugnisse, d. h. Rohre, deren Papierlagen gleichmäßig durch das Bindemittel zusammengeklebt sind, brechen beim Zugversuch in einer zur Stabachse senkrechten Ebene. Bei nicht homogenen Bindungen zwischen Papier und Lack werden die Papierlagen in verschiedenen Querschnitten gerissen und beim Bruch auseinandergezogen; sie brechen kegelstumpfförmig. Eine Bruchdehnung ist mit bloßem Auge nicht nachweisbar. Wärmebehandlung der Rohre (4 h auf 75 und 120 °C und nachfolgende Abkühlung auf Zimmertemperatur) ließen keine wesentliche Beeinflussung der Zerreißfestigkeit erkennen.

Die Biegefestigkeit wurde in Anlehnung an die VDE-Vorschriften in der Weise ermittelt, daß über den mittleren Teil des Rohres ein Halbring gelegt wurde, der eine möglichst gleichmäßige Kraftverteilung gestattete. Der Mittelwert der Beanspruchungen betrug 12,8 kg/mm². Ein Einfluß durch Erwärmung auf die Biegefestigkeit ließ sich gleichfalls nicht feststellen. Verdrehungsbeanspruchungen, wie sie beim Bau von Trennschaltern vorkommen, wurden gleichfalls untersucht. Zwischen der Belastung P und dem Verdrehungswinkel ϑ wurde unmittelbare Proportionalität festgestellt, gleichgültig, ob das Rohr im Wicklungssinn oder entgegengesetzt verdreht wurde.

Hartpapierplatten werden dadurch hergestellt, daß man weniger festes, aber stark saugfähiges Papier, z. B. Löschpapier, mit Kunstharzlösungen tränkt und die einzelnen Blätter aufeinanderschichtet und unter Druck und Hitze zusammenpreßt, so daß ein annähernd homogener Körper entsteht. Zur Untersuchung derartiger Platten wurden Normalstäbe verwendet, deren Papierfasern entweder parallel oder senkrecht zur Kraftrichtung verliefen. Im ersten Fall ergaben sich bei Raumtemperatur Bruchspannungen von 12,7 kg/mm², im zweiten Fall solche von 9,17 kg/mm², d. h. 28 vH weniger. Versuche bei verschiedenen Temperaturen ergaben eine geradlinige Abhängigkeit (Abnahme) der Zerreißfestigkeit von der Temperatur, ähnlich der Abhängigkeit der Druckfestigkeit von der Prüftemperatur bei Vulkanfiber[4]).

Bei 100 °C hat Hartpapier nur noch die Hälfte der Festigkeit bei Raumtemperatur, bei 300 ° nähert sich die Festigkeit asymptotisch dem Wert null, d. h. bei dieser Temperatur verkohlt das Bindemittel. Bei den Biegeprüfungen betrug die Biegefestigkeit, wenn die Papierfaserwalzrichtung und Stablängsrichtung parallel liefen, 18,6 kg/mm², wenn sie senkrecht zueinander liefen, 14,2 kg/mm². Die Biegefestigkeit des Hartpapiers in Plattenform in Abhängigkeit von der Temperatur ergab wie die Zerreißfestigkeit eine geradlinige Abhängigkeit. Bei 170 °C bog sich der Versuchstab völlig durch, ohne zu brechen. Der Stab löste sich vielmehr in mehrere Schichten auf. [N 609]

Berlin-Steglitz Dr.-Ing. Kurt Geisler

[1]) Heft 250 der Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens.
[2]) ETZ Bd. 28 (1927) S. 870.
[3]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 545.
[4]) Vergl. R. Baumann Z. Bd. 57 (1913) S. 907.

RUNDSCHAU

Wissenschaftliche Tagungen

66. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure

Mannheim-Heidelberg, 28. bis 30. Mai 1927

Bereits am Freitag, dem 27. Mai, wurde die Ausstellung des V. d. I. durch den Vorsitzenden, Dr. Wendt, eröffnet. Neben den hier gezeigten Arbeiten aus der Tätigkeit der Geschäftstelle und einiger Ausschüsse des V. d. I. und des VDI-Verlages war recht eindrucksvoll die Werbung für die nächste größere Veranstaltung des Vereines: die Werkstofftagung, die im Herbst d. Js. in Berlin stattfinden wird.

Der Nachmittag desselben Tages wurde durch die Tagung der Werbeingenieure ausgefüllt, die als Vortragende Ing. A. Sieber, Kassel, und Dipl.-Ing. Kurt Schulz, Berlin, an Stelle des verhinderten Dipl.-Ing. Pachtner, Hamburg, auf den Plan schickten, um ihre Erfahrungen über die Wirksamkeit technischer Anzeigen und die Eingliederung der Anzeigenwerbung in den technischen Vertrieb den Fachgenossen mitzuteilen.

Am Abend versammelten sich die Mitglieder des Vorstandes und des Vorstandrates mit ihren Damen zunächst zu einer Vorstellung im Nationaltheater und im Anschluß hieran im Rittersaal des Schlosses, wo sie durch die Stadt Mannheim feierlich empfangen und begrüßt wurden.

Der Vorstandsrat begann seine Beratung am Morgen des 28. Mai. Fragen der Ingenieurhilfe, der Mitgliedverhältnisse, des Patentwesens, der Ausgestaltung der Zeitschriften und wichtige Satzungsänderungen standen auf der Tagesordnung[1]). Die Mitgliederversammlung des nächsten Tages hatte sich mit diesen Angelegenheiten noch näher zu befassen.

Um 9 Uhr setzten auch bereits die ersten Fachsitzungen ein, die einen recht guten Besuch aufzuweisen hatten. Insbesondere fand die Fachsitzung „Verbrennungskraftmaschinen" eine äußerst rege Beteiligung. Die Frage der schnellaufenden Dieselmotoren, die heute alle Fachleute beschäftigt, angesichts der besseren Wirtschaftlichkeit und Unabhängigkeit von ausländischen Bezugsquellen bei der Benutzung von Treiböl auch in schnellaufenden Kraftwagen- und Flugzeugmotoren, wurde vornehmlich behandelt. Prof. Stribeck zeigte an der Hand seiner Meßergebnisse, daß beim Acro-Motor der Firma Bosch, A.-G., die Frage der Lösung nähergebracht ist[2]). Ähnliches konnte man auch den Ausführungen von Prof. Dr. Neumann, Hannover, entnehmen, der über Untersuchungen am Dorner-Motor sprach[3]). Allgemeiner gehalten waren die Ausführungen von Prof. Langer, Aachen, über Wertung von Verbrennungsmotoren[4]), während sich Dr.-Ing. L. Richter, Wien, mit dem Problem des Zündermotors für flüssige Brennstoffe befaßte und bei diesen an sich schon praktisch recht gut entwickelten Motoren noch eine Reihe ernsthaft zu untersuchender Fragen aufdeckte[5]).

In der gleichzeitig unter dem Vorsitz von Geheimrat Prof. Dr.-Ing. de Thierry und später von Ministerialrat z. D. Busch tagenden Mitgliederversammlung der Deutschen Gesellschaft für Bauingenieurwesen[6]) berichtete Strombaudirektor Konz, Stuttgart, über die Neckarkanalisierung[7]), von der am Montag ein kleiner Abschnitt im Rahmen der Besichtigungen der Hauptversammlung in Augenschein genommen wurde. Technische und künstlerische Fragen des Brückenbaues besprach Oberbaurat Schaechterle, Stuttgart[7]), und Ministerialrat Dr.-Ing. Ellerbeck behandelte den neuesten Entwurf zum Schiffshebewerk Niederfinow des Hohenzollernkanals[8]).

Am Nachmittag war Ministerialrat Ellerbeck Leiter der Fachsitzung „Anstrichtechnik", ein Zeichen dafür, welche Aufmerksamkeit gerade die Bauingenieure diesen Fragen entgegenbringen[9]). Wie die Ausführungen von Dr.-Ing. Nettmann in dieser Fachsitzung zeigten, blühen hier auch dem Maschineningenieur zahlreiche Aufgaben[10]). Insbesondere sind es die mechanischen Anstreichverfahren, die zu ihrer Ausbildung der Mitarbeit des Ingenieurs bedürfen.

Die Prüfung der Anstriche, über die Dr. Schulz von der Reichsbahn berichtete[11]), betrifft mehr den Chemiker, ebenso auch die Frage des Eisenschutzes durch Anstrich[12]), über die an Stelle des erkrankten Prof. Dr. Maaß, Berlin, Dr.-Ing. Adrian sprach, wenn auch die eigentlichen Nutznießer aller dieser Schutzmaßnahmen die Maschinen- und Bauingenieure sind. Die umfangreichen Erörterungen, die sich den Vorträgen anschlossen, und die rege Beteiligung an den Versuchen über Farbspritzen bewiesen, welch lebhaftes Bedürfnis der V. d. I. durch die Abhaltung einer derartigen Veranstaltung befriedigt hat.

Im Laufe des Nachmittags fanden weiter eine Obmännerversammlung der Arbeitsgemeinschaft deutscher Betriebsingenieure und eine Strom- und Hafenrundfahrt statt. Abends folgten die Ingenieure einer Einladung des Mannheimer Bezirksvereins in den Rosengarten. Hier begrüßte Dir. Fröber, der Mannheimer Vorsitzende, als liebenswürdiger Gastgeber, die zum Teil aus weiter Ferner herbeigeeilten Gäste.

Frühzeitig am Sonntag, dem 29. Mai, rief die Arbeit die Teilnehmer wieder zusammen. Galt es doch, an diesem Tage die eigentliche Hauptversammlung zu begehen. Während der geschäftlichen Verhandlungen, über deren Ergebnis schon berichtet worden ist[13]), wies Prof. Matschoß nachdrücklich auf die im Herbst stattfindende Werkstofftagung hin und forderte die Mitarbeit der jüngeren Kräfte in den Bezirksvereinen. Die wissenschaftlichen Verhandlungen eröffnete der Vorsitzende des Hauptvereins, Dr. Wendt, um 10 Uhr. Er dankte der Stadt Mannheim, begrüßte die Gäste und gab die Ehrungen bekannt, die der Verein in diesem Jahre beschlossen hat: Prof. Junkers, der bekannte Pionier des Flugzeugbaues, tritt in die Reihe der Inhaber der Grashof-Denkmünze, und der Oesterreicher, Geheimrat Exner, und Kommerzienrat Hermann Röchling werden Ehrenmitglieder des Vereins. Prof. Junkers und Kommerzienrat Röchling waren persönlich erschienen und dankten der Versammlung in bewegten Worten. Auch der badische Staatspräsident Dr. Trunk und der Oberbürgermeister von Mannheim, Dr. Kutzer, begrüßten die Versammlung und wiesen besonders auf die Bedeutung des Ingenieurs für das Staatsleben und die städtische Verwaltungsarbeit hin.

Ein recht glückliches Zusammentreffen war es, daß unmittelbar auf die Ehrung Junkers als eines Vorkämpfers technischen Fortschrittes der von Prof. Heidebroek gehaltene Vortrag über „Technische Pionierleistungen als Träger industriellen Fortschritts" folgte[14]). Wurde hier die Unentbehrlichkeit der Technik zur Unterhaltung der großen Menschenmassen, die heute die Welt bevölkern, dargelegt und die Bedeutung der technisch schaffenden Persönlichkeit in groß angelegten allgemeinen Ausführungen ins rechte Licht gerückt, so gab der andre Hauptvortrag, über die neuzeitliche technische Entwicklung der Deutschen Reichspost[15]), den Ministerialrat Kruckow hielt, einen Einblick in technische Leistungen auf einem wichtigen Sondergebiet.

So wie am Vormittag die wissenschaftlichen Veranstaltungen ihren Höhepunkt erreicht hatten, so die gesellschaftlichen Veranstaltungen am Abend des 29. Mai mit dem gemeinsamen Essen im Rosengarten. Der Vorsitzende des V. d. I., Dr. Wendt, begrüßte die Gäste und feierte das deutsche Vaterland und den V. d. I., der Kurator des Vereines, Geheimrat Lippart, hob die Verdienste der Mannheimer Industrie hervor und spendete der Stadt Mannheim besonderes Lob. Kommerzienrat Dr. Clemm, Waldhof. dankte im Namen der Gäste und betonte die Notwendigkeit der Zusammenarbeit zwischen Ingenieur und Industrie.

Am 30. Mai begann um ½9 Uhr morgens die Fachsitzung „Dampftechnik", die am Nachmittag noch fortgesetzt wurde. Diese Sitzung, die unter dem Vorsitz von Prof. Eberle tagte, war besonders stark besucht. An der Spitze stand der Vortrag von Prof. Eberle, Darmstadt, über das heute so wichtige Thema: „Kupplung von Kraft- und Heizwerken"[16]) zum Zwecke der gemeinsamen, möglichst weitgehenden Energieausnutzung. Die Ausführungen Eberles sowie die Vorträge von Prof. Thum, Darmstadt, über „Werkstoffe im Dampfturbinenbau"[17]) und von Obering

[1]) Die Beschlüsse sind in Z. Nr. 23 vom 4. Juni 1927 S. 839 veröffentlicht.
[2]) Vergl. Z. Nr. 22 (1927) S. 765.
[3]) Vergl. Z. Nr. 22 (1927) S. 775.
[4]) Vergl. Z. Nr. 26 (1927) S. 914.
[5]) Dieser Vortrag, s. a. Z. Nr. 22 (1927) S. 764, sowie ein besonderer Bericht über die Fachsitzung „Verbrennungsmotoren" werden noch erscheinen.
[6]) Vergl. Z. Nr. 27 (1927) S. 963.
[7]) Vergl. Z. Nr. 22 (1927) S. 786; ausführliche Veröffentlichung folgt.
[8]) Vergl. Z. Nr. 22 (1927) S. 787.
[9]) Vergl. Z. Nr. 26 (1927) S. 918.
[10]) Vergl. Z. Nr. 22 (1927) S. 803.

[11]) Vergl. Z. Nr. 22 (1927) S. 763.
[12]) Vergl. Z. Nr. 22 (1927) S. 774.
[13]) Vergl. Z. Nr. 23 (1927) S. 840.
[14]) Vergl. Z. Nr. 23 (1927) S. 841.
[15]) Vergl. Z. Nr. 22 (1927) S. 737.
[16]) Arch. f. Wärmew. Bd. 8 (1927) S. 204.
[17]) Vergl. Z. Nr. 22 (1927) S. 753.

Stein, Berlin, über „Selbsttätige Feuerungsregelung[18]) waren Gegenstand lebhafter Erörterungen. Ausgezeichnet wurde auch der Vortrag von Dr.-Ing. Münzinger, Berlin, über „Dampfkessel für Großkraftwerke"[19]) aufgenommen, dessen Hinweis auf die zielbewußten Arbeiten Georg Klingenbergs am Großkraftwerk Klingenberg von neuem das Bedauern über das frühe Hinscheiden dieses Mannes wach werden ließ.

Nicht minder starken Besuch zeigte auch die gleichzeitig tagende Fachsitzung „Ausbildungswesen[20]), deren Vorsitz Geheimrat Lippart führte. Lippart war auch der erste Vortragende. Er sprach über die „Praktikantenausbildung in industriellen Werken"[21]). An seine Ausführungen, insbesondere die von ihm aufgestellten Leitsätze knüpften sich lebhafte Erörterungen.

Auf die Aufgaben, die sich dem Ingenieur außerhalb der Maschinenindustrie in so reichem Maße bieten, wiesen ausdrücklich Prof. Conrad Matschoß ganz allgemein und nach ihm Dr. Gminder, Reutlingen, für das Gebiet der Textilwirtschaft, Dr.-Ing. Garbotz, Berlin, für die Großbauwirtschaft und Dr.-Ing. Bramesfeld, Darmstadt, für die chemische Industrie und die Möbelindustrie hin[22]). Die in den Vorträgen und der angeregten Erörterung gewonnenen Erfahrungen werden jetzt vom Deutschen Ausschuß für Technisches Schulwesen weiter behandelt.

Die Fachsitzung „Betriebstechnik"[23]), die letzte wissenschaftliche Veranstaltung dieser Hauptversammlung, brachte ebenfalls reichen Gewinn für alle Teilnehmer, insbesondere dadurch, daß hier die bisher nicht sonderlich stark behandelte Holzverarbeitung den Verhandlungsgegenstand bildete. Sehr bemerkenswert war diese Fachsitzung dadurch, daß ein Nichttechniker, Oberförster Dr. Hausendorff, Grimnitz, das Holz als Werkstoff behandelte[24]). Die Zusammenarbeit zwischen dem Forstbetrieb und der Industrie stand dabei im Vordergrunde der Betrachtung und der Erörterung. Aber auch die Vorträge von Obering. Müller, Spandau, über „Arbeitsvorbereitung und Betriebsmittel in der Holzbearbeitung"[25]) und von Oberreg.- und Baurat Bardtke, Wittenberge, über „Die Massenherstellung von Holzersatzteilen in Eisenbahnwerkstätten"[26]) gaben Anlaß zu lebhaftem Meinungsaustausch. Insbesondere wurde gezeigt, wie gerade beim Holz große Verluste durch Normung und durch Veredlung des Holzes und durch seine Verwendung als Sperrholz zu vermeiden sind.

Die Besichtigungen führten in nahezu sämtliche Betriebe der Mannheimer Industrie. Besonders zahlreiche Meldungen lagen vor für die Besichtigung des Werkes Oppau der I.-G. Farbenindustrie und die neuen Anlagen der Neckarkanalisierung.

Den gesellschaftlichen Abschluß der Hauptversammlung bildeten ein Schloßfest in Heidelberg am 30. Mai und der Pfalz-Saar-Tag, der am Dienstag, dem 31. Mai, noch eine stattliche Zahl der Mitglieder in Neustadt a. d. Haardt vereinigte.

Die 66. Hauptversammlung hatte überhaupt einen sehr starken Besuch aufzuweisen. Etwa 2200 Personen: Mitglieder des Vereines nebst Angehörigen und Gäste nahmen an ihr teil. [N 614] Gs.

[18]) Vergl. Z. Nr. 22 (1927) S. 802, ausführliche Veröffentlichung folgt.
[19]) Vergl. Z. Nr. 22 (1927) S. 752, ausführliche Veröffentlichung folgt.
[20]) Besonderer Bericht folgt.
[21]) Vergl. Z. Nr. 28 (1927) S. 993.
[22]) Der vollständige Bericht über diesen Teil der Fachsitzung erscheint in den „Abhandlungen und Berichten des Deutschen Ausschusses für Technisches Schulwesen" als Teillieferung von Bd. 9.
[23]) Vergl. Z. Nr. 27 (1927) S. 954.
[24]) Vergl. Z. Nr. 22 (1927) S. 764.
[25]) Vergl. Z. Nr. 22 (1927) S. 797.
[26]) Vergl. Z. Nr. 22 (1927) S. 746, ausführlicher Abdruck folgt.

Dampftechnik

Versuchskessel für 120 at Betriebsdruck[1])

(Mitteilung aus dem Laboratorium für Technische Physik der Technischen Hochschule München)

Die maßgebenden Gesichtspunkte für den Bau eines Dampfkessels, der zur Durchführung von wissenschaftlichen Versuchen dienen soll, unterscheiden sich in mancherlei Hinsicht von den sonst im Kesselbau gewohnten. Wohl müssen in allen Fällen die behördlich festgelegten Bedingungen bezüglich des Kesselbaustoffs und der dem Druck entsprechend bemessenen Wanddicke erfüllt sein. Wenn hinsichtlich der sonstigen, für die Betriebsicherheit geltenden Vorschriften Erleichterungen eintreten, so ist dies dadurch gerechtfertigt, daß der Versuchskessel während seiner vorübergehenden Benutzung viel besser gewartet und beaufsichtigt wird, als dies im allgemeinen bei Fabrik- oder Heizanlagen der Fall ist. Die gute Überwachung während des Betriebes rechtfertigt es auch, von den für den Ort der Aufstellung geltenden baulichen Vorschriften abzuweichen, bei deren Einhaltung man oft gezwungen wäre, den Versuchskessel von den übrigen Teilen der Meßanordnung zu trennen, was die Regelung des Kesselbetriebes erschweren und die erzielte Versuchsgenauigkeit beeinträchtigen würde.

Der im folgenden näher beschriebene Hochdruck-Versuchskessel, Abb. 1 bis 3, dient als Dampferzeuger für Versuche zur Bestimmung der spezifischen Wärme des Wasserdampfes; er ist in Verbindung mit den übrigen Teilen der Meßanordnung in der großen Versuchshalle des Laboratoriums für Technische Physik der Technischen Hochschule München aufgestellt. Der wichtigste Gesichtspunkt für den Entwurf des Kessels war, daß bei der jeweils für den Versuch benötigten Dampfmenge der Kesseldruck in einfacher Weise auf möglichst gleich bleibender Höhe gehalten werden sollte. Eine Möglichkeit, dies zu erreichen, hätte darin bestanden, den Wasserinhalt und damit die Abmessungen des Kessels entsprechend groß zu wählen. Dieser Ausführung standen jedoch die hohen Anschaffungs- und Betriebskosten entgegen; gleichzeitig hätte die große thermische Trägheit eines derartigen Kessels eine rasche Umstellung des Dampfdruckes auf andre Höhe nach Abschluß eines Versuches gehindert. In gegenseitiger Abwägung dieser beiden Umstände, also der Trägheit während des Versuches und der raschen Umstellmöglichkeit nach Abschluß des Versuches, wurden die Abmessungen des Kessels klein gehalten und zur Erzielung der verlangten Gleichförmigkeit des Druckes eine entsprechend ausgebildete elektrische Heizung in den Kessel eingebaut.

Der höchste Betriebsdruck, für den der Versuchskessel gebaut wurde, beträgt 120 at. Der Kesselkörper besteht aus einer nahtlosen, aus einem Stück geschmiedeten und beiderseits zugekümpelten Trommel von 915 mm Außendurchmesser und 1750 mm Höhe. Er faßt in normal gefülltem Zustand etwa 0,6 m^3 Wasser. Die Wanddicke beträgt im zylindrischen Teil 70 und in den zugekümpelten Enden 110 mm. Das oben angebrachte ovale Mannloch hat 320/425 mm l. W. Der Kessel ist zur Verringerung der Wärmeverluste mit einer 120 mm dicken Lage von Lambda-Isoliersteinen umkleidet und ruht auf einem mit ihm verbundenen Traggestell, so daß der Ort der Aufstellung beliebig gewählt und verändert werden kann.

Als Baustoff für den Kesselkörper wurde Flußstahl verwendet; die damit durchgeführten Festigkeitsprüfungen ergaben folgende Werte:

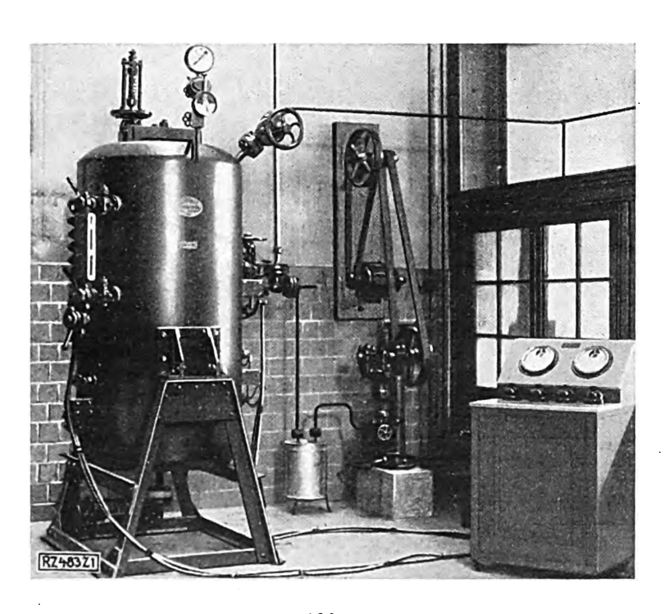


Abb. 1
Ansicht des Hochdruck-Versuchskessels für 120 at

[1]) Für die Ausdehnung der Versuche zur Bestimmung der spezifischen Wärme des Wasserdampfes auf höhere Drücke hat der Verein deutscher Ingenieure Mittel bereitgestellt und sich um die Beschaffung der Versuchsgeräte bemüht. Auf sein Ersuchen haben sich bei der Herstellung folgende Firmen beteiligt: Hanomag, Hannover: Konstruktion und Zusammenbau des Kessels; Preß- und Walzwerk A.-G., Reisholz: Herstellung der Kesseltrommel; Elektrobeheizung, G. m. b. H., Nürnberg: Lieferung der elektrischen Heizeinrichtung; Sempell, M.-Gladbach: Lieferung eines Teiles der Armaturen; Schäffer & Budenberg, Magdeburg-Buckau: Lieferung der Manometer; Rheinhold & Co., Berlin: Lieferung und Herstellung der Isolierung; Weise & Monski, Halle a. S.: Lieferung der Speisepumpe. Das Laboratorium für Techn. Physik ist für diese Unterstützung allen Beteiligten zu besonderem Dank verpflichtet.



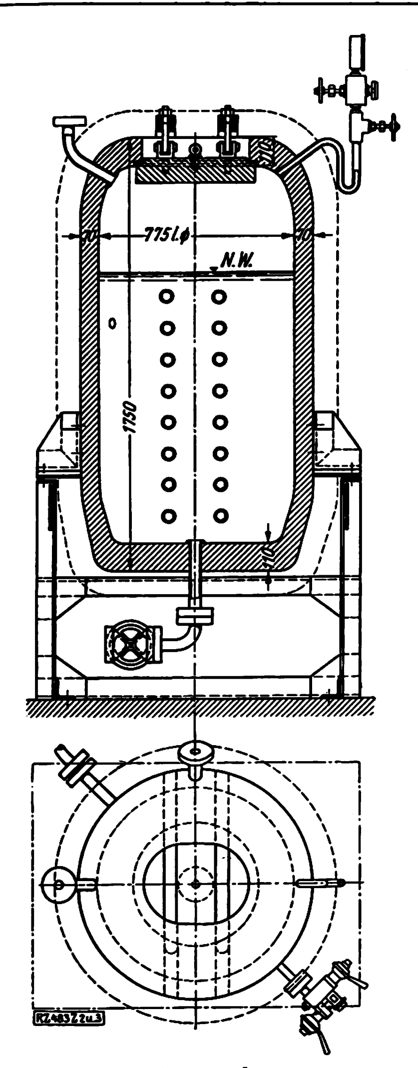


Abb. 2 und 3
Versuchskessel für 120 at im Laboratorium für Technische Physik der Technischen Hochschule München

Probe 1) (Tangentialprobe vom Ende des noch nicht zugekümpelten, nicht geglühten Kessels entnommen) 46 kg/mm² Festigkeit, 19,5 vH Dehnung;
Probe 2) (ebenfalls vom Ende des noch nicht zugekümpelten Kessels entnommen, jedoch mit dem gekümpelten Kessel geglüht und warm gerade gerichtet) 45,9 kg/mm² Festigkeit, 25 vH Dehnung.

Die Kesselausrüstung besteht aus einem Wasserstandzeiger, einem Manometer, einem federbelasteten Sicherheitsventil, einem Dampfentnahmeventil, einem Speiseventil und schließlich dem am Boden sitzenden Ablaßventil. Sämtliche Anschlußstutzen für die Armaturen sind eingeschraubt, gewalzt und gebördelt.

Wie bereits erwähnt, ist der Kessel für elektrische Beheizung eingerichtet. Bei ihrer Ausführung mußte zunächst auf den Anschluß an das vorhandene Gleichstromnetz von 220 V Rücksicht genommen werden. Durch 16 Patronenheizkörper, die je 1,2 kW aufnehmen, können dem Kessel insgesamt 19,2 kW zugeführt werden. Um die unmittelbare Berührung der Heizkörper mit dem Kesselwasser zu verhindern und sie vom Kesseldruck zu entlasten, um außerdem die Heizkörper auch während des Betriebes auswechseln zu können, hat man jede Heizpatrone in einem besonderen, in die Kesselwand eingewalzten und am innenliegenden Ende geschlossenen Siederohr untergebracht. Die Weite dieser Rohre beträgt 34 mm und ist derart bemessen, daß sie zur Erzielung eines guten Wärmeübergangs durch die Heizpatrone gut passend ausgefüllt wird.

Die aus den Siederohren ragenden Köpfe der Heizpatronen tragen je drei Anschlußklemmen, die zur Stromzuführung zunächst mit einem kleinen Klemmbrett und von dort aus mit dem eigentlichen Schaltpult, s. Abb. 1, rechts, verbunden sind. Mit Rücksicht auf die verlangte weitgehende Regelbarkeit sind je vier Heizpatronen zu einer Gruppe zusammengefaßt, deren Stromaufnahme vom Schaltpult aus mittels Reihenparallelschalter in drei Stufen verändert werden kann. Zur Feineinstellung kann schließlich durch einen seitlich am Schaltpult angebrachten Schiebewiderstand auch die Stromaufnahme einer Stufe der einen Gruppe vermindert werden. Am Schaltpult befinden sich außerdem die Meßgeräte für Spannung und Stromstärke, weiter ein durch ein dünnes Kupferrohr mit dem Kessel verbundenes größeres Präzisionsmanometer[2]), so daß die zur Einstellung und Einhaltung eines gleichmäßigen Kesseldrucks notwendigen Vorrichtungen leicht überwacht und bedient werden können.

Wie die Heizung, muß auch die Speisung des Kessels weitgehend und leicht regelbar sein und ihm jeweils dasselbe Gewicht an Wasser zuführen, das an Dampf daraus entnommen wird. Diesen Zweck erfüllt eine elektrisch angetriebene einfachwirkende Tauchkolbenpumpe mit 15 mm Dmr. und 60 mm Hub; bei der Nenndrehzahl von 80 Uml./min fördert sie 50 l/h. Die Fördermenge soll in erster Linie durch die Drehzahl des Motors eingestellt werden; er ist deshalb mit einem Regelanlasser versehen und kann außerdem zur Erzielung eines völlig gleichmäßigen Ganges an die Akkumulatorenbatterie des Laboratoriums angeschlossen werden. Zur Feineinstellung der Pumpenleistung dient schließlich ein Umlaufnadelventil.

Damit man nötigenfalls dem Kessel eine größere Dampfmenge entnehmen kann, als mit der eingebauten elektrischen Heizung allein erzeugt werden kann, wurde zwischen Kessel und Speisepumpe noch ein elektrisch beheizter Speisewasservorwärmer, wie aus Abb. 1 ersichtlich, eingebaut.

Die bis jetzt angestellten Vorversuche an dem Hochdruckkessel berechtigen zu der Annahme, daß er sich für die Durchführung der Versuche zur Bestimmung der spezifischen Wärme des Wasserdampfes bis zum angegebenen Höchstdruck gut eignen wird; bei der Veröffentlichung der Versuchsergebnisse wird hierüber noch berichtet werden.

München [M 483] E. Raisch und We. Koch

[2]) War zur Zeit der Aufnahme des Lichtbildes noch nicht eingebaut.

Wärme

Wärmeübergang und Turbulenz

Verbindung der Wärmeaustauschformel mit der Strömungsgleichung. Beziehung zwischen den beiden Zahlenbeiwerten. Prüfung durch die Versuchsergebnisse von Nußelt.

Strömt ein Gas von der Temperatur T im Achsenabstand z durch ein Rohr vom Halbmesser r, dessen Wand durch Heizung mit Dampf von außen auf der unveränderlichen Temperatur $T_0 > T$ gehalten wird, so tritt ein Wärmeaustausch mit Erhöhung der Gastemperatur von T_1 auf T_2 ein. Dabei ist das Element $\mathrm{d}Q$ des Wärmeflusses in der Zeiteinheit verhältnisgleich dem örtlichen Temperaturunterschied $T_0 - T$ zwischen der Rohrwand und dem Gas sowie der Fläche $2\pi r\,\mathrm{d}z$ des Teilchens der Rohrwand, also mit einem Beiwert α des Wärmeaustausches

$$\mathrm{d}Q = \alpha(T_0 - T)\,2\pi r\,\mathrm{d}z \quad \text{(1).}$$

Diese Wärme steigert aber auch die Temperatur des in der Zeiteinheit strömenden Gasgewichtes um $\mathrm{d}T$, so daß mit dem Raumgewicht γ, der spezifischen Wärme c_p und der entsprechenden mittleren Stromgeschwindigkeit w dieser Gasmenge auch

$$\mathrm{d}Q = \pi r^2 w \gamma c_p \,\mathrm{d}T \quad \text{(2).}$$

Hierin kann man den nahezu unveränderlichen Wärmewert des strömenden Gasgewichtes durch das bequemer meßbare Produkt aus dem Volumen V in der Zeiteinheit und der spezifischen Wärme der Raumeinheit C_p ersetzen, also mit

$$\pi r^2 w \gamma c_p = V C_p \quad \text{(3)}$$

$$\mathrm{d}Q = V C_p \,\mathrm{d}T \quad \text{(2a)}$$

schreiben.

Nach Gleichsetzen mit dem Wert in Gl. (1) ergibt alsdann die Integration zwischen T_1 und T_2 auf dem Wege $z_2 - z_1 = l$ die Formel

$$\frac{2\pi\alpha r l}{V C_p} = \lg\frac{T_0 - T_1}{T_0 - T_2} \quad \text{(4),}$$

aus der man unter Einführung der gemessenen Temperaturen und des Gasvolumens bei bekannter Größe von C_p den Beiwert α durch den Versuch ermitteln kann.

Die Strömung erfordert aber auch ein Druckgefälle

$$-\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}z} = \frac{\lambda\gamma}{r}\,\frac{w^2}{2g} \quad \text{(5).}$$

Darin ist λ ein Zahlenbeiwert, der mit der absoluten Reynoldsschen Kennzahl $R = \frac{w\gamma r}{g\mu}$ (μ = Zähigkeit) sich derart ändert, daß unterhalb des kritischen Wertes $R_k = 1160$ das Produkt $\lambda R = 16$ beständig bleibt und sich von da einer

Asymptote mit der durch die Rauhigkeit $\lambda = \lambda_0$ gegebenen Neigung nähert[1]). Setzt man statt Gl. (5)

$$\frac{1}{\gamma}\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}z} = \frac{\mathrm{d}L}{\mathrm{d}z} = -\frac{\lambda\, w^2}{r\, 2g} \quad \ldots \ldots . (5a),$$

so bedeutet die linke Seite den Energieverlust der Gewichteinheit auf der Längeneinheit, bedingt durch die Bewegungswiderstände. Die rechte Seite besagt dagegen, daß dieser Verlust dadurch hervorgerufen wird, daß auf der Längeneinheit der Bruchteil $\lambda : r$ der strömenden Gewichteinheit durch den Einfluß der Rohrwand die ganze Wucht der Strömung eingebüßt hat. Das aber ist nur dadurch möglich, daß dieser Bruchteil aus dem Innern des Stromes an die Wand gelangt und dort in Wirbelung gerät.

Außerdem nimmt aber dieser Bruchteil, der die Grenzschicht erfüllt, dort eine Temperatur T' an, die zwischen der jeweiligen Mitteltemperatur T des Gasstromes und derjenigen T_0 der Wand liegt, so daß in erster Annäherung

$$2T' = T_0 + T \quad \ldots \ldots \ldots . (6)$$

ist. Werden die Wirbel mit dieser Temperatur wieder vom Gesamtstrom ergriffen und in diesem aufgelöst, so mischen sie sich derart, daß die Temperatur des Stromes um $\mathrm{d}T$ steigt, so daß auf dem Wege $\mathrm{d}z$

$$\frac{\lambda}{r}(T' - T)\,\mathrm{d}z = \mathrm{d}T \quad \ldots \ldots . (7)$$

oder mit Gl. (6)

$$\frac{\lambda}{2r}(T_0 - T)\,\mathrm{d}z = \mathrm{d}T \quad \ldots \ldots . (7a)$$

wird. Dabei ist die Wärmeentwicklung durch Vernichtung der Strömungsenergie wegen der Geringfügigkeit der entsprechenden Temperaturerhöhung vernachlässigt. Alsdann folgt durch Integration von Gl. (7a) zwischen den Gastemperaturen T_1 und T_2 auf dem Wege $z_2 - z_1 = l$:

$$\frac{\lambda\, l}{2r} = \lg\frac{T_0 - T_1}{T_0 - T_2} \quad \ldots \ldots \ldots (8),$$

wonach man auch den Widerstandsbeiwert λ aus der Temperaturerhöhung bei der Strömung ermitteln kann.

Verbindet man aber Gl. (4) und (8), so ergibt sich unter Ausschaltung der Temperaturen sowie der Meßlänge l

$$\lambda = \frac{4\pi r^2}{C_p}\frac{\alpha}{V} \quad \ldots \ldots \ldots . (9)$$

oder auch mit Gl. (3)

$$4\alpha = \lambda\gamma c_p w \quad \ldots \ldots \ldots . (9a)$$

sowie nach Einführung der Reynoldsschen Kennzahl R und der kinematischen Zähigkeit $\nu = \frac{g\mu}{\gamma}$

$$\alpha = \frac{\lambda R}{4}\frac{\nu\gamma c_p}{r} \quad \ldots \ldots \ldots . (9b)$$

für den Zusammenhang zwischen der Wärmeaustauschzahl α mit dem Widerstandsbeiwert λ und der Stromgeschwindigkeit w. Doch ist noch zu beachten, daß sich im allgemeinen nach der obigen Bemerkung λ mit R, also auch mit w nach der Turbulenzgleichung ändert, was streng genommen bei der Integration von Gl. (6) hätte berücksichtigt werden müssen, bei kurzer Meßstrecke dagegen wenig ins Gewicht fällt.

Zur Prüfung der vorstehenden Ergebnisse stehen nun Versuche von W. Nusselt[2]) zur Verfügung, bei denen Luft bei Drücken zwischen 1 und 16 at mit Geschwindig keiten von 0,3 bis 30 m/s und Temperaturänderungen zw schen 17 und 86 ° in einem mit Dampf von rd. 102 ° vo außen geheizten glatten Messingrohr von 1,1 cm innere und 1,3 cm äußerem Halbmesser strömte. Die Abhängigke des Beiwertes α von w zeigt fast genau denselben Verla wie die Turbulenzkurven[3]) der Abhängigkeit $\lambda R = f(R$ woraus schon Nusselt auf die Verwandtschaft beider Vo gänge schloß.

Im Turbulenzbereich ergab sich nun im Mittel das Ve hältnis $\alpha : V \approx 2$, wobei für alle Versuche V in m³ auf 1 bei 15 ° bezogen war. Mit $C_p = 0{,}3$ und $\pi r^2 = 3{,}8$ cm² fol dann mit Gl. (9) fast genau:

$$\lambda = 0{,}01$$

in bester Übereinstimmung mit bekannten Versuchserg nissen aus dem Druckabfall bei turbulenter Strömung. I kritische Reynoldssche Kennzahl $R = 1160$ entspricht für Nusseltsche Versuchsanordnung einer kritischen Strö geschwindigkeit von rd. $w = 1{,}6$ m/s. Unterhalb dieser schwindigkeit, also im laminaren Bereich, erhielt Nuss unabhängig von w für die mittlere Wärmeübergangzahl Luft von rd. 1,14 at $\alpha = 7{,}5/3600$ kcal/m²s °C, wobei Mitteltemperatur von 70 ° die kinematische Zähigk $\nu = 20 \cdot 10^{-6}$ m²/s sowie ein Raumgewicht von 1,15 kg zugehörte. Damit liefert Gl. (9 a) mit $c_p = 0{,}24$

$$\lambda R = \frac{4\alpha r}{\nu\gamma c_p} = 15{,}4,$$

während nach der Strömungstheorie $\lambda R = 16$ für die minare Bewegung sein sollte.

Diese gute Übereinstimmung im laminaren Berei die sich nach den Nusseltschen Schaubildern wegen der P portionalität von α mit dem Raumgewicht γ auch auf höheren Drücke erstreckt, scheint zunächst überraschend, die Formeln nur für die Turbulenz abgeleitet wurden. wird aber dadurch erklärlich, daß der Zusammenhang z schen α und λ auch den kritischen Zustand umfaßt, unterh dessen nach den Lehren der kinetischen Gastheorie zwisc dem Beiwerte der Wärmeleitung und der inneren Reibu Verhältnisgleichheit herrschen muß, während anders dort das Produkt λR von der Geschwindigkeit unabhän bleibt. Eine Abweichung von der Theorie besteht nur sofern, als die Nusseltschen Schaubilder für α im Geg satz zu denen für λR, die aus dem Druckgefälle für kritischen Zustand abgeleitet wurden, keine Unstetigkeit kennen lassen. Sieht man hiervon ab, so bestätigen die V suche den Zusammenhang, Gl. (9), bzw. (9 a) mit (9 b), Wärmeübergangzahl mit dem Widerstandsbeiwert im gan Strombereich, womit wenigstens für Gase auch die la gesuchte **Abhängigkeit des Wärmeübergang von der Stromgeschwindigkeit** gegeben während der Einfluß der Oberflächenbeschaffenheit der W in dem Beiwerte λ steckt[4]), der sich mit steigender schwindigkeit der Wandrauhigkeit λ_0 nähert. [N 440

Danzig H. Loren

[1]) Lorenz, Das Turbulenzproblem für das gerade Kreisrohr, Phys. Z. Bd. 26 (1925) S. 557 u. Ergänzungsheft „Techn. Mechanik" der Z. Bd. 69 (1925) S. 29.

[2]) Nusselt, Der Wärmeübergang in Rohrleitungen, Z. Bd. 54 (1909) S. 1750. Außerdem liegen noch Versuche von Poensgen „Ueber die Wärmeübertragung von strömendem überhitztem Wasserdampf an Rohrwandungen und von Heizgasen an Wasserdampf" Z. Bd. 60 (1916) S. 27 u. 47 vor, die mit denen von Nusselt gut übereinstimmen.

[3]) Lorenz a. a. O.

[4]) Vergl. Auerbach u. Hort, „Handbuch d. phys. u. te Mechanik" Leipzig 1927, Artikel „Strömung und Turbulenz" H. Lorenz. Bd. V, S. 157, der eine Zusammenfassung der bisher Turbulenzforschungen darstellt.

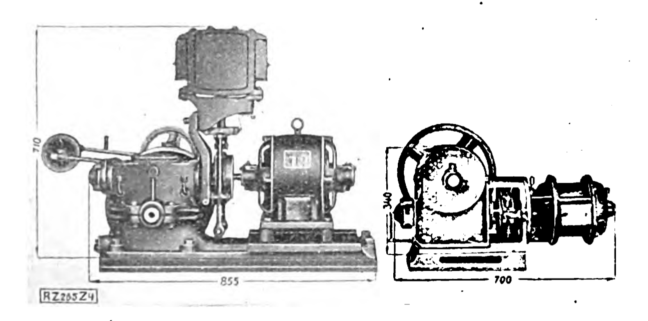


Abb. 7
Aufzugmaschinen von gleicher Leistung. Ausführungen mit verschiebbarem Anker (rechts) und mit Bremsmagneten (links). Das Bild zeigt die Raumersparnis der neuen Ausführung.

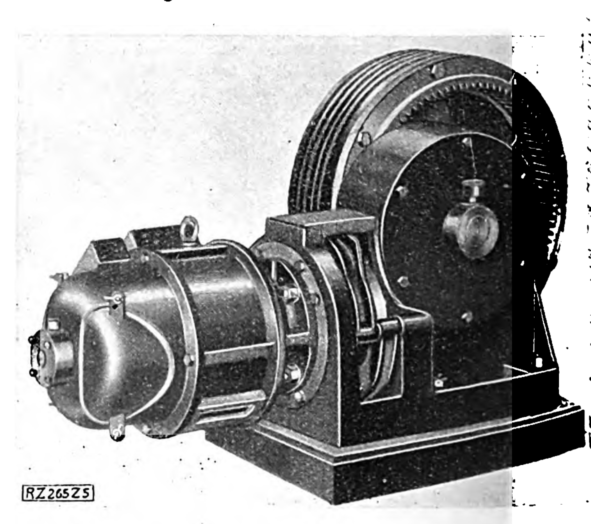
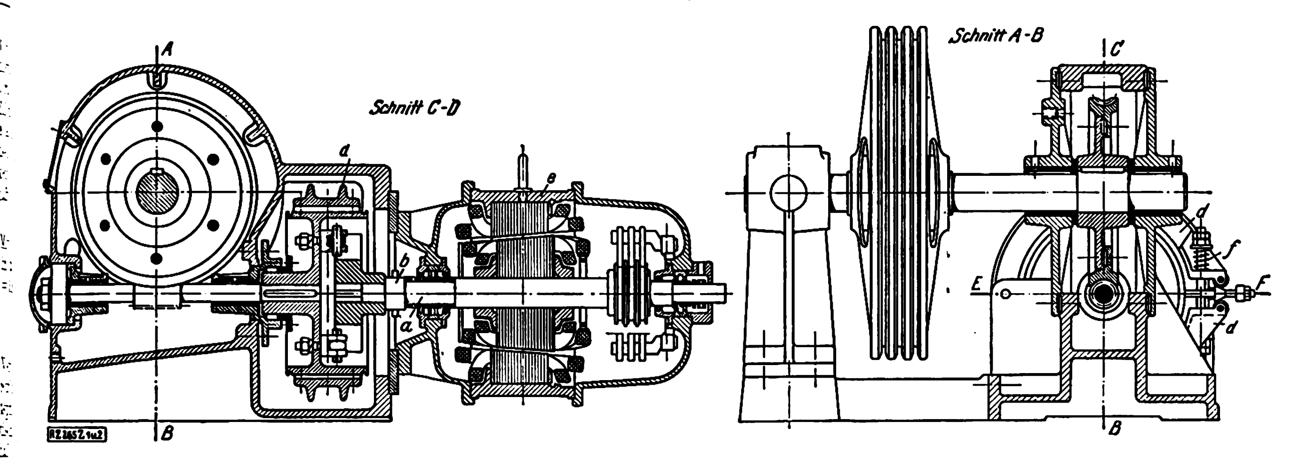


Abb. 8
Schwere Ausführung der Aufzugmaschine mit verschiebbarem Anker und mit Vorgelege.



Hebezeuge

Neuartige Aufzugmaschine

Eine neue Aufzugmaschine von Carl Flohr, A.-G., Berlin, weicht von andern Ausführungen dadurch ab, daß zum Antrieb ein Elektromotor mit verschiebbarem Anker gewählt wurde.

Die Motoren mit verschiebbarem Anker sind an sich bekannt. Sie werden z. B. in der Kraftwagenindustrie als Anlaßmotoren verwendet. Die axiale Schubkraft im Anker wird dadurch hervorgerufen, daß man dem Anker und den Feldmagneten eine kegelige Form gibt, so daß beim Erregen der Maschine der Anker im Sinne des zulaufenden Kegels in das Feld hineingezogen wird. Der axiale Druck wird hierbei durch Kugellager aufgefangen, weitere Reibungsverluste treten infolgedessen nicht auf.

Bei der neuen Aufzugmaschine, deren Aufbau aus Abb. 4 bis 6 zu ersehen ist, wird nun die axiale Schubkraft zum Lüften der Bremse ausgenutzt. Auf der verlängerten Motorwelle *a* sitzt eine Hülse *b*, die über Kniehebelgelenke *c* die Bremsbacken *d* lüftet, sobald der Motor *e* einen Stromstoß bekommt und der Anker sich verschiebt. Wird die Maschine stromlos, so drückt eine Feder *f* den Anker in seine ursprüngliche Lage zurück und schließt damit gleichzeitig die Bremse.

Durch diese Anordnung werden die bisher verwendeten Bremsmagnete überflüssig. Dies bedeutet eine wesentliche Ersparnis an Raum und eine Erhöhung der Betriebssicherheit. Die Bremsmagnete mußten in örtlicher Trennung vom

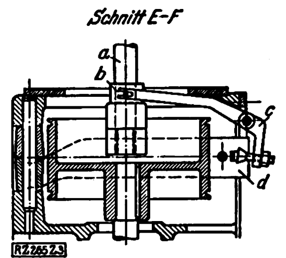


Abb. 4 bis 6
Aufzug-Maschine von Carl Flohr A. G., Berlin
a verlängerte Motorwelle
b Hülse
c Kniehebelgelenk
d Bremsbacken
e Motor
f Feder

Motor angeordnet werden, erforderten daher elektrische Verbindungsleitungen, die häufig Anlaß zu Störungen gaben und außerdem waren sie selbst, besonders bei verstärktem Betrieb, oft genug die Quelle von Betriebstörungen. Das mit dem Ansprechen der Bremsmagnete auftretende Geräusch fällt bei der beschriebenen Aufzugmaschine ebenfalls fort. Die Raumersparnis, die gegenüber der Ausführung mit Bremsmagneten erreicht wird, ist aus Abb. 7 zu ersehen.

Bei Gleichstrombetrieb ist ein Durchgehen der Maschine infolge Ausbleiben des Feldes, wie es bei gewöhnlichen Maschinen vorkommen kann, ausgeschlossen, da in diesem Falle der Anker in seine anfängliche Stellung zurückgedrückt und damit die Bremse geschlossen wird.

Abbildung 8 zeigt eine schwere Ausführung der Maschine mit Vorgelege zum Antrieb größerer Aufzüge. Die neue Maschine eignet sich besonders für den einfachen Personenaufzug von mittelhohen Mietshäusern.

[M 265] E. M.

Kleine Mitteilungen

Luftverkehr in der Schweiz 1926

Das internationale Luftverkehrsnetz der Schweiz setzte sich im Jahre 1926 aus 14 Strecken zusammen, auf denen von den Flugzeugen zweier schweizerischer Luftverkehrsgesellschaften: Ad Astra (Schweizerische Luftverkehrs A.-G., Zürich) und Balair (Basler Luftverkehrs A.-G., Basel) und drei anderen Gesellschaften: der deutschen Lufthansa A.-G., Berlin, der Imperial Airways, Ltd., London, und der Air Union, Paris, 793 500 km zurückgelegt wurden. 96 von hundert fahrplanmäßig angesetzten Flügen wurden tatsächlich ausgeführt, 80,6 vH verliefen pünktlich. Auf den Verkehrsflugstrecken ereignete sich kein Unfall, der nachteilige Folgen für die Insassen der Luftfahrzeuge gehabt hätte. Nach weiteren Angaben der Schweizerischen Gesandtschaft verwenden die Schweizer Luftverkehrsgesellschaften Junkers-Flugzeuge (Bauart F 13) und Fokker-Flugzeuge (Bauart F II und F III). Es gibt dort vier Verkehrsflughäfen: Zürich-Dübendorf, Basel-Birsfelden, Genf-Cointrin, Lausanne-Blécherette. („Schweizerische Bauzeitung" 9. Juli 1927 S. 21) [N 651 a] Gw.

Brückenauswechslung ohne Unterbrechung des Verkehrs

Auf der Eisenbahnstrecke Bordeaux—Paris wird gegenwärtig bei Cabariot, in der Nähe von Rochefort, eine neue Brücke gebaut. Um den wichtigen Verkehr auf dieser Strecke nicht zu unterbrechen, beschloß man, die alte Brücke von 85 m Länge und 8,8 m Breite auf einmal zu entfernen und an die Stelle zu setzen, über die während des Baues der neuen Brücke der Verkehr geführt werden sollte. Die rd. 400 t schwere Brücke wurde mit Hilfe von vier Kranen so umgesetzt, daß die Züge binnen einer Stunde umgeleitet werden konnten. („The Engineer" 8. Juli 1927 S. 41) [N 651 b] Sd.

Schnellaufende Dieselmotoren in England

Die diesjährige Ausstellung der Royal Agricultural Society in Newport bedeutet einen großen Erfolg für die in Deutschland entwickelten Bauarten von schnellaufenden Fahrzeug-Dieselmotoren. John Fowler & Co., Leeds, stellte einen Motor-Seilpflug von 70 PS aus, zu dessen Antrieb ein MAN-Dieselmotor der bekannten Bauart diente. Die Firma soll sich aber noch abwartend zur Frage der Verwendung von Dieselmotoren für Kraftpflüge verhalten, obgleich Versuche in ihren eigenen Werkstätten als Brennstoffverbrauch 220 bis 280 g/PSh ergeben haben. Auch die bekannten sonstigen Vorteile dieses Motors, das Anspringen aus dem kalten Zustande, die offenen Düsen, die Ausschaltbarkeit von Zylindern bei kleiner Last werden bestätigt. Auf dem Stande von J. & H. Mc Laren, Leeds, waren eine Motor-Seilwinde für Pflüge mit 60/70 PS-Benz-Dieselmotor und eine Straßenwalze mit 30/35 PS-Benz-Dieselmotor ausgestellt, die bei Vergleichsversuchen gegenüber Maschinen mit Benzin- und Dampfantrieb günstige Ergebnisse geliefert haben sollen. („The Engineer" 8. Juli 1927 S. 38/40*) [N 651 c] H.

Elektrische Maschinen aus geschweißtem Stahl

Die General Electric Co. stellt neuerdings viele Teile elektrischer Maschinen aus Walzstahl statt aus Gußeisen oder Stahlguß her. So werden z. B. die Ständergehäuse aus Stahlblech von entsprechender Dicke gebogen; bei kleineren

Maschinen werden diese Bleche zu einem vollen Kreis gebogen und an den Enden verschweißt; bei größeren Maschinen mit geteilten Gehäusen werden die Platten zu Viertel- und Halbkreisen gebogen. Die Füße und die Flanschen zum Zusammenschrauben werden angeschweißt. In ähnlicher Weise werden Grundplatten, Lagerböcke, Läufersterne usw. aus gewalztem Stahl zusammengeschweißt. Besondere Vorteile ergeben sich bei großen Maschinen, die einzeln hergestellt werden; man vermeidet Modell- und Gußkosten und spart Herstellungszeit. Kleine Schweißungen werden mit der Hand, größere auf einer selbsttätigen doppelten Lichtbogen-Schweißmaschine ausgeführt, wobei die Schweißgeschwindigkeit rd. 150 mm/min beträgt. Die Schweißer werden sorgfältig ausgewählt und geschult. („Electrical World" 2. Juli 1927 S. 43 und „The Iron Age" 30. Juni 1927 S. 1881) [N 651 d] Pa.

Ultraviolettes Licht in Brauereien

Auf der letzten Sitzung der Britischen pharmazeutischen Konferenz in Brighton teilte Dr. G. S. Ellis (Hove) mit, daß durch ultraviolette Strahlen bei der Herstellung von Bier die Zeit für die Gärung um 25 vH abgekürz werden konnte. Sie fand bei niedrigerer Temperatur statt die Aktivität der Hefe war größer, die Güte des Bieres wa viel besser und blieb länger erhalten. („The Electrica Review" 1. Juli 1927 S. 22) [N 651 e] Pa.

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Neue Wilhelmstr. 4, bezogen werden. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 3501)

Thermodynamik. Von Max Planck. 8. Aufl. Berlin und Leipzig 1927, Walter de Gruyter & Co. 287 S. m. 5 Abb. Preis 11,50 *M*.

Das vorliegende Buch geht, ohne das Wesen der Wärme und die physikalischen Zusammenhänge mit den anderen Energieformen näher zu behandeln, von einigen allgemeinen Erfahrungstatsachen aus, namentlich von den beiden Hauptsätzen der Wärmelehre, und entwickelt hieraus die wichtigsten physikalischen und chemischen Sätze. Zunächst werden die Grundtatsachen und Begrifferklärungen für Temperatur, Molgewicht und Wärmemenge erläutert, dann die beiden Hauptsätze der Wärmetheorie aufgestellt und bewiesen, endlich die Anwendungen auf die besondern Gleichgewichtszustände ausführlich besprochen. Die vorliegende achte Auflage ist, dem heutigen Stande der Wissenschaft entsprechend, gründlich überarbeitet worden. Hierbei hat der Verfasser namentlich dem Beweis für den zweiten Hauptsatz eine andre Fassung gegeben, indem er ihn, anstatt wie bisher auf ideale Gase, von vornherein auf beliebige Körper bezieht. Auch der Abschnitt über die Thermodynamik starkdissoziierter Elektrolyte wurde ergänzt, unter Berücksichtigung der neueren Arbeiten von Debye und Hückel.
[E 446] Pt.

Einführung in die chemische Technologie der Brennstoffe. Herausgeg. von Edm. Graefe. Dresden und Leipzig 1927, Theodor Steinkopff. 197 S. m. 91 Abb. Preis 11,50 *M*.

Die Absicht des Herausgebers war, den gegenwärtigen Stand der Technik auf dem Gebiet der Brennstoffverwendung und Brennstoffveredlung zu schildern. Namentlich für den Studierenden und den in der Praxis stehenden Ingenieur soll das Buch ein Helfer sein und einen kurzen, aber umfassenden Überblick über das weite Gebiet der Brennstoffkunde geben.

Diese Aufgabe erfüllt das Werk in vollem Umfange. Dadurch, daß die einzelnen Sondergebiete von bewährten Fachleuten bearbeitet wurden, ist die Gewähr gegeben, daß alle wichtigen Fragen und Gesichtspunkte eingehend behandelt sind. Dabei ist trotz aller Gründlichkeit eine allzusehr ins Einzelne gehende Betrachtung vermieden. So erfüllt das Buch seinen Zweck, den Studierenden in das ihm noch fremde Gebiet einzuführen; für den praktisch tätigen Ingenieur ist es ein wertvolles Nachschlagewerk, das ihm auf alle grundsätzlichen Fragen Antwort gibt.

In zehn Kapiteln werden von den Verfassern, Dr. Menzel, Dipl.-Ing. Schreiber, Dr. Schroth, Prof. Gräfe, Prof. Keppeler, Dr. Kißling und Dr. Aufhäuser die Theorie der Verbrennung und Vergasung, die Aufbereitung und Veredlung der festen und flüssigen Brennstoffe, die Gaserzeugung und die Prüfung der Brennstoffe behandelt. Papier, Druck und Ausstattung sind einwandfrei.
[E 317] Praetorius

V. Tagung des Allgemeinen Verbandes der Deutschen Dampfkessel-Überwachungs-Vereine am 7. und 8. September 1926 zu Zürich. Berlin 1927, VDI-Verlag. 132 S. m. 178 Abb. Preis 16 *M*.

Die Tagungen des Allgemeinen Verbandes erhalten dadurch ihre besondere Note, daß an ihnen Vertreter aller am Dampfkesselwesen irgendwie beteiligten Kreise teilnehmen, so daß sich dabei Gelegenheit zum Erfahrungsaustausch über alle Fragen neuzeitlicher Dampftechnik auf breitester Grundlage bietet. Werkstoffe, Bau und Betrieb sind die Hauptpunkte der Erörterung. Eine Aufzählung aller Vorträge überschreitet den gebotenen Raum. Behandelt werden u. a. Speisewasser- und Laugenfrage, Berechnung von Kesselteilen, Vorwärmung, Wasserumlauf, Leistungs- und Wirtschaftlichkeitsfragen, Werkstoffe, Betriebsergebnisse, Meßverfahren, Hochdruck und gesetzliche Vorschriften, kurz, das ganze Gebiet der Dampferzeugung in einer die Probleme tief e fassenden Darstellungsweise. Ein besonderes Verdienst d Allgemeinen Verbandes und seines Vorsitzenden, Staatsra von Bach, ist es, daß diese Tagungen dem Ziele diene durch Aussprache zwischen Herstellern, Besitzern und Übe wachern von Dampfkesseln zur Klärung neuzeitlicher Frag beizutragen, die der Sicherheit und dem technischen Fo schritt zugute kommt. Jeder, der in der Dampferzeugu und -verwertung tätig ist, wird sich die in den Verhan lungen vorgebrachten neuesten Erkenntnisse zu eigen mach müssen. [E 600] Spr.

Bibliothek der gesamten Technik, 261. Bd.: Galvanotechni (Galvanostegie und Galvanoplastik.) Von H. Kraus 4. neubearb. Aufl. Leipzig 1927, Max Jänecke. 217 S. 25 Abb. Preis 4,25 *M*.

Als Leitfaden für den Unterricht an der Staatlich Fachschule für Metallindustrie zu Iserlohn und deren Meist kurse schrieb Krause ursprünglich sein jetzt in 4. Aufla vorliegendes Buch. Er setzt keine Vorkenntnisse vora behandelt die theoretischen Grundlagen klar und verständli für jedermann und bietet dem Praktiker erprobte Vorschi ten für galvanische Bäder. Neu ist die „Erläuterung einig wichtiger Begriffe aus der Elektrochemie" eingefügt, „de Kenntnis für den Mann der Praxis zwar nicht unbedingt forderlich ist, die man aber in Abhandlungen der Fa literatur angewendet findet und zu deren Verständnis nö hat". Der ganze Stoff ist in 15 Abschnitte gegliedert. einem von ihnen werden auch Vorsichtsmaßregeln und er Hilfe bei Vergiftungen kurz behandelt. Der ziemlich kna gehaltene Abschnitt über Verchromung ist im Sachregis nicht aufgeführt. Für den Leser wäre es leichter, die Literaturverzeichnis angegebenen Bücher zum Nachlesen ermitteln, wenn in Zukunft bei ihnen Erscheinungsjahr, V lagsort und Verleger genannt würden. Das Buch ist ausgestattet. [E 341] N

Der Spritzguß und seine Anwendung. Bearbeitet v Ausschuß für Spritzguß beim Ausschuß für w schaftliche Fertigung (AWF) unter Mitarbeit der De schen Gesellschaft für Metallkunde. Berlin 1927, Beu Verlag. 40 S. m. 25 Abb. Preis 1,50 *M*.

Das Heft ist aus der Gemeinschaftsarbeit führen Fachleute entstanden. Ein einführender Aufsatz gibt kl schematische Darstellungen der verschiedenen Arten Maschinen, die zur Herstellung von Spritzgußteilen dien Die Frage des Werkstoffes ist im zweiten Abschnitt beh delt. Die Eigenschaften der verschiedenen verarbeitba Legierungen sind in Schaulinien zusammengestellt. Ri linien für die Konstruktion und Formgebung mit Rücksi auf das Herstellungsverfahren gibt der nächste Abschn während im Schlußaufsatz an Beispielen die Herstellkos von Spritzguß im Vergleich zu mechanischer Bearbeit und in Abhängigkeit von der Stückzahl berechnet werd

Bei dem Mangel an brauchbarem Schrifttum über Spr guß ist das Heft, das in seiner klaren, knappen und üb sichtlichen Form doch das Wichtigste enthält, was über Gebiet zu sagen ist, zu begrüßen.
[E 571] Hä

Zur Frage des Schiffswiderstandes. Von Ch. Doyè Übers. von Walther Meienreis. Berlin 1927, Jul Springer. 34 S. m. 10 Abb. Preis 7,50 *M*.

Den Schiffswiderstand hat man in letzter Zeit für v einfachte Fälle hinsichtlich der Grenzwerte angenähert ri tig berechnet. Für die Abschätzung des Widerstandes licher Schiffsformen ist der Schiffbauer jedoch auch he noch auf die bei Modellversuchen und Probefahrten gew nenen Erfahrungen angewiesen. Modellversuche sind

den Leitern der Schleppversuchsanstalten in großer Menge veröffentlicht worden, auch Probefahrtergebnisse werden gelegentlich bekannt gegeben. Verhältnismäßig wenig ist über die Übereinstimmung der Modell- und Probefahrtergebnisse berichtet worden. Um so mehr ist es zu begrüßen, wenn ein Mann wie Doyère, der Chefkonstrukteur der französischen Marine, zu dieser Frage kritisch Stellung nimmt und Anhaltspunkte für die Ermittlung des Schiffswiderstandes sowie der Schraubenabmessungen angibt. Seine Betrachtungen gründen sich hauptsächlich auf Modellversuche mit Kreuzern, wie sie gerade heute in Deutschland gebaut werden. Dies dürfte auch mit der Grund sein, weshalb Meieneis die 1918 erschienene Arbeit von Doyère ins Deutsche übertragen hat. Besonders anschaulich ist die von Doyère gewählte Darstellung des Formwiderstandes bei verschiedenen Geschwindigkeiten, bezogen auf die Tonne Verdrängung in Abhängigkeit des unbekannten Wertes $\frac{L}{D^{1/3}}$, die in einfacher Weise zur Ermittlung des Formwiderstandes von Neuentwürfen benutzt werden kann. [E 580] W. S.

Schiffsbergung. Schiffshavarien, Bergung und Hebung von gesunkenen Schiffen. Von E. Grundt, S. I. Lavroff, K. Nechajew. Berlin 1927, R. C. Schmidt & Co. 315 S. m. 167 Abb. Preis 22 *M.*

So verschieden die Schiffsunfälle an sich sind, so mannigfach sind auch die Versuche, das Verlorengegangene zu retten. Bis jetzt ist über das Bergungswesen meist nur an Hand der Einzelfälle in Fachzeitschriften berichtet worden, und es ist das Verdienst der Verfasser, diese zerstreute Literatur gesammelt und zu einer Übersicht über das ganze Gebiet planmäßig zusammengestellt zu haben.

Nach der Einleitung, die im wesentlichen die Stabilität für die in Frage kommenden Zustände behandelt, folgt die eingehende Beschreibung der Bergungsmittel. Die einzelnen Bergungen sind nach den angewendeten Bergungsweisen oder -mitteln geordnet und behandelt, und es ist zu begrüßen, daß auch einiges über die Verwertung des Wracks und die Regelung des Eigentumsrechtes sowie der Entschädigungen mit aufgenommen worden ist.

Eine kurze Übersicht über die deutschen Patente und über das Schrifttum auf diesem Gebiet bilden den Abschluß dieses Buches, das zweifellos zur besseren Beurteilung der im Einzelfalle zu ergreifenden Maßnahmen beitragen wird. [E 530] Ls.

Philosophie der Technik. Von Friedrich Dessauer. Bonn 1927, Friedrich Cohen. 180 S. Preis 5 *M.*

Versteht man unter Philosophie eine strenge Wissenschaft und nicht Dichterwerk, so wird man die Wahl des Titels nicht ganz billigen können. Eine Reihe zweifellos hier, von höherer Warte aus gewonnener Einzelbeobachtungen aus dem Leben der Technik kann doch nicht darüber hinwegtäuschen, daß den schönen, schwungvollen Worten die eigentliche Begründung fehlt. Das ist hier um so störender, als sich das Buch doch schließlich auch an den Techniker wendet. Was aber soll dieser mit Sätzen anfangen, wie auf Seite 73 des Dessauerschen Buches, wo vom Wesen der technischen Erfindung die Rede ist, und wo es u. a. heißt: „Der Sachverhalt läßt sich auch so ausdrücken, daß die subjektive getrübte, von der Empirie abstrahierte „Aristotelische" Idee sich der idealen Lösungsform als „absolute" Idee (platonisch-augustinische Idee), die zeitlos „im vierten Reich" bereit liegt, nähert und sich bei dieser Näherung klärt . . ." Ebensoviel verlangt ist es, vom Leser das Verständnis für folgenden Satz (S. 74) zu fordern: „Das Flugzeug als Ding an sich steckt in der absoluten Idee und kommt in die Erfahrungswelt als neues eigengesetzliches Wesen, wenn die subjektive Idee des Erfinders sich dem Sosein des Dinges in der absoluten Idee genügend nähert".

Man sieht, der Begriff der „Idee" steht stark im Vordergrunde der Betrachtungsweise. Der Verfasser sagt darüber: „Die Untersuchung des Gegenstandes ‚Technik' ergibt, daß es sich um die Realisation gewisser Ideen handelt, jener nämlich, die mit Naturgesetzen erfüllbar sind . . . Das führt in die Nachbarschaft platonischer Lehren. Also: Die Untersuchung führt dorthin, das heißt, sie geht nicht davon aus." — Für alle aber, die den Kreisen der neueren Naturwissenschaft, der Naturphilosophie, der positivistischen Philosophie, der Erfahrungsphilosophie usw. angehören, und das ist sicher die weitaus größte Mehrzahl der Naturwissenschaftler und der Techniker, ist die Nachbarschaft „Platonischer Ideen" nicht eben behaglich, und von ihnen wird der Dessauersche Gedankengang sicher abgelehnt werden müssen.

Dessauer ist ein Künstler des Wortes. Das verführt ihn oftmals dazu, über die Probleme hinwegzuplaudern, mehr zu überreden als zu überzeugen. So ist denn das „Vierte Reich", das Reich, worin die technischen Ideen bereit liegen, sicherlich ein schönes und geistreiches Bild; es muß aber bezweifelt werden, ob Dessauer mit seiner „kritischen Metaphysik" (S. 34) mehr erreicht als Hegel und Schopenhauer, die er ablehnt, in deren Fußstapfen er dennoch immer wieder wandelt. [E 616] Geisler

J. C. Poggendorffs biographisch-literarisches Handwörterbuch für Mathematik, Astronomie, Physik, Chemie und verwandte Wissenschaftsgebiete. 5. Bd.: 1904 bis 1922. 2. Abt.: L bis Z S. 697 bis 1423. Herausgeg. von der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig. Red. v. P. Weinmeister. Leipzig und Berlin 1926, Verlag Chemie. Preis 80 *M.*

Dieser neu erschienene fünfte Band setzt nach jahrzehntelanger Pause das Werk fort. In alphabetischer Folge sind die Namen von Männern aufgeführt, die eine größere Zahl wissenschaftlicher Arbeiten veröffentlicht haben; auch das Ausland wird weitgehend berücksichtigt. Die einzelnen Abschnitte enthalten kurz die wichtigsten biographischen Angaben und die Titel aller Veröffentlichungen, die in Zeitschriften oder als selbständige Bücher erschienen sind. Als Quellen dienten eigene Mitteilungen, bei Verstorbenen Mitteilungen der Verwandten und weiter das einschlägige in- und ausländische Schrifttum. Für biographische Forschungen ist dieses Handwörterbuch ein unentbehrliches Nachschlagewerk. [E 570] Bb.

Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, 292. Heft: **Krümmungen zylindrischer Kesselteile während des Betriebes.** Von P. Rönne. Berlin 1927, VDI-Verlag. 43 S. m. 52 Abb. Preis 5 *M.*
Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 963.

Werkzeuge und Werkzeugmaschinen. Von Ernst Preger. 7. Aufl. Leipzig 1927, Max Jänecke. 572 S. m. 677 Abb. Preis 12,60 *M.*

Die Teilung der Zahnräder und ihre einfachste rechnerische Bestimmung. Von G. Hönnicke. Berlin 1927, Julius Springer. 115 S. m. 26 Abb. Preis 6 *M.*

Versuchsergebnisse des Versuchsfeldes für Maschinenelemente der Technischen Hochschule zu Berlin, 6. H.: **Untersuchung von Kraftwagenkupplungen.** Von E. vom Ende. 31 S. m. 34 Abb. **Versuche mit Rutschkupplungen.** Von G. Weber. S. 33 bis 48 m. 44 Abb. München und Berlin 1927, R. Oldenbourg. Preis 5 *M.*

DIN-Taschenbuch 10: **Schrauben, Muttern und Zubehör.** Berlin, Juli 1927, Beuth-Verlag. 330 S. m. zahlr. Abb. Preis 6 *M.*

Vorlesungen über Technische Mechanik. Von Aug. Föppl. 3. Bd.: Festigkeitslehre. 10. Aufl. Berlin 1927, B. G. Teubner. 451 S. m. 114 Abb. Preis 16,60 *M.*

Sammlung Göschen, 957. Bd.: **Elastizitätslehre für Ingenieure.** 2. T. Von Max Ensslin. Berlin und Leipzig 1927, W. de Gruyter & Co. 120 S. m. 44 Abb. Preis 1,50 *M.*

Forschungsarbeiten aus dem Gebiete des Ingenieurwesens, 294. Heft: **Anlaßvorgänge in abgeschreckten Kohlenstoffstählen.** Von L. Traeger. Berlin 1927, VDI-Verlag. 20 S. m. 34 Abb. Preis 3,80 *M.*
Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 891.

Festigkeitsuntersuchungen zur Normung der Stahl-Aluminium-Seile. Herausgeg. vom Verband Deutscher Elektrotechniker. Bearb. von Gustav Berling u. Willy Rößler. Berlin 1927, VDI-Verlag. 12 S. m. 25 Zahlentaf. Preis 0,80 *M.*
Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 884.

Technologie der Textilfasern. Herausgeg. v. R. O. Herzog. 7. Bd.: Kunstseide. Berlin 1927, Julius Springer. 354 S. m. 203 Abb. Preis 33 *M.*

Sammlung Göschen, 136. Bd.: **Physikalische Formelsammlung.** Von G. Mahler. 5. Aufl. von K. Mahler. Berlin u. Leipzig 1927, W. de Gruyter & Co. 162 S. m. 71 Abb. Preis 1,50 *M.*

Chemische Technologie der Neuzeit. Von Otto Dammer. 2. Aufl. Herausgeg. von Franz Peters. Stuttgart 1927, Ferdinand Enke. 3. Bd. 9. Lfg. S. 769 bis 936 m. Abb. Preis 12 *M.*

Der Automobil-Transport. Von A. Liliendahl. Berlin 1927, M. Krayn. 150 S. m. 27 Abb. Preis 10 *M.*

Handbuch der Automobil-Reparatur. Von Walter Pfeiffer. Berlin 1927, M. Krayn. 144 S. m. 103 Abb. Preis 6,80 *M.*

Der Architekt und die Geschichte. Rede, gehalten zur Feier der Rektoratsübergabe an der Technischen Hochschule Danzig am 1. Juli 1926. Von O. Kloeppel. Danzig-Langfuhr 1926, Gesellschaft von Freunden der Danziger Hochschule. An Interessenten kostenlos.

Handbuch für die Drahtindustrie und deren Nebenzweige. 5. Ausg. Herausgeg. von der Schriftleitung des Anzeigers für die Drahtindustrie. Berlin 1927, Verlag des Anzeigers für die Drahtindustrie. 192 S. m. Abb. Preis 4,50 M.

Autotechnische Bibliothek, 82. Bd.: Reparaturen am Fahrgestell. Von Paul Reibestahl. Berlin 1927, Richard Carl Schmidt & Co. 154 S. m. 47 Abb. Preis 3,50 M.

Mineralogisches vom Kalk. Von Egon Trümpene[r]. Berlin 1927, Kalkverlag. 45 S. m. 37 Abb. Preis 1,75

Anlagensammlung zu den Technischen Vorschriften für B[au]leistungen. Normen-Vorschriften-Erlasse. Bearbeitet v[on] Oberreg.-Baurat Voß und Reg.-Oberinsp. Beerho[...] Berlin 1927, Bauwelt-Verlag. 490 S. m. versch. A[bb.] Preis 8 M.

ZUSCHRIFTEN AN DIE REDAKTION

Energiewirtschaft und Hochdruck-Dampfbetrieb[1])

Prof. Dr. Löffler äußert sich in Z. Bd. 71 (1927) S. 445 in seinem vorstehend genannten Aufsatz auch über Fragen des Gasfaches. Ohne auf den übrigen Inhalt des Aufsatzes weiter einzugehen, stelle ich fest:

1. Der elektrische Hochofen hat den Kokshochofen noch nicht verdrängt. Wann dieses der Fall sein wird, ist Ansichtssache. Daß der elektrische Hochofen den heutigen Hochofen verdrängen wird, wird uns allerdings seit 1900 prophezeit; man kann aber damit rechnen, daß das auch in den nächsten 20 Jahren nicht geschehen wird.

2. Der Gasüberschuß der Zechenkokereien kommt nicht davon, daß die Kokserzeugung für die Hüttenwerke eingerichtet wird, sondern von den 50 vH Feinkohlenanfall der Fettkohlenzechen, die nur auf diesem Wege verwertbar sind. Die Hüttenwerke sind nur einer der größten Abnehmer dieses Kokses. Das Steigen des Gasanfalls ergibt sich übrigens vorwiegend aus der Verwendung von Armgasen (aus Koks erzeugt) zur Heizung der Koksöfen, wodurch der frühere Gasanfall rund verdoppelt wird, sowie aus dem Fortschritt im Koksofenbau (Silikasteine und Bauart). Dadurch sind jetzt 8000 Mill. m^3 Kokereigas an der Ruhr für Gasfernleitung frei. Dafür Koks zu befördern, zu verstauben und zu verbrennen, erscheint unpraktisch und unerprobt.

3. Was die Hüttentechnik mit der Wirtschaftlichkeit der Gasfernleitung zu tun hat, wird nicht klar gesagt. Fachleute werden nicht bezweifeln, daß man Rohrleitungen anstandslos bauen und betreiben kann, die mit höheren Drücken als denen von Naturgas (rd. 28 at) arbeiten. Jedenfalls stehen Unterlagen darüber zur Verfügung, daß der geschweißte Rohrstoß gegenüber Wasserstoff von 30 at dicht ist (spez. Gewicht des Wasserstoffs 0,069, des Kokereigases rd. 0,4 bis 0,5, bezogen auf Luft = 1), und daß der Rohrstoß den doppelten hydraulischen Druck auf Zug aushält.

Über das Zwischenverdichten des Gases scheint Prof. Löffler mit andern Fachleuten im Widerspruch zu stehen. Für gleiche Leitungslänge kann bei kleineren Mengen Zwischenverdichtung wirtschaftlicher sein als einfache Verdichtung, während bei größern Mengen das Gegenteil zutreffen kann. Löffler zieht zu Unrecht die Elektrizität als Wettbewerber des Gases heran. Beide Arten von Energie haben bestimmte Gebiete, auf denen sie am vorteilhaftesten sind. Die Kupplung von Kraft- und Heizwerken krankt am Benutzungsfaktor; nur 200 Tage im Jahr tragen zur Deckung der Kapitalkosten bei, und die Sommerausnutzung ist meist die Vorbedingung ihrer Rentabilität. Gas [kann] heute Industriekohlen ersetzen, denn bei 20 M/t Kohlenp[reis] frei Lager, ist ein Gaspreis von 0,5 bis 0,6 Pf. für 1000 [kcal] (ob., 0°, 760 mm) bereits tragbar. Deshalb entbehrt [der] Satz: „An Gasversorgung auf große Entfernung hin s[ollte] daher angesichts solcher Möglichkeiten (Verdrängung [des] Gases im Haushalt) kein Ingenieur oder Verwaltungsm[ann] ernstlich denken" der Begründung. Das ist keine Lösun[g des] Problems der Senkung der Preise für den Wärmebeda[rf in] Haushalt und Industrie. Rich. F. Starl[...]

[1]) Infolge des Raummangels unserer Zeitschrift mußte dieser Zuschriftenwechsel auf eine einmalige Aeußerung von jeder Seite beschränkt werden.

Erwiderung.

Zu 1) Ich habe nicht gesagt, daß der elektrische [Hoch]ofen den Kokshochofen verdrängt habe. Ich habe nicht ei[nmal] prophezeit, daß das geschehen werde. Ich habe nur g[esagt,] daß mit der Entwicklung der Hochdruckdampftechnik [und] der wirtschaftlichen Ausnutzung hochwertiger Kohlen [durch] Verschwelung oder Verflüssigung eine so weitgehende [Ver]billigung des Stroms erreicht werden könnte, daß der [elek]trische Hochofen lebensfähig wird und infolge der [Ver]ringerung des Koksbedarfs dann auch die erzeugten [Gas]mengen kleiner werden.

Zu 2) Ob die verfügbaren Gasmengen auf den [Koks]bedarf der Hüttenwerke zurückzuführen oder durc[h den] großen Anfall an Feinkohle in den Fettkohlenzeche[n, die] durch die Verkokung dieser Feinkohle bedingt sin[d, ist] gleichgültig. Ich bin nicht der Ansicht, daß diese [Fein]kohlenmengen durchaus verkokt werden müssen. Di[e Ver]flüssigung so hochwertiger Kohle wäre wahrscheinlich [wirt]schaftlicher. Aber selbst wenn man diese Kohle ve[rkokt,] wäre das Verstauben des Kokses und das Verbrenn[en des] Staubes wie auch des bei der Verkokung gewonnenen [Gases] unter Hochdruckkesseln zur Erzeugung von Strom v[ermut]lich wirtschaftlicher als etwa die Fernversorgung m[it Gas] auf große Entfernungen. Die Wirtschaftlichkeit der [Kupp]lung von Kraft- und Heizbetrieb wird auch durch d[en ge]ringeren Sommerheizbedarf nicht in Frage gestellt.

Zu 3) Was die Hüttentechnik mit der Wirtsch[aftlich]keit der Gasfernleitung zu tun hat, habe ich klar [ausge]drückt. Ich habe nicht bezweifelt, daß man über [...] bare Stahlrohre für die Fernleitung von Gas unter [hohem] Druck verfügt. Das Schwierige ist nur die große [Länge] der Rohrleitungen und die notwendige mehrfache Zw[ischen]verdichtung. Schon die Verzinsung des Kapitals kan[n erheb]lich Millionen verschlingen. Die Verwendung der El[ektrizi]tät nimmt wegen ihrer Vorzüge, namentlich für den [Haus]halt, immer weiter zu. Bei wesentlicher Verbilligu[ng des] Stroms wird man allgemein zum elektrischen Koch[en und] Braten übergehen, und schließlich wird das Leucht[gas im] Haushalt entbehrlich werden. St. Löf[fler]

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 71 SONNABEND, 30. JULI 1927 NR. 31

Hochseefährschiff „Schwerin“

der Deutschen Reichsbahngesellschaft für die Linie Warnemünde-Gjedser, erbaut von F. Schichau, Elbing

Von Reichsbahnrat Höfinghoff und Techn. Reichsbahn-Inspektor Stuhr, Schwerin

(Hierzu Tafel 1 und 2 sowie Textblatt 5 und 6)

Verkehrsentwicklung auf der Strecke Warnemünde-Gjedser — Bau und Abmessungen des Schiffes — Raumeinteilung — Einrichtung — Ausrüstung — Hilfsmaschinen — Gründe zur Wahl der Antriebart — Hauptmaschinen

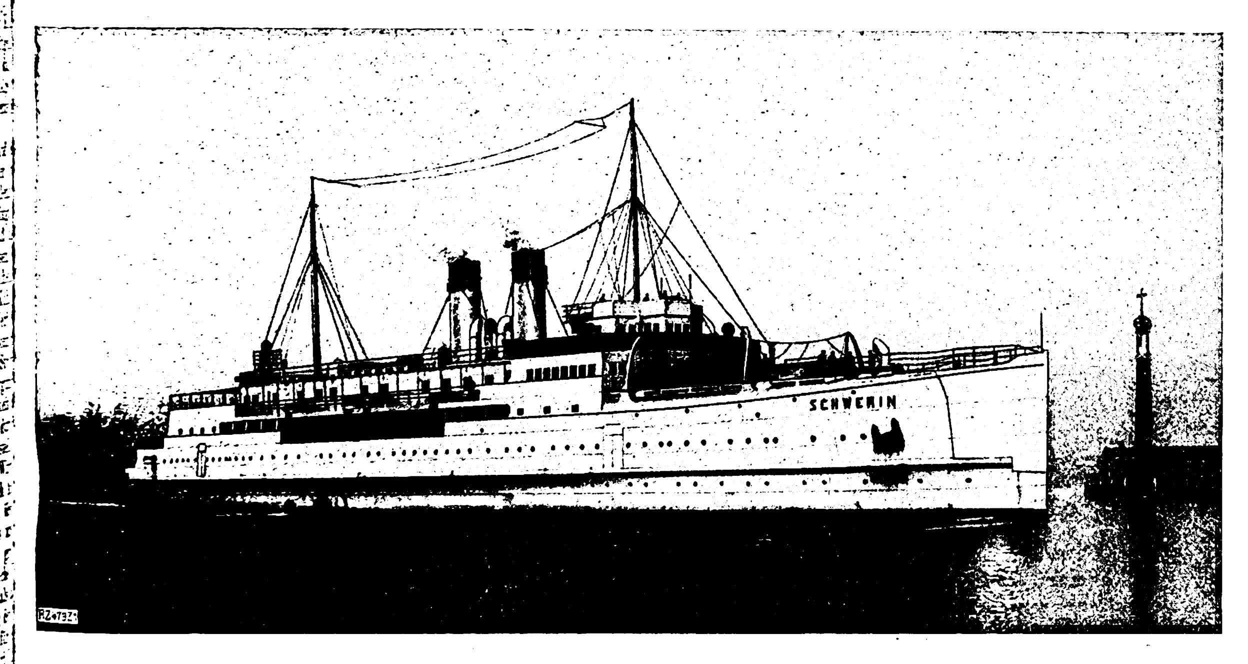


Abb. 1
Hochseefährschiff „Schwerin“ der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft für die Linie Warnemünde – Gjedser

An Stelle der seit 1873 bestehenden Postdampferverbindung zwischen Rostock und Nykjöbing trat 1886 nach Eröffnung der Strecke Warnemünde-Rostock–Neustrelitz der Dienst Warnemünde–Gjedser. Mit drei Dampfern wurden täglich einmal in jeder Richtung Personen und Poststücke befördert. Von 1892 ab richtete man auch eine gleichartige Nachtverbindung ein.

Inzwischen wurden auf der Schiffahrtslinie Kiel–Korsör und auf der neu eingerichteten Dampferlinie Saßnitz–Trälleborg schnellfahrende und gut eingerichtete Schiffe in Betrieb genommen, so daß sich die Notwendigkeit ergab, auch die Verbindung Warnemünde–Gjedser als wichtigen Teil auf der kürzesten Verbindungslinie, z. B. zwischen Berlin und Kopenhagen, leistungsfähiger zu gestalten. Hierbei sollten die außerordentlich großen Vorteile einer Verbindung durch Eisenbahnfähre, die besonders auch im durchgehenden Güterverkehr liegen, ausgenutzt werden.

Daher wurden im Einvernehmen mit der dänischen Eisenbahnverwaltung in Warnemünde und in Gjedser die erforderlichen Landanlagen geschaffen und außerdem von jeder Eisenbahnverwaltung zwei Fährschiffe: ein Doppelschrauben- und ein Radschiff, bestellt, mit denen im Jahre 1903 der Fährenbetrieb aufgenommen werden konnte. Die Mecklenburg-Friedrich-Franz-Eisenbahngesellschaft stellte das Doppelschraubenschiff „Mecklenburg“ und das Radschiff „Friedrich Franz IV“, beide erbaut 1902/03 von der Schichau-Werft.

Da das Radschiff infolge der empfindlichen Radschaufeln in Wintern mit stärkerem Eisgang nicht in Betrieb gehalten werden kann, es jedoch aus Betriebsrücksichten erwünscht ist, immer zwei Schiffe fahrbereit zu haben, genehmigte die Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahngesellschaft im Jahre 1925 den Bau eines Ersatzschiffes, das Ende 1926 in Dienst gestellt worden ist.

Die Bedeutung der Fährschifflinie Warnemünde–Gjedser ist aus folgenden Angaben ersichtlich: Während im ersten Betriebsjahre mit den alten Dampfschiffen ungefähr 13 500 Personen befördert wurden, stieg diese Zahl bis 1902/03 auf etwa 50 000. Im ersten Jahre des Fährschiffbetriebes wurden bereits 75 000 Personen übergesetzt. Der Verkehr nahm ständig zu, so daß 1913/14 bereits etwa 137 000 Personen befördert wurden. In den Nachkriegsjahren erholte sich der Verkehr nach anfäng-

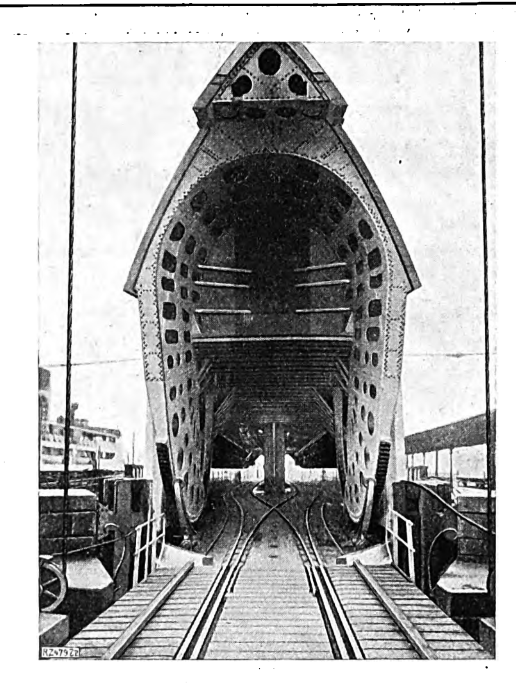


Abb. 2
Aufklappbare Back, geöffnet

lichem Rückgang wieder stetig; im Jahre 1926 sind bereits wieder 133 000 Personen übergesetzt worden.

Eine ähnliche Steigerung war im Güterverkehr zu beobachten. Waren im ersten Betriebsjahr mit den Fährschiffen (1904) rd. 18 000 Güterwagen mit etwa 80 000 t Ladung zu befördern, so stieg diese Menge im letzten Betriebsjahr vor dem Krieg auf 46 000 Güterwagen mit etwa 234 000 t. In den Nachkriegsjahren erholte sich auch hier der Verkehr. Im Jahre 1926 sind 46 078 Güterwagen mit rd. 256 800 t Ladung übergesetzt worden.

Bauart des Schiffes

Das Fährschiff „Schwerin“, Abb. 1, ist unter Aufsicht des Germanischen Lloyd für die Klasse 100 A_4 K(E) mit Freibord erbaut.

Hauptzahlen

Länge über alles	106,8 m
Länge zwischen den Loten	106 „
Größte Breite über den Scheuerleisten	18,53 „
Breite über Spanten	16 „
Seitenhöhe bis zum Hauptdeck	6,95 „
Tiefgang mit Kiel bei voller Belastung	4,4 „
Verdrängung bei dem angegebenen Tiefgang	3600 t
Volle Belastung, d. h. 500 t Zuggewicht, Brennstoff und Wasservorräte, sowie sonstige Zuladung	800 „
Maschinenleistung	4400 PS_i
Geschwindigkeit bei 4400 PS_i	15,5 Kn

Die Unterteilung des Rumpfes durch elf bis zum Wagendeck reichende Schotte in zwölf wasserdichte Hauptabteilungen entspricht den Vorschriften des Germanischen Lloyd und der Seeberufsgenossenschaft für Fahrgastschiffe in außereuropäischer Fahrt unter der Annahme, daß bei zwei nebeneinanderliegenden lecken Räumen das Schiff noch schwimmfähig bleibt.

Als wesentliche Neuerung gegenüber den vorhandenen Schiffen der Linie Warnemünde – Gjedser ist beachtenswert, daß die zu befördernden Eisenbahnwagen vollkommen geschützt unter Aufbauten untergebracht sind, die über das ganze Schiff reichen und die auch seitlich fast vollkommen geschlossen sind. Hierdurch können die auf dem Vorschiff stehenden Wagen selbst bei schwerstem Seegang durch überkommende Brecher nicht beschädigt werden, ferner sind die Fahrgäste beim Verlassen der Wagen und beim Begehen des Wagendecks vollkommen vor Witterungseinflüssen und vor Zugluft geschützt.

Da es mit Rücksicht auf die Betriebsverhältnisse er forderlich ist, daß das Schiff wahlweise über Vorsteve oder Achtersteven aus den Fährbetten ausfahren oder diese einlaufen kann, sind die Gleisanlagen auf de Wagendeck so ausgebildet worden, daß die Wagen au über beide Schiffsenden an Bord gesetzt oder vom Sch abgezogen werden können. Am offenen Hinterschiff dies ohne weiteres möglich, das Vorschiff erhielt jed eine aufklappbare Back, die in geöffnetem Z stande das Ladeprofil der Bahnwagen vollkommen fr gibt, Abb. 2. Zum Öffnen und Schließen der Back ist e besondere Antriebmaschine vorgesehen.

Die häufig auszuführenden Rückwärtsfahrten be gen die Anordnung eines besondern Bugruders, auch für die Rückwärtsfahrten eine besondere Komman brücke vorgesehen, die alle erforderlichen Einrichtun zur Befehlübermittlung und zum Betätigen beider Ru enthält. Mit Rücksicht auf die Eisverstopfungen, die den schmalen Hafeneinfahrten sowie in den Buchten Warnemünde und Gjedser häufig auftreten, und die wendigkeit, über beide Steven einlaufen zu können, Bug und Heck zum Eisbrechen eingerichtet. Dem sprechend sind die Verbände angemessen verstärkt, Steven mit Eiswulsten versehen und im Anschluß hi der Mittelträger des Doppelbodens an der Unterk durch Flachschienen zu einem schweren Balkenkiel gebaut, der Beschädigungen des Schiffsbodens beim kommen in flachem Wasser vorbeugen soll. Als weit Schutz ist ein Doppelboden eingebaut, der gleichzeitig Aufnahme von Ballast- und Gebrauchswasser dient.

Die günstigste Form für den Schiffsrumpf ist d ausgedehnte Modellschleppversuche mit verschied Ausführungen von Wellenhosen festgelegt wo Außerdem wurden mehrere Schleppversuche mit schiedenen Schrauben ausgeführt, wobei die Möglich später Erprobungen mit Leitflächen der Star-Contra-peller-Gesellschaft zur Verringerung der Antrieblei vornehmen zu können, vorgesehen wurde.

Aus den Schiffsplänen, Abb. 3 bis 9, Tafel 1 u ist die Raumeinteilung des Schiffes ersichtlich. Für Fährschiffbetrieb ist naturgemäß das Wagend von besonderer Bedeutung. Die beiden Gleisstränge d Deckes haben zusammen eine nutzbare Länge von und können je nach Wagenlänge 18 bis 20 zweiac Wagen oder sieben vierachsige D-Zug-Wagen aufnel Die Wagen werden nach Aufstellung an Bord mi sondern Zurrhaken, die zum Anziehen mit Doppelspi versehen sind, an Decksaugen längs- und querschif fest und sicher gezurrt, daß sie auch bei schwerem gang nicht in Bewegung geraten können. Zum Abf von seitlichen Bewegungen der Wagen, die beim holen des Schiffes infolge des Federspiels ents werden unter die Längsträger der D-Zugwagen Sp böcke gesetzt. Klappbare Prellböcke an jedem Sc ende verhindern das Abrollen der Wagen bei St bewegungen des Schiffes.

Das Wagendeck, Abb. 20, Textblatt 6, ist durch U züge und Deckstützen so versteift, daß es auch mit sch verachsigen Großgüterwagen mit 20 t Achsdruck sow Lokomotiven mit 17,5 t Achsdruck in seiner zen Länge befahren werden kann. An den Sc enden sind Auflager und Zapfenspuren zur Verbin mit den beweglichen Landungsbrücken eingebaut, di allen Bewegungen des Schiffes bei veränderl Wasserstande und bei Veränderung der Schwimmla passen können.

Um Querschiffneigungen bis zu etwa fünf Gra einseitiger Belastung der Gleisstränge ausgleiche können, sind unter dem Wagendeck mittschiffs auf b Schiffsseiten Krängungstanks eingebaut, die etwa fassen. Ein Tank wird mittels einer besonderen Ki pumpe in etwa vier Minuten von Außenbord g Die Pumpe kann auch mittels einer Umlaufleitun Trimmwasser von einer Schiffseite auf die andre pumpen.

Zum Vermindern der Schlingerbewegungen außer den über ein Drittel der Schiffslänge reich Schlingerkielen auf beiden Seiten Frahmsche Schl

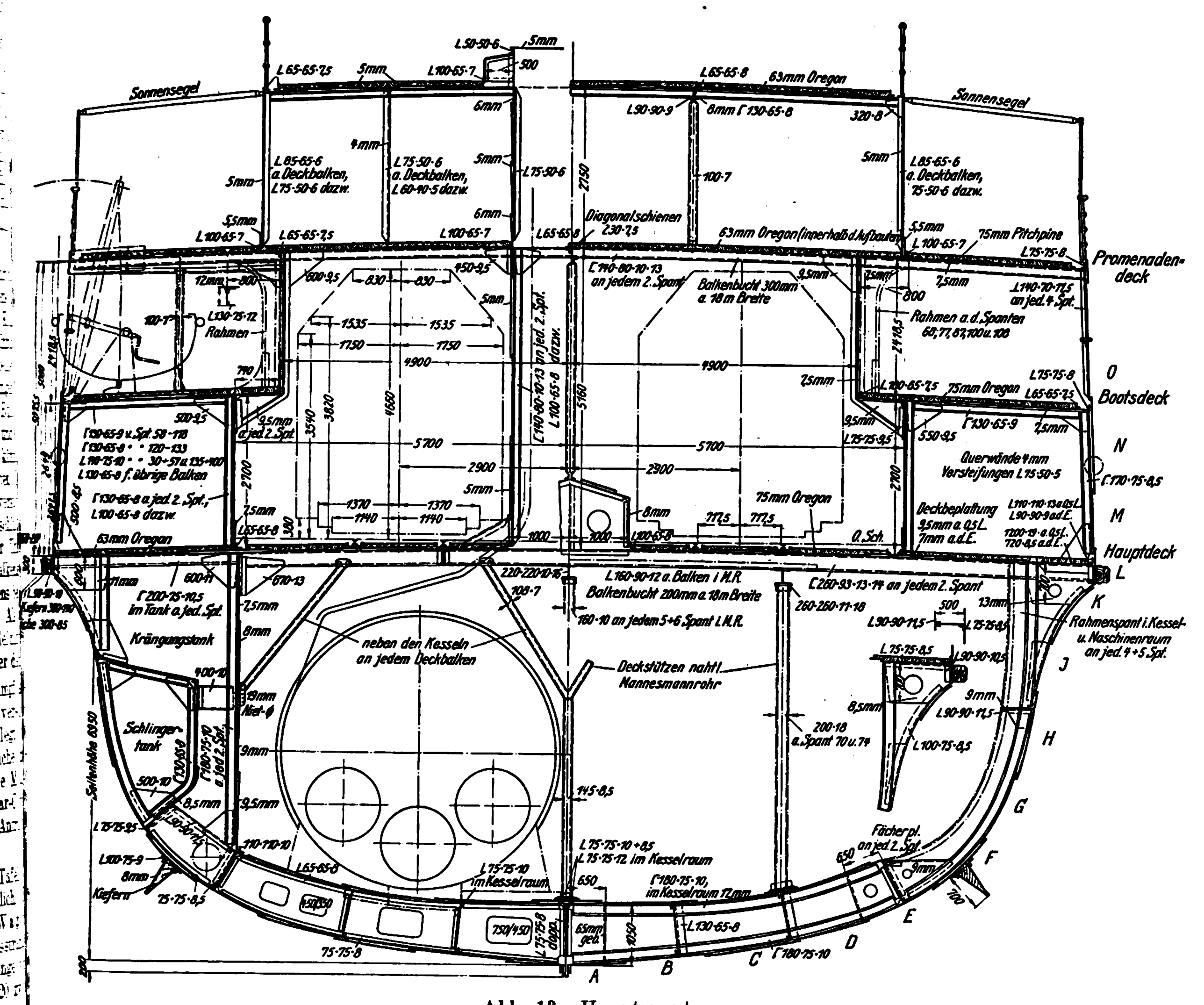


Abb. 13. Hauptspant

Beplattung

enhaut:			
A Kielplatte	13,5 mm auf 0,5 L; 12 mm a. d. Enden	*L* Scheergang	19 mm auf 0,5 L; 10 mm a. d. Enden 24 „ von Spant $119^1/_2$ bis $129^1/_2$
B, *C* und *D*	12 „ „ „ ; 10 „ „ „ „	*M*	7,5 „
E, *F* Kimmplatte	13 „ „ „ ; „ „ „ „ „	*N*	7 „
G, *H* und *J*	12 „ „ „ ; „ „ „ „ „	*O*	6 „
K	1,55 „ „ „ ; „ „ „ „ „		

pelboden:	
Mittelgang	10 mm auf 0,5 L; 8,5 mm a. d. Enden; 13 mm im Kesselraum
1. Seitengang	8,5 „ „ „ „; 8 „ „ „ „ ; 11,5 „ „ „ ; 10 mm im Maschinenraum
Obere Seitengänge	8 „ „ $^1/_1$ „; 11 „ im Kesselraum; 10 mm im Maschinenraum
Randplatte	9 „ „ $^1/_1$ „;
Mittelträger	10 „ „ 0,5 „; 8,5 „ a. d. Enden; 12 mm im Kesselraum
Seitenträger	7,5 „ ; 9,5 „ im Kesselraum
Bodenwrangen	8 „ 10 „ „ „

mpfungstanks angeordnet. Nachdem die Reichsbahn das hiff bestellt hatte, wurden in der Versuchsanstalt von lohm & Voß mit einem maßstäblichen Schiffsmodell ersuche unternommen, um die Wirksamkeit der Frahmhen Schlingerdämpfeinrichtung festzustellen. Die Ergebnisse führten zur grundsätzlichen Annahme dieser Einhtung. Zur Zeit mißt man die Schlingerbewegungen s Schiffes bei geschlossenen Ausflußöffnungen der hlingertanks mittels eines Kreiselpendels. Beim chsten Docken sollen die Ausflußöffnungen freigelegt erden, um dann die Wirkung dieser Tanks im prakschen Betriebe zu erproben. Die Anordnung der Tanks t auch auf den Querschnitten, Abb. 10 bis 12, Tafel 2, ersichtlich.

Die Heizölbunker, bestehend aus Vorrat- und zwei tzbehältern sowie einem Überlaufbehälter, fassen 70 t, abei können die Vorratbehälter gegebenenfalls auch als Kohlenbunker benutzt werden. Für den Fall, daß der Hilfskessel mit Kohlen betrieben werden soll, ist ein besonderer Kohlenbunker von 15 t Inhalt vorgesehen. Die Einzelheiten für den Bau des Schiffskörpers sind in Abb. 13, der Hauptspantzeichnung, enthalten.

Einrichtung

Abb. 14 bis 19, Textblatt 5 und 6, zeigen die Gesellschaftsräume, die für die dritte Wagenklasse im hinteren Raumdeck liegen, während der ersten und zweiten Wagenklasse das ganze Promenadendeck, einige Kammern und zwei kleinere Räume im Raumdeck zur Verfügung stehen. Die auf dem Promenadendeck angeordneten Gesellschaftsräume 1. und 2. Klasse sind von der Firma Gebr. Bauer, Berlin, ausgestattet worden. Die beiden Speisesäle bieten Platz für je 100 Personen. Die Besatzung ist teils im vorderen Raumdeck, teils auf dem Wagendeck untergebracht.

Oberhalb der Haupttreppe, Abb. 17, ist ein von der Hauptstadt Schwerin gestiftetes Ölgemälde, ein Ausschnitt aus dem Stadtbilde von Schwerin von dem großen Schweriner See aus gesehen, angebracht.

Um für die Fahrgäste auch bei schlechtem Wetter an Deck einen geschützten und angenehmen Aufenthaltsraum zu schaffen, ist außer den Gesellschaftsräumen noch eine über die ganze Schiffsbreite reichende allseitig geschlossene, mit Korbmöbeln ausgestattete Laube angeordnet worden. Sie liegt vor dem Rauchzimmer und ge-

stattet infolge der großen Fenster ringsum einen ungehinderten Rundblick über die See.

Die Lage der Küche zu den Wirtschaftsräumen und Speisesälen ist so gewählt worden, daß die Verbindungswege zu den Speiseräumen und Aufenthaltsräumen möglichst kurz sind. Hierdurch ist eine schnelle und glatte Abwicklung des Wirtschaftsbetriebes gewährleistet. An besonderen Wirtschaftseinrichtungen sind an Bord außer einem mit Kohlenfeuerung eingerichteten Koch- und Bratherd: Warmwasserkessel und Tellerwärmer für Dampf und elektrischen Strom, ein elektrisch betriebener Speisenaufzug sowie eine Kühl- und Eisanlage von Brown, Boveri & Cie. für die fünf Kühlschränke in den verschiedenen Anrichteräumen.

Ausrüstung

Das Schiff wird zum Teil durch Dampf und in den Gesellschaftsräumen auf dem Promenadendeck durch elektrische Heizkörper geheizt. An die Dampfheizung können auch die auf dem Wagendeck stehenden D-Zugwagen angeschlossen werden.

Zur Beleuchtung des Schiffes dienen rd. 800 Glühlampen und eine große Anzahl hochkerziger Decklampen. Drei Scheinwerfer beleuchten bei der Einfahrt das Fahrwasser und die Fährbetten.

Entsprechend der neuzeitlichen Entwicklung der Technik sind außer den allgemein üblichen Kommando- und Sicherungseinrichtungen folgende besondere Anlagen eingebaut: eine Kreiselkompaßeinrichtung mit Kursschreiber, eine Bord-Funkpeilanlage, eine ausgedehnte Fernsprechanlage, Unterwasserschallgeräte, eine Schottenschließanlage und auf beiden Kommandobrücken Drehzahlanzeiger und Ruderlagenanzeiger. Die Schottenschließvorrichtung der Atlaswerke, Bremen, schließt durch Hebelumstellung auf der Kommandobrücke selbsttätig die in fünf Schotten befindlichen wasserdichten Türen. Ein lautes Warnungssignal ertönt vor und während des Schließens.

Sechs Rettungsboote in Columbusdavits, je $8,55 \times 2,60 \times 1,10$ m zu $14,72 \text{ m}^3 = 51$ Personen, ein Arbeitsboot für 13 Personen, eine Motorgig für 10 Personen, vier Rettungsflöße und eine der Personenzahl entsprechende Anzahl Schwimmwesten sind gemäß den neuesten Vorschriften der Seeberufsgenossenschaft an Bord vorhanden.

Hilfsmaschinen

Zwei Ankerwinden, zwei Rudermaschinen, je eine für Bug- und Heckruder, die Backhebemaschine, zwei Ballastpumpen, zwei Arbeitspumpen, eine Frischwasserpumpe, eine Krängungspumpe und einige andre kleinere Maschinen werden sämtlich mit Dampf betrieben.

Zur Erzeugung des elektrischen Stromes für die Beleuchtung, für die elektrischen Geräte, Lüfter und elektrische Heizung sind drei Dampfdynamomaschinen, Abb. 21, von je 75 kW Leistung eingebaut. Während der Liegezeit in den Häfen erzeugt eine kleine Hafendynamo den erforderlichen Strom; für die Notbeleuchtung ist außerdem eine Speicherbatterie vorgesehen. Ferner kann über Anschlußkästen, die in der Mitte beider Schiffseiten gelegen sind, beim Liegen im Fährbett oder an der Reserveliegestelle Strom für Licht und Kraft unmittelbar aus dem nächstgelegenen Landelektrizitätswerk zur Hauptschalttafel geleitet werden.

Hauptmaschinen

Bei der Wahl der Antriebmaschinen für das Schiff sind die vorliegenden Betriebverhältnisse weitestgehend berücksichtigt worden. Die wesentlichen Kennzeichen des Dienstes auf der Strecke Warnemünde – Gjedser sind die häufigen Betriebspausen nach dem Durchlaufen der nur 42 km langen Seestrecke. Beim normalen Frachtenanfall und Verkehr genügen vier Einzelfahrten je Tag und Schiff, wenn zwei Schiffe gleichzeitig in Betrieb gehalten werden. Von diesen vier Fahrten sind zwei reine Frachtfahrten, die mit verringerter Geschwindigkeit, etwa 10,5 bis 11 Kn, ausgeführt werden können. Auf 24 Stun entfallen daher etwa zehn Stunden reine Fahrtzeit, so sich unter Hinzurechnung von Vorbereitungen zum triebklarmachen der Hauptmaschinen ungefähr Liegezeit ergeben, die auch in vier verschieden la Pausen unterteilt ist.

Zur Wahl standen folgende Antriebarten: Kol maschinen, Turbinen mit Zahnradübersetzung, Die motoren, entweder mit unmittelbarem Antrieb oder Zwischenschaltung von Vulkangetrieben und diesele trischer Antrieb.

Nach eingehender Prüfung der Vor- und Nach dieser verschiedenen Antriebarten wurde den Kol maschinen der Vorzug gegeben, obwohl gerade Di motoren für den vorliegenden stark wechselnden Bet mit den häufigen Pausen ein sehr geeigneter Ant gewesen wäre. Da aber für die Wirtschaftlichkeit n allein der geringste Brennstoffverbrauch, sondern a der Kapitalaufwand zu berücksichtigen war, waren w schaftliche Vorteile bei der Verwendung von Di motoren nicht zu erwarten; denn bei der verhältnism geringen Gesamtfahrzeit im Jahre konnte der gerin Brennstoffaufwand die erhöhten Anschaffungskosten n ausgleichen.

Um jedoch den Verbrauch an Brennstoff während Liegezeiten möglichst niedrig zu halten und trotzdem schnelle Betriebsbereitschaft zu erreichen, wurde für Kesselanlage Ölfeuerung gewählt.

Die Hauptmaschinenanlage besteht aus zwei geglichenen Dreifachexpansion-Heißdampfmaschinen geteilten Niederdruckzylindern. Der Oberflächenkon sator, sowie die Speise-, Luft- und Kühlwasserpum sind getrennt aufgestellt worden. An die Hauptmasch selbst hat man nur Lenz- und Spülpumpen gehängt. Die Hauptmaschinen haben 520, 800 2×980 mm Zyl.-Dmr. sowie 900 mm Hub; bei 135 Uml. leistet jede Maschine rd. 2200 PS_i.

Luft- und Kühlwasserpumpen mit eigenem Antrieb für die Kondensatoren mit $2 \times 250 = 500 \text{ m}^2$ Kühlfl und den Hilfskondensator mit 70 m² Kühlfläche gesehen. Sie sind durch Rohrleitungen und Absperror so miteinander verbunden, daß bei kleinerer Leistung eine der genannten Hilfsmaschinen in Betrieb genom werden kann. An Hilfsanlagen sind außerdem Sp wasservorwärmer, Speisewasserfilter und Verdan vorhanden.

Jede der beiden Hauptmaschinen treibt eine flügelige Bronzeschraube. Der Durchmesser war d den Tiefgang des Schiffes sowie durch die Bedingung die Schrauben bei einer Krängung des Schiffes von Fährbett-Leitwerk freigehen müssen, festgelegt. Da ergab sich der verhältnismäßig geringe Wert von 3, die Steigung beträgt 4,3 m. Mit Rücksicht auf die Fah im Eis sind die Schraubenwellen besonders verst worden.

Den Dampf für die Haupt- und Hilfsmaschinen lie vier Zylinderkessel, die gegebenenfalls auch mit Ko geheizt werden können. Die Gesamtheizfläche be 960 m², der Betriebsdruck 14,5 at Überdruck. Die Ke sind mit Schmidtschen Rauchrohrüberhitzern ausgerü eine Howden-Anlage für künstlichen Zug ist vorhan

Ein Hilfskessel für Kohlen- oder Ölfeuerung 28 m² Heizfläche und 10 at Überdruck erzeugt den Da für Hilfsmaschinen und Heizung in Liegezeiten.

Von den beiden Ölfeuerungen, Bauart Schichau, Heizölzerstäubern, Pumpen und Filtern, dient eine Aushilfe. Mit dem Siemens & Halske-Rauchgasprüfer k der Feuerungsbetrieb überwacht werden.

Bei der Überführungsfahrt von Pillau nach Wa münde und während der bisherigen Dienstzeit hat sich Fährschiff auch bei schweren Stürmen als ausgezeichne Seeschiff bewährt. [B 479

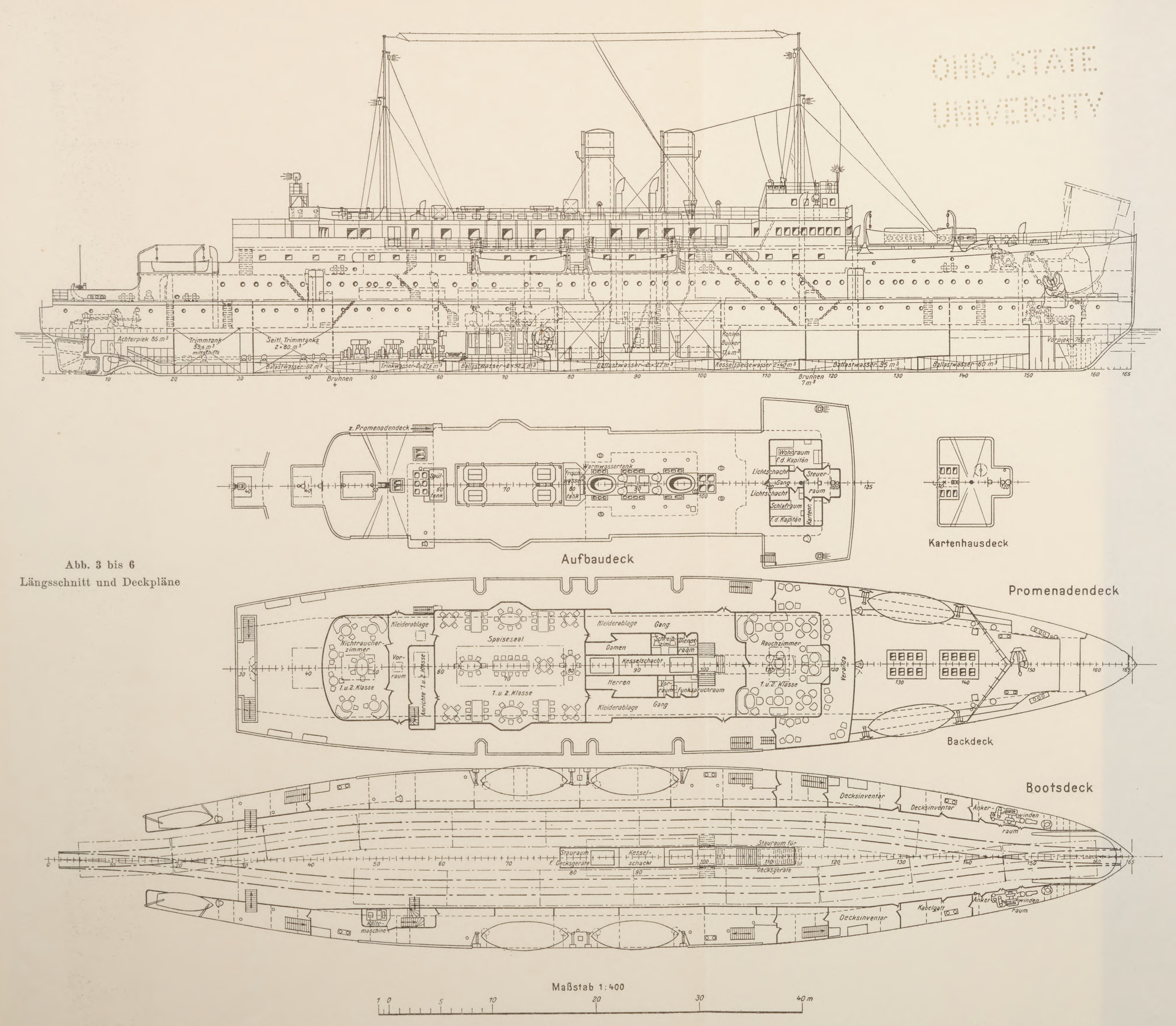


Abb. 3 bis 6
Längsschnitt und Deckpläne

Höfinghoff und Stuhr: Hochseefährschiff „Schwerin" der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft, erbaut von F. Schichau, Elbing

Ze

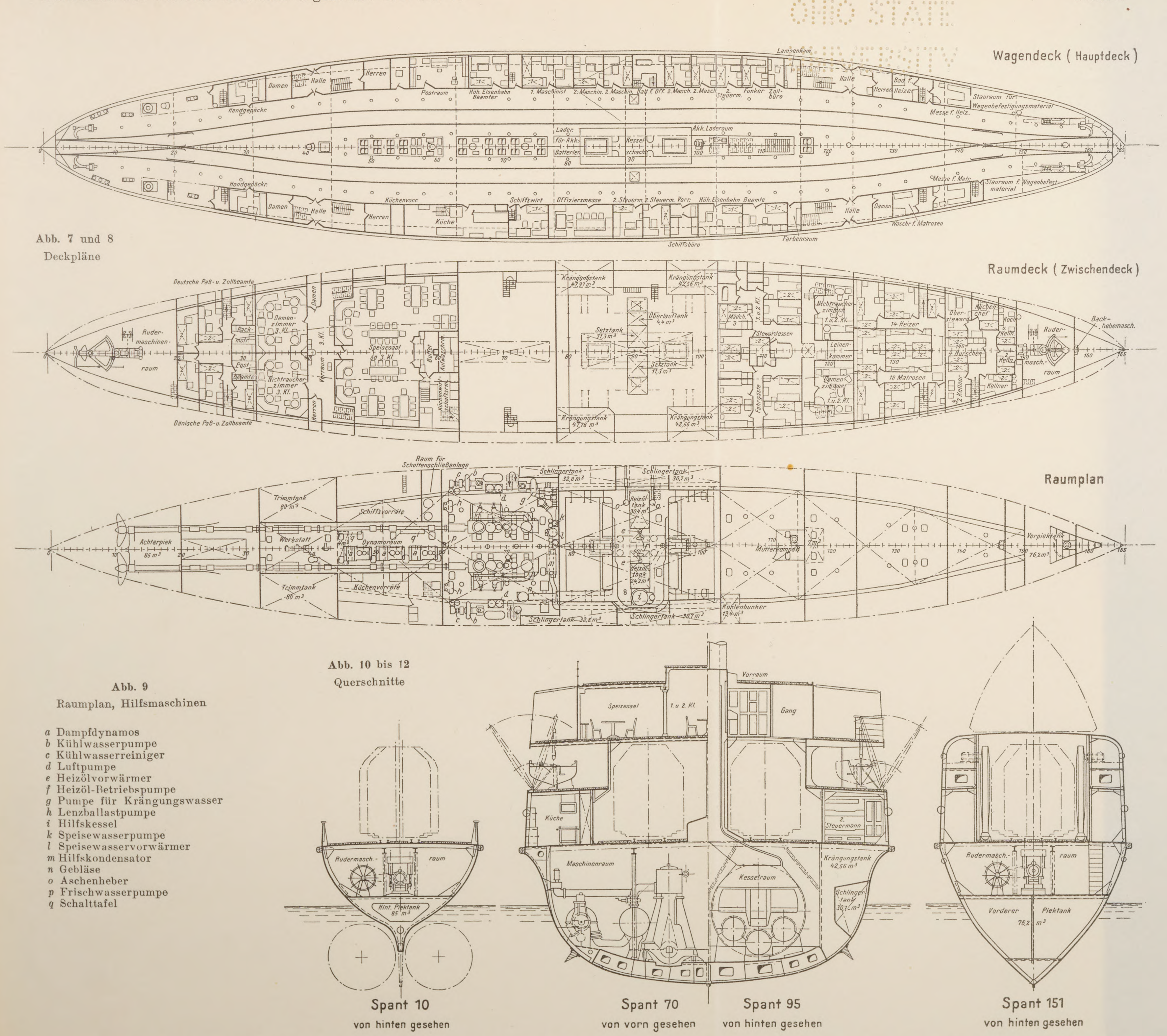


Abb. 7 und 8
Deckpläne

Abb. 9
Raumplan, Hilfsmaschinen

a Dampfdynamos
b Kühlwasserpumpe
c Kühlwasserreiniger
d Luftpumpe
e Heizölvorwärmer
f Heizöl-Betriebspumpe
g Pumpe für Krängungswasser
h Lenzballastpumpe
i Hilfskessel
k Speisewasserpumpe
l Speisewasservorwärmer
m Hilfskondensator
n Gebläse
o Aschenheber
p Frischwasserpumpe
q Schalttafel

Abb. 10 bis 12
Querschnitte

Höfinghoff und Stuhr: Hochseefährschiff „Schwerin" der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft, erbaut von F. Schichau, Elbing

Ze

Kompressorlose Viertakt-Dieselmotoren mit Strahlzerstäubung

Von Ober-Ing. Rudolf Mayer, Breslau

Beschreibung der von den Linke-Hofmann-Werken, Breslau, gebauten kompressorlosen Dieselmotoren — Versuchsergebnisse, insbesondere mit dickflüssigen Treibölen

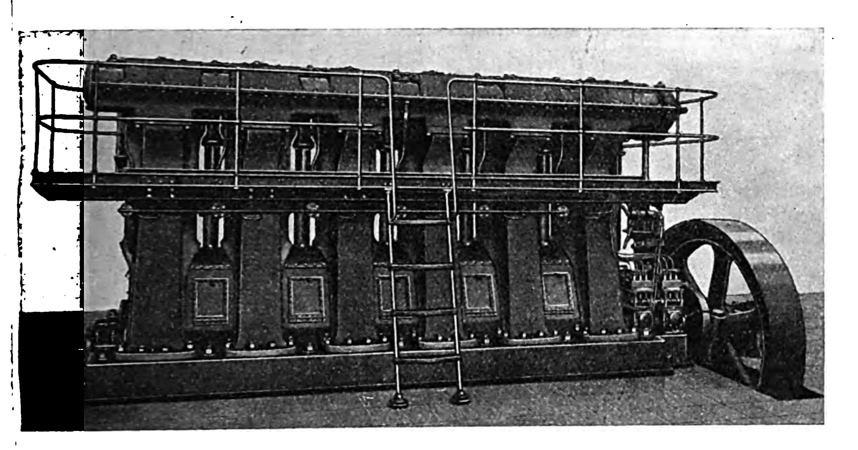


Abb. 1
Kompressorloser Viertakt-Dieselmotor der Linke-Hofmann-Werke

Nach Beendigung des Weltkrieges haben sich auch die Linke-Hofmann-Werke der Entwicklung des kompressorlosen Dieselmotors zugewandt und grundlegende Versuche in dieser Richtung unternommen. Man gab hierbei der Strahleinspritzung wegen ihrer sicheren Beherrschung der Verbrennungsvorgänge den Vorzug, zumal das Vorkammerverfahren durch grundlegende Patente geschützt war.

Ende 1923 waren die Versuche in der Hauptsache abgeschlossen. Der erste Motor, ein stehender Einzylindermotor von 50 PS_e, wurde im Frühjahr 1924 auf der Bau- und betriebstechnischen Ausstellung in Breslau vorgeführt. Er lief dort täglich während der ganzen Woche belastet und ohne Anstand. Mit der Ablieferung marktfähiger Motoren wurde Ende 1924 begonnen. Bis jetzt sind Motoren von insgesamt rd. 26 000 PS_e mit 25 bis 150 PS_e Zylinderleistung abgeliefert oder bestellt, davon mehr als 70 vH für das Ausland.

Typen der Motoren

Die Motoren der Linke-Hofmann-Werke werden zur Zeit als sogenannte Normalläufer oder als Mittelläufer hergestellt. Für Schnelläufer sind bereits wertvolle Grundlagen vorhanden. Als Normalläufer, Abb. 1 bis 4, werden die Motoren schwerer Bauart mit Leistungen von 50 bis 1200 PS_e bei 167 bis 250 Uml./min bezeichnet, die in der Hauptsache als Antriebmaschinen in elektrischen Kraftwerken und von Werkstätten in Frage kommen. Um mit wenigen Modellen einen großen Bereich von Leistungen zu beherrschen, hat man A-Ständer gewählt. Da die Grundplatte an einem schweren Betonfundament verankert wird, kann sie als starr angesehen werden. Die Ständer werden oben gegeneinander durch die U-Eisen der Bedienungsgalerie auf beiden Seiten der Maschine und durch den gußeisernen Trog der wagerechten Steuerwelle abgestützt.

Welche ausgezeichnete Längsversteifung hierdurch erzielt wird, zeigte sich deutlich an einem Dreizylindermotor von 420 mm Zyl.-Dmr., 570 mm Hub und 350 PS_e, der mit 250 bis 260 Uml./min, also mit 4,75 bis 4,94 m/s mittlerer Kolbengeschwindigkeit, auf dem Prüffeld gelaufen ist. Da der Motor auf zusammengeschraubten, gußeisernen Böcken aufgebaut war, wurde er durch die freien Massenmomente in der Hauptebene in geringe schaukelnde Bewegungen versetzt. Dabei war aber der größte Ausschlag kleiner als 1 mm. Eine Bewegung der einzelnen Teile des Motorgerüstes gegeneinander konnte jedoch an keinem Punkte wahrgenommen werden, ein Zeichen, daß die Längsversteifung ausreichend war.

Auch die Einkapselung des Triebwerkes, ein besonderer Vorzug des Kastengestells, ist bei dem Ständergestell mit einfachen Mitteln und ohne Beeinträchtigung der Form möglich. Dabei bleibt der Vorteil der Ständer, die Zugänglichkeit des Triebwerks, voll gewahrt; denn die Blechverschalungen zwischen den Ständern lassen sich schnell entfernen.

Die gute Zugänglichkeit gestattet auch, die billige und ölsparende Ringschmierung für die Wellenlager zu verwenden. Nur bei schnellaufenden Motoren braucht man die Druck-Umlaufschmierung, um die Erwärmung des Triebwerks zu vermindern. Immerhin ist die Ringschmierung noch bei verhältnismäßig großer Reibungsarbeit der Zapfen zulässig.

Die Brennstoffpumpe, beim kompressorlosen Motor die Seele der Maschine, wirkt namentlich bei der reinen Strahlzerstäubung um so sicherer, je besser man bei ihrem Antrieb die Fehlerquellen (Nachgiebigkeit der Teile,

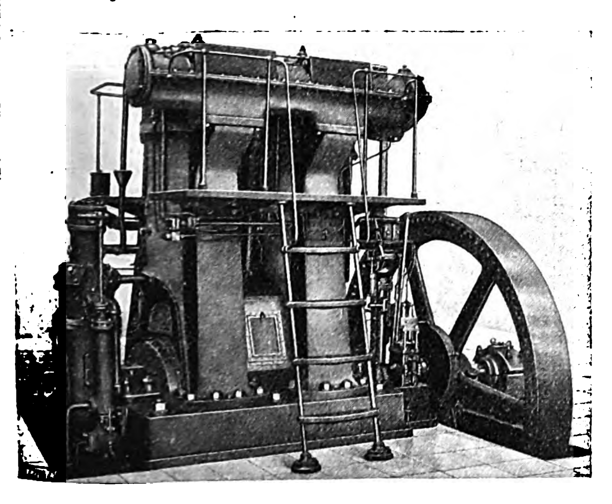


Abb. 5
In einen Kompressormotor verwandelter kompressorloser Motor, zwei Zylinder, 180 PS

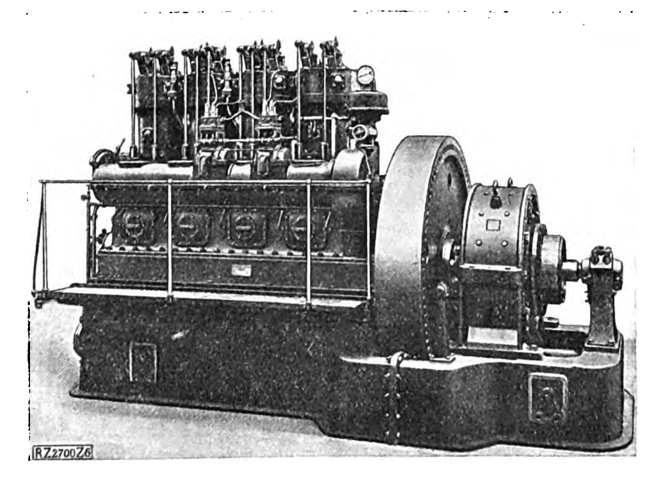


Abb. 6
Kompressorloser Dieselmotor (Mittelläufer), 250 PS bei 300 Uml./min

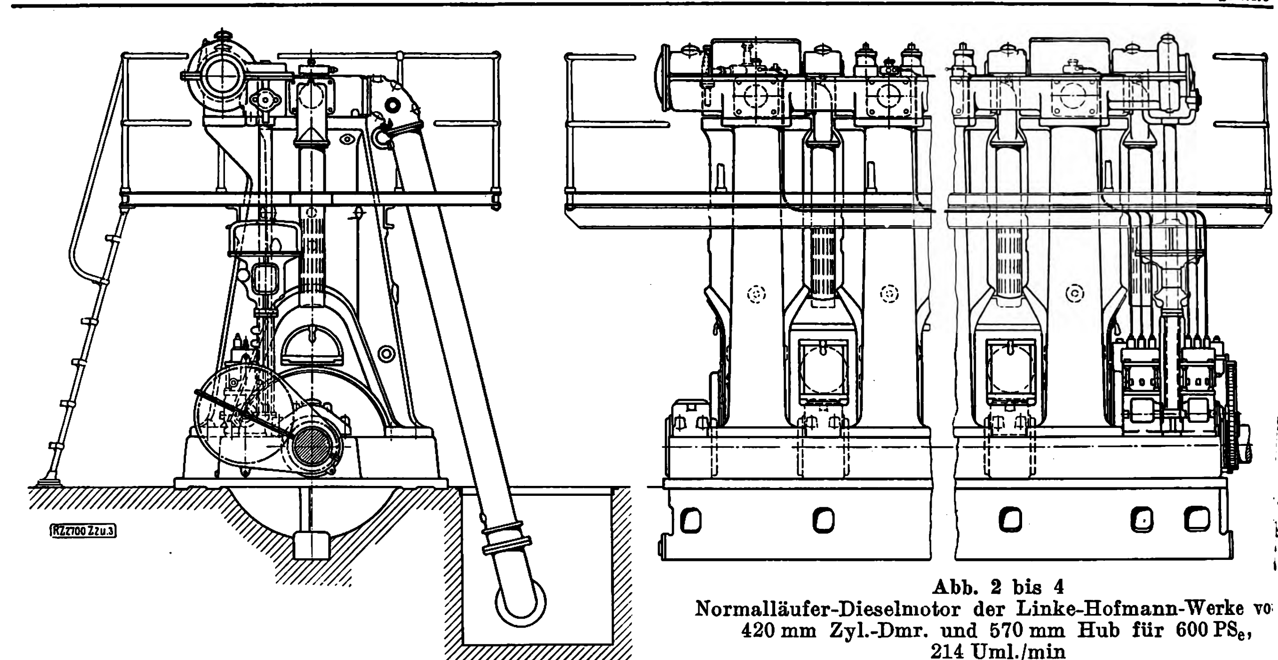


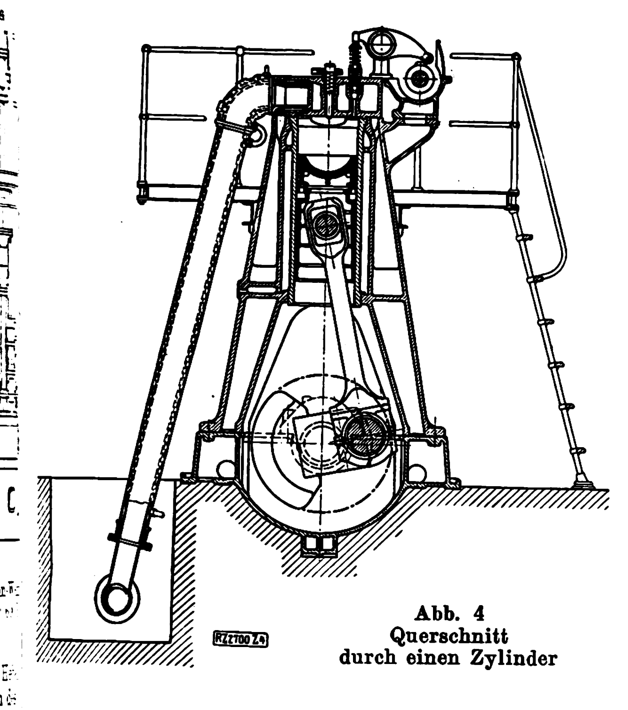
Abb. 2 bis 4
Normalläufer-Dieselmotor der Linke-Hofmann-Werke vo 420 mm Zyl.-Dmr. und 570 mm Hub für 600 PS_e, 214 Uml./min

Schlupf, toter Gang usw.) vermeidet. Deshalb ist hier die Pumpe unmittelbar am Schwungrad auf der Grundplatte befestigt. Der Antrieb erfolgt nicht durch die Steuerwelle, sondern über besondre Stirnräder unmittelbar durch die Hauptwelle. Hierdurch wird trotz verhältnismäßig langer Leitungen zwischen Pumpe und Einspritzventilen eine genaue Zumessung des Treibstoffs zu allen Zylindern erzielt, wie die Indikatordiagramme erkennen lassen.

Der Regler ist auf der senkrechten Steuerwelle in unmittelbarer Nähe der Brennstoffpumpen angeordnet. Pumpe, Anlaßventile und Einrichtung zum Vermindern des Verdichtungsdrucks werden von einem Hebel aus herrscht. Die Einrichtung zum Vermindern des Verdi tungsdrucks gestattet, den Motor mit Preßgasen von bis 20 at anzulassen, die aus den Zylindern durch bes dere Ventile abgezapft werden.

Im Auslande herrscht vielfach eine gewisse Zurü haltung gegenüber Neuerungen. Man zieht dort noch den Kompressormotor vor, weil man ihn als eine triebsichere Maschine kennt. Dem kann man beim Stän motor leicht Rechnung tragen. Man braucht nur an Grundplatte einen Anschlußflansch anzubringen und k durch Anschrauben eines Kompressors jeden auf Vor

Abb. 7 bis 9
Vierzylinder-Mittelläufer, 175 bis 260 PS_e bei 200 bis 300 Uml./min, 330 mm Zyl.-Dmr., 440 mm Hub, Maßstab 1 : 40

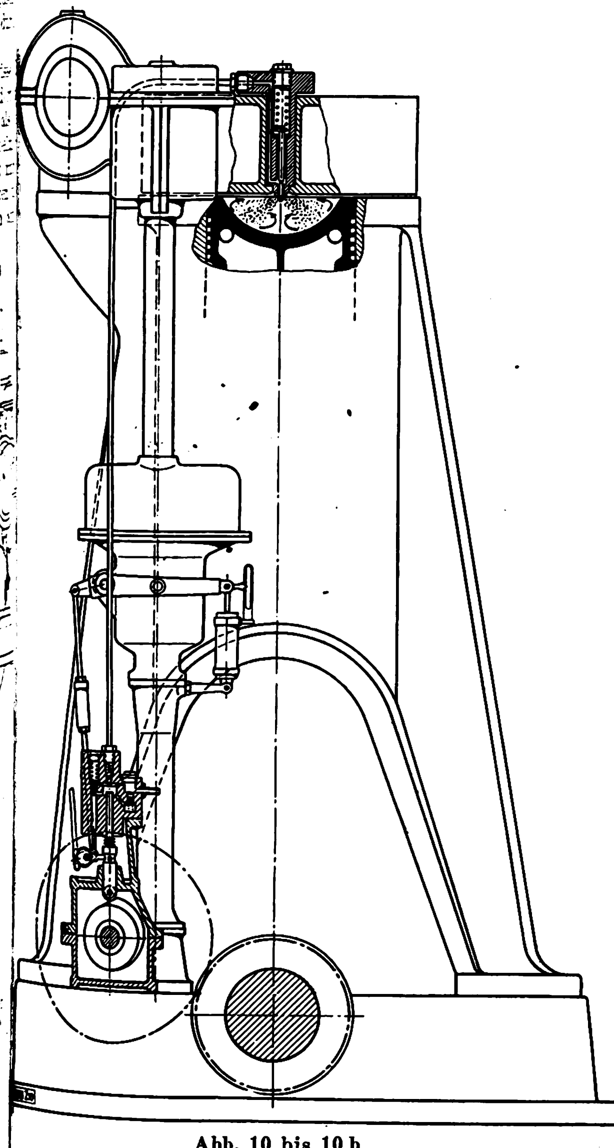

Abb. 4
Querschnitt
durch einen Zylinder

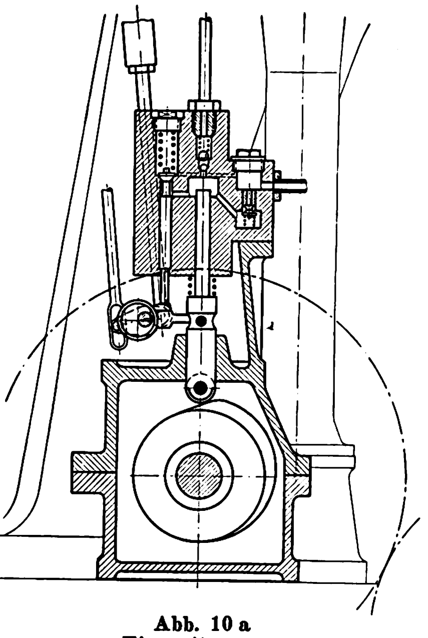
hergestellten kompressorlosen Motor in einen solchen mit Lufteinspritzung verwandeln, s. Abb. 5.

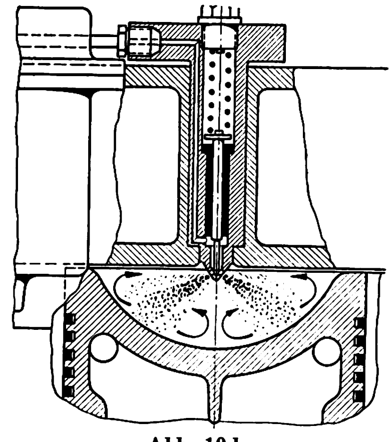
Mittelläufer, Abb. 6 bis 9, werden nur als kompressorlose Motoren gebaut. Die stetig sinkenden Verkaufspreise zwingen zur Schaffung dieser Bauart von höherer Drehzahl. Hier würde die Umwandlung in einen Kompressormotor große Modelländerungen bedingen, da die dem Schwungrad entgegengesetzte Stirnseite des Motors durch die Pumpen für Schmieröl und Kühlwasser verbaut ist.

Da die wagerechte Steuerwelle tief liegt, kann man sie von der Kurbelwelle aus mit einem Satz von drei Stirnrädern antreiben; es liegen daher keine Bedenken vor, die Brennstoffpumpe von dieser Steuerwelle anzutreiben. Um die Kurbelwelle leichter einlagern zu können, hat man auf das Hochziehen der Grundplatte, das bei Bootmaschinen üblich war, verzichtet. Das Kastengestell, auf das die Zylinder einzeln aufgesetzt werden und das in Zukunft mit den Zylindern zusammengegossen werden wird, sorgt für die notwendige Längsversteifung.

Die Kolben erwärmen sich bei kompressorlosen Motoren mit Strahleinspritzung wesentlich weniger als bei der Lufteinspritzung. Erst bei Zylinderleistungen von 175 PS_e wird man wohl zur Kolbenkühlung gezwungen sein. Über 175 PS_e Zylinderleistung dürfte man, weil die Kühlung der Tauchkolben konstruktiv schwierig ist, gekühlte Kolben mit besonderem Kreuzkopf ausführen. Bei so hohen Leistungen kommt zweckmäßig die heute allgemein gültige Bauart Schiffsantrieb: zusammengegossene


Abb. 10 bis 10 b
Treiböl-Einspritzvorrichtung
Maßst. 1 : 20


Abb. 10 a
Einspritzpumpe
Maßst. 1 : 10


Abb. 10 b
Einspritzdüse
Maßst. 1 : 10

oder verschraubte Zylinder, die mit der Grundplatte durch Zwischenständer verbunden werden, in Frage.

Brennstoff-Einspritzvorrichtung

Die Vorrichtung zum Einspritzen des Brennstoffs, Abb. 10 bis 10 b, wirkt nach dem Verfahren der reinen Strahlzerstäubung. Wesentlich für den Erfolg ist die Einspritzdüse, Abb. 11, eine sogenannte geschlossene Düse[1]) mit meist fünf Düsenlöchern, die von dem Nadelkegel vollständig abgedeckt werden. Dadurch wird das bei kompressorlosen Motoren oft störende Nachtropfen des Brennstoffes auf ein Mindestmaß beschränkt. Die geschlossene Düse gestattet, lange Leitungen zwischen Pumpe und Einspritzventil anzuwenden. Bis zum weitest entfernten Zylinder erreicht die Länge der Brennstoffleitung etwa 7 m. Obschon hier die Ölverdichtung beträchtlich ist, erreicht man in diesem Zylinder ebenso gute Verbrennung wie in den andern Zylindern, wie die Indikatordiagramme beweisen.

Der Öldruck wird mit Hilfe der Ventilfeder eingestellt. Er beträgt bei Gasöl 250 bis 300 at. Die Nadel öffnet sich unter dem Einfluß des auf den Unterschied der Nadelquerschnitte wirkenden Öldrucks. Sehr günstig verhält sich die Düse bei geringeren Belastungen und bei Leerlauf, während bei Düsen, deren Nadelkegel vor den Düsenlöchern liegt, bei geringerer Last und Leerlauf sehr oft eine unvollkommene Verbrennung, erkennbar an dem bläulichen Auspuff, eintritt. Durch Verlegen der Düsenlöcher in den Nadelkegel bleibt der Auspuff bis zum Leerlauf vollständig klar.

Die Gründe für diese gute Verbrennung sind die Vermeidung des Nachtropfens und die gute Zerstäubung. Dabei können die Spritzlöcher dieser geschlossenen Düse verhältnismäßig große Durchmesser erhalten. Während man bei offener Düse ohne bewegliche Nadel und bei halboffener Düse (Nadelkegel vor den Düsenlöchern) mit Bohrungen von 0,2 bis 0,35 mm Dmr. rechnen muß, sind hier Bohrungen von 0,5 bis 0,8 mm Dmr., je nach der Größe des Verbrennungsraumes, zulässig.

Bei Leerlauf, Abb. 12 bis 14, ist die Nadel ganz wenig geöffnet; man sieht aus den eingezeichneten Ölfäden, daß die Zerstäubung des gesamten Öls an der inneren scharfen Kante des Düsenloches erfolgt. Je mehr sich die Nadel bei zunehmender Belastung hebt, um so mehr bildet sich im Düsenloch ein fester, nicht so fein zerstäubter Kern, s. Abb. 15. Dies ist von großer Bedeutung, da der Ölkern der Träger der dem Öle durch den Pumpendruck mitgeteilten Energie ist; die dickeren Tröpfchen des Ölkernes haben eine größere Durchschlagkraft, sie fliegen weit in den Verdichtungsraum hinein und finden dort den zu ihrer Verbrennung notwendigen Sauerstoff. Wahrscheinlich bewirkt der Ölkern auch eine gute Durchwirbelung der Verbrennungsluft und dadurch das Eindringen der Luft in den Bereich der Brennstoffstrahlen. Hierauf deuten schon die hohen spezifischen Leistungen hin, die bei den kompressorlosen Motoren mit reiner Strahlzerstäubung erzielt werden.

Die Nadelhübe wachsen bei höherer Belastung verhältnismäßig beträchtlich. Wird nun die Ölförderung durch

[1]) DRP 403 751 und 404 665.

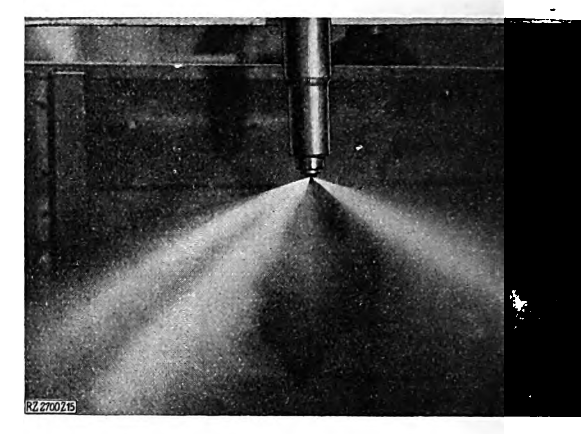


Abb. 15
Bildung eines Ölkernes bei höherer Belastung

Öffnen des Überströmventils der Pumpe unterbro so dauert die Ölzerstäubung durch die sich schließ Nadel noch etwas länger. Die Zerstäubung wird dam so feiner, je mehr sich die Nadel ihrem Sitz nähert, so auch in der zum Teil verbrauchten Luft immer noch gute Verbrennung erzielt wird. Die Flamme zieht nach den Düsenlöchern zurück, ähnlich wie sie be Nadelerhebung von den Löchern aus gewachsen ist.

Man hat versucht, den Hub der Nadel auf ei stimmtes Maß zu begrenzen. Der Erfolg war aber günstig. Das freie Spiel der federbelasteten Nadel die beste Verbrennung.

Mit dieser geschlossenen Düse ist es möglich, der brennungsdruck verhältnismäßig niedrig zu halte Diagramme zu erzielen, die der Gleichdruck-Verbre des Kompressormotors entsprechen. Infolgedessen da Verdichtung höher sein, als man sonst bei den kompr losen Motoren mit Strahleinspritzung zuläßt, dan Zünddrücke nicht zu hoch werden. Hohe Verdic sichert ein gutes Ingangsetzen der kalten Ma und sichert auch eine gute Verbrennung bei sch Ölen und besonders bei Steinkohlenteeröl ohne Z

Es sind Versuche im Gange, dem Gleich diagramm noch auf andre Weise näherzukomme kanntlich ist bei einem bestimmten Öldruck oder eine bestimmte Ölmenge in einer bestimmten Zeit eine Düsenöffnung getrieben wird, die Zerstäubu so besser, je kürzer das Düsenloch ist. Wie vor gegeben, kann man mit zunehmender Güte der Z bung die Vorzündung und damit die Druckerhöhun den Enddruck der Verdichtung verringern. In A ist eine Düse dargestellt, deren Löcher nur 0,5 m sind. Diese Düse ergab Diagramme nach Abb. bereits als gute Gleichdruck-Diagramme angesp werden können, wie man es bei Lufteinspritzung e Allerdings können solche Düsen wegen der g Wanddicke aufreißen, doch liegen schon Erfol neuartigen Düsen vor, deren Bohrungen kurz si die doch eine lange Lebensdauer haben.

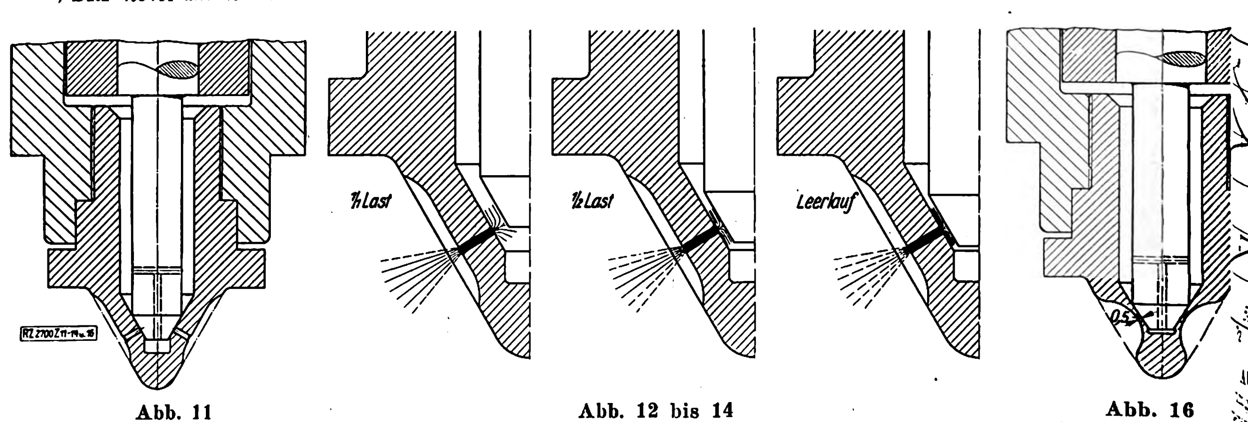


Abb. 11
Normale geschlossene Düse

Abb. 12 bis 14
Düse mit angehobener Nadel

Abb. 16
Düse mit kurzen Sprit

Abnahmeprüfungen

Obering. W. Elsner, Breslau, hat im Februar 1926 an einem kompressorlosen Motor von 600 PS_e, 420 mm Zyl.-Dmr., 570 mm Hub und 214 Uml./min, Abb. 1 bis 4, eingehende Versuche angestellt. Das Gasöl hatte 10 114 kcal/kg unteren Heizwert. Aus den Ergebnissen seien in Zahlentafel 1 folgende Zahlen mitgeteilt:

Zahlentafel 1

Belastung	1/2	3/4	1/1
Nutzleistung . . . . . . PS_e	290,7	450,7	601,5
Uml./min	219,5	216,8	214
Mittlerer nutzbarer Kolbendruck . . . . at	2,57	3,92	5,35
Verbrauch (auf 10 000 kcal/kg Heizwert bezogen) kg/PS_eh	184,2	169,7	164,5
Thermodyn. Wirkungsgrad (auf die Nutzleistung bezogen) . . . . vH	34,3	37,2	38,3

Im Sommer 1926 wurden an eine ausländische Behörde neun Borddynamos, bestehend aus Drei- und Vierzylinder-Mittelläufern, s. Abb. 6 bis 9, gekuppelt mit Gleichstromdynamos, geliefert. Bei der amtlichen Dauerprobe, Zahlentafel 2, wurde die Leistung teils mittels der Dynamo, teils mit einem Bremszaum gemessen.

Zahlentafel 2

a) Vierzylindermotor 330 mm Zyl.-Dmr., 440 mm Hub, 175 PS, 200 Uml./min

Belastung	1/1	3/4	1/2	1/4	1,15	1,2
V	240	236	228	220	240	244
A	480	375	255	160	545	565
Elektrischer Wirkungsgrad	0,88	0,88	0,87	0,85	0,88	0,88
Uml./min	200	202	204	206	198	196
Nutzbare Motorleistung . . . . . . PS	177,5	137	91	55,7	202	213
Verbrauch (bezogen auf 10 000 kcal/kg unteren Heizwert) . . kg/PS_eh	175	164	176	200	219	234

b) Dreizylindermotor 330 mm Zyl.-Dmr., 440 mm Hub, 120 PS, 200 Uml./min

Bremsleistung . PS	37	63	94,3	123	136,3	142,5	146
Uml./min	206	206	204	200	200	200	200[1])
Brennstoffverbrauch bezogen auf 10 000 kcal kg unt. Heizwert . . kg/PS_eh	297	208	174	177	210	214	217

[1]) Die Drehzahl wurde mit der Federwage nachgestellt.

Der Verbrauch war bei den Vierzylindermotoren etwas günstiger, da bekanntlich der Wirkungsgrad mit der Zylinderzahl steigt. Der günstigste Verbrauch liegt in beiden Fällen bei etwa ¾-Last. Dies erklärt sich daraus, daß bei den Motoren das Verhältnis vom Hub zum Durchmesser nur 1,33 beträgt. Beträgt das Verhältnis 1,5, dann wird der Verdichtungsraum günstiger, die Höhlung im Kolbenboden wird tiefer und die Länge der Brennstoffstrahlen größer.

An einem Dreizylindermotor der Ständerbauart mit 420 mm Zyl.-Dmr., 570 mm Hub und 250 bis 260 Uml./min wurde wegen der verhältnismäßig hohen Kolbengeschwindigkeit ein etwa zehn Tage langer Dauerversuch ausgeführt. Die Temperatur der Grundplattenlager (Ringschmierung) betrug im Beharrungszustand 50 bis 53° bei einer Raumtemperatur von 13 bis 15°. Die billige Ringschmierung reicht also aus. Der Motor wurde elektrisch abgebremst.

Es wurden Dauerversuche mit Gasöl und Braunkohlenteeröl ausgeführt. Letzteres hatte einen unteren Heizwert von nur 9520 kcal/kg und ist ein sogenanntes Heizöl. Aus Abb. 18 und 19 erkennt man den geringen Unterschied des Verbrauches bei den verschiedenen Belastungen von Vollast bis ¼-Last. Es besteht die Aussicht, den Anstieg des Verbrauchs von ¾- bis 1/1-Last verzögern, d. h. den Mitteldruck für die Nennlast höher annehmen zu können, was zur Verbilligung der Maschine beitragen würde. Wie bereits erwähnt, wird hierzu die Vergrößerung des Verhältnisses von Hub zu Zylinderdurchmesser wesentlich beitragen.

Mit Steinkohlenteeröl von 8980 kcal/kg unterem Heizwert war der Betrieb bis zu etwa ½-Last gut möglich, s. Abb. 20 und 21. Für geringere Belastungen und Leerlauf wird bei der vorhandenen Düsenbauart auf Grund früherer Versuche die Verdichtung um einige Atmosphären erhöht. Bei abgekuppelter Dynamo betrug der Teerölverbrauch 11,3 kg/h, bezogen auf 250 Uml./min. Die Berechnung des mechanischen Wirkungsgrades mit $\frac{60 - 11{,}3}{60} = 81{,}3$ vH, wobei 60 kg/h der Verbrauch bei Vollast bedeutet, ist nicht ganz genau. Sie gibt aber einen Anhalt dafür, ob bei zu hohem Verbrauch von Dieseldynamos und bei einwandfreier Verbrennung (unsichtbarem Auspuff) der Fehler in zu hoher Reibungsarbeit des Motors oder im elektrischen Teile zu suchen ist.

Auch mit Treibölen mit hohem Asphaltgehalt, z. B. argentinischem Dicköl (von Commodoro Rivadavia), wurden Versuche an dem Dreizylindermotor mit normaler Einspritzdüse ausgeführt; die Diagramme, Abb. 22 und 23, deuten auf einen guten Verlauf der Verbrennung hin. Die

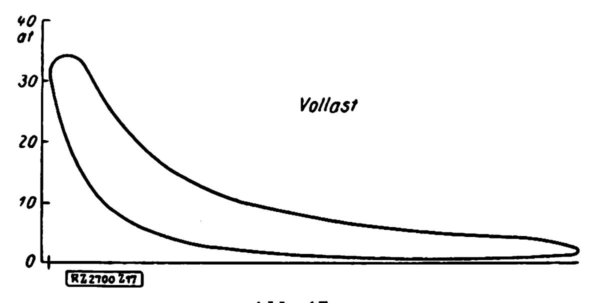


Abb. 17
Diagramm für Düse nach Abb. 16

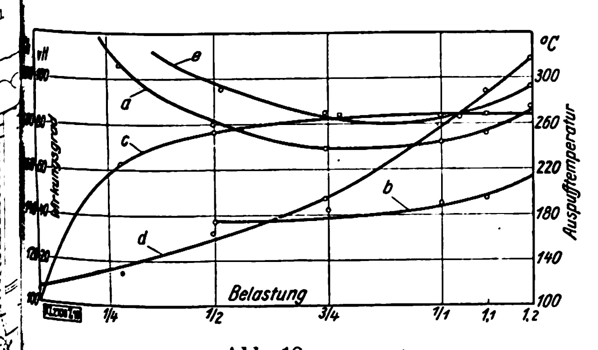


Abb. 18
Versuch mit Gasöl, umgerechnet auf 10 000 kcal/kg unteren Heizwert

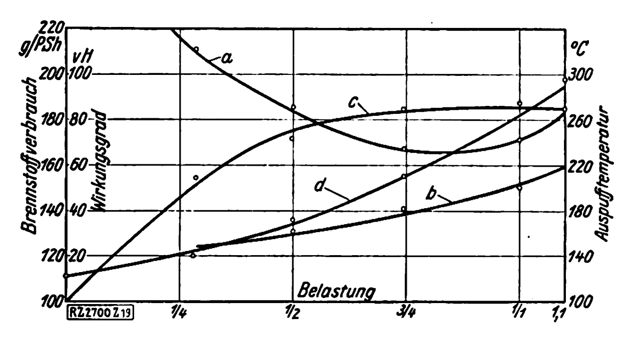


Abb. 19
Versuch mit Braunkohlenteeröl, umgerechnet auf 10 000 kcal/kg unteren Heizwert

a nutzbarer Brennstoffverbrauch *b* indizierter Brennstoffverbrauch *c* mechanischer Wirkungsgrad
d Auspufftemperatur *e* Brennstoffverbrauch einer Kompressor-Maschine

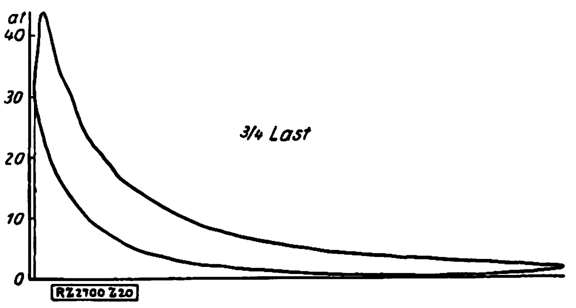


Abb. 20
Betrieb mit Steinkohlenteeröl
$p_m = 5{,}72$ kg/cm² $n = 253$ Uml./min

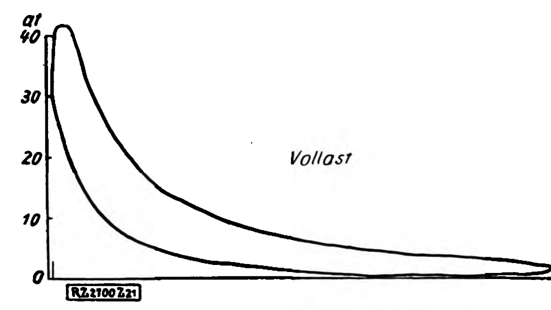


Abb. 21
Betrieb mit Steinkohlenteeröl
$p_m = 6{,}625$ kg/cm² $n = 250$ Uml./min

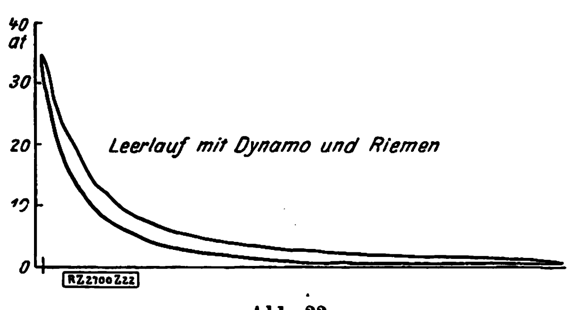


Abb. 22
Betrieb mit argentinischem Öl

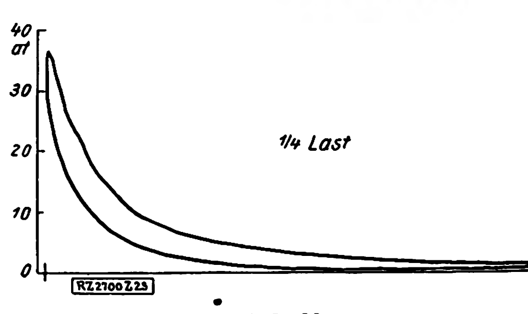
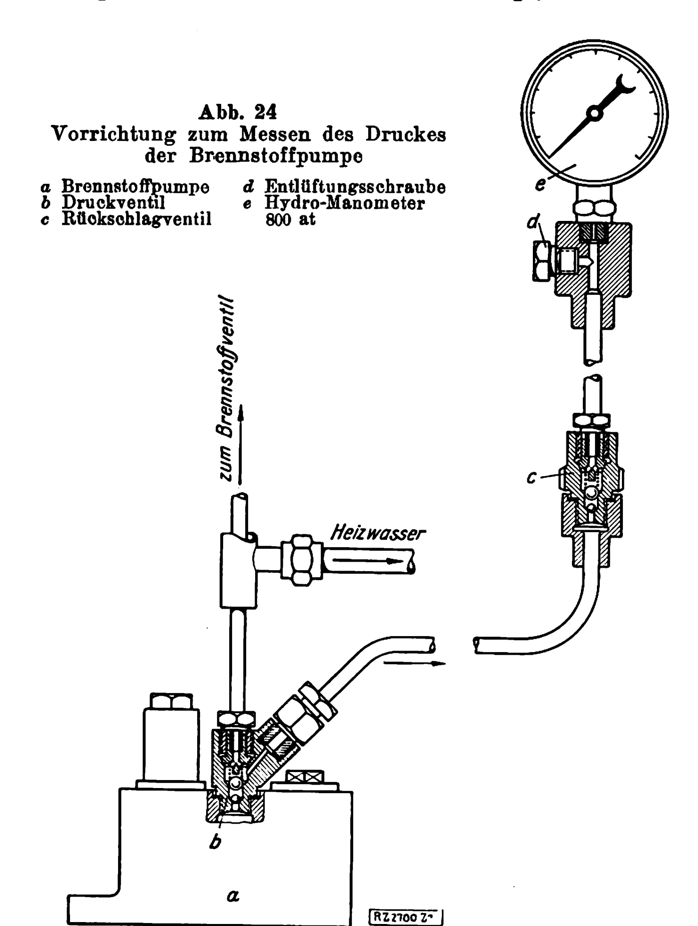


Abb. 23
Betrieb mit argentinischem Öl

Erfahrung hat aber ergeben, daß die Verbrennung schon nach wenigen Stunden des Betriebes wesentlich schlechter wird, was im Diagramm am Druckabfall während des Einspritzens und am höheren Verlauf der Expansionslinie gegen Hubende beobachtet wurde. Die Ursache ist, daß sich an den Düsenöffnungen Koks aus dem stark asphalthaltigen Brennstoff ansetzt. Es bilden sich dort rohrförmige Krater von oft mehr als 10 mm Länge. Manchmal

Abb. 24
Vorrichtung zum Messen des Druckes der Brennstoffpumpe

a Brennstoffpumpe
b Druckventil
c Rückschlagventil
d Entlüftungsschraube
e Hydro-Manometer 800 at



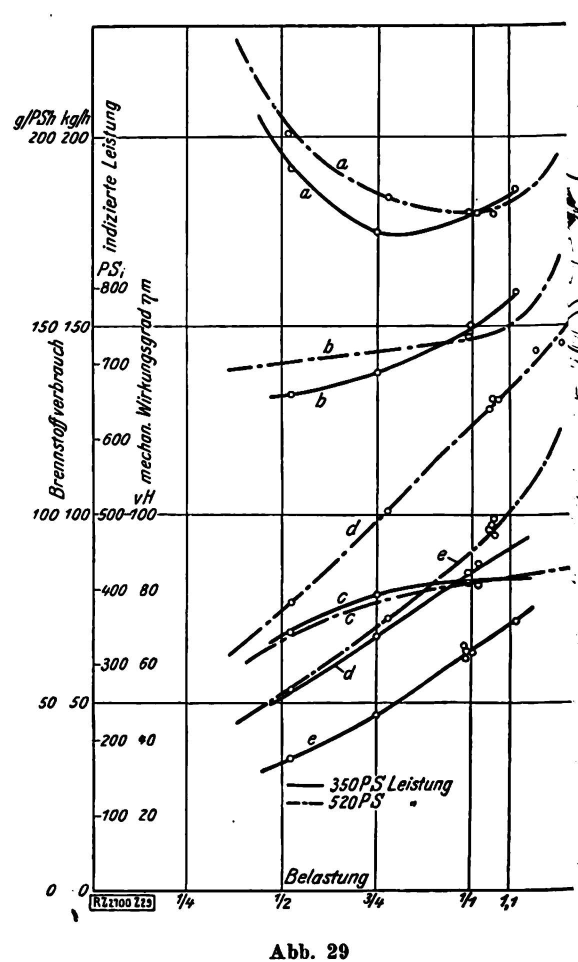


Abb. 29
Versuchsergebnisse mit Rohöl von Commodoro Rivad
($H_u = 9710$ kcal/kg)

a Brennstoffverbrauch für 1 PS_eh, bezogen auf $H_u = 10\,000$ kc
b „ „ 1 PS_ih, „ „ „ $= 10\,000$
c mechanischer Wirkungsgrad η_m
d indizierte Leistung
e stündlicher Brennstoffverbrauch „ „ „ $= 10\,000$

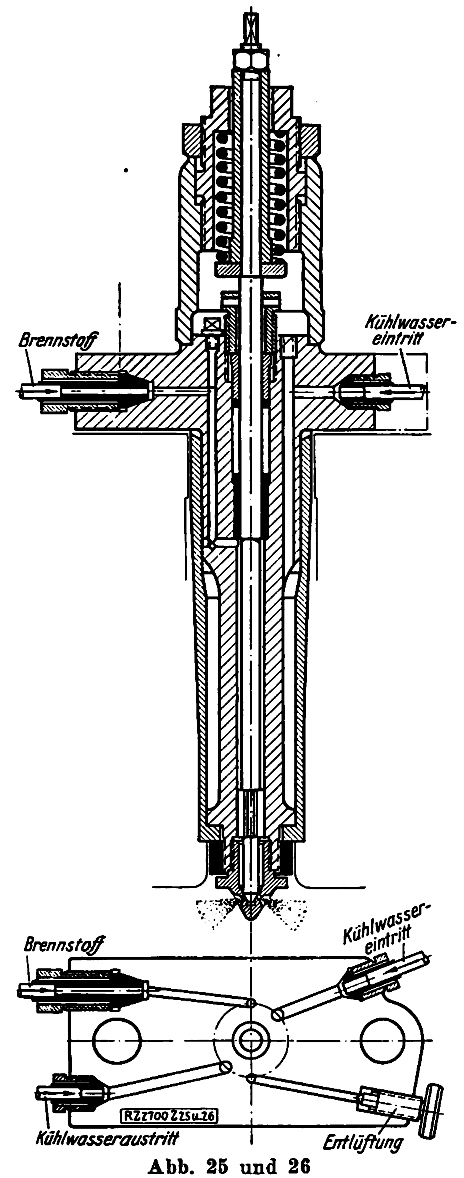


Abb. 25 und 26
Gekühlte Düse vom Jahre 1923

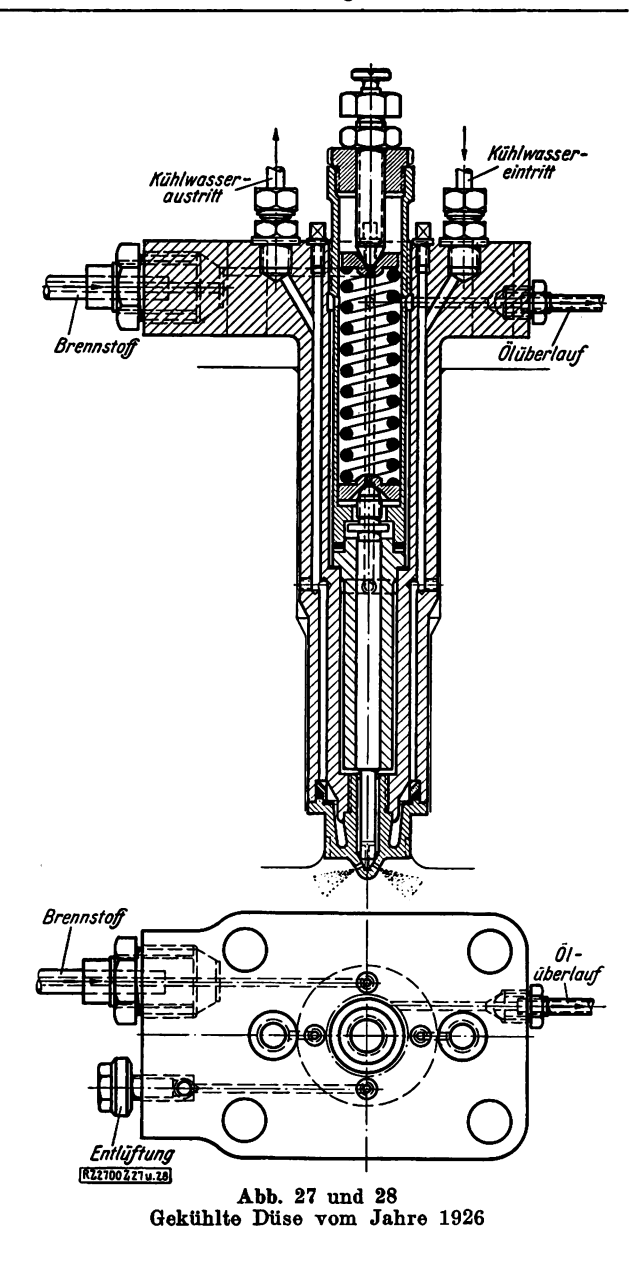


Abb. 27 und 28
Gekühlte Düse vom Jahre 1926

llen diese Krater von selbst ab, und die Verbrennung rd wieder besser; der Zustand ist aber veränderlich, d. h. Ansätze bleiben meist kurz und fest, und man kann nur rch Ausbau und Reinigen der Düse Abhilfe schaffen.

Die Untersuchung des normalen argentinischen Roh- s ergab:

Unterer Heizwert	9710	kcal/kg
Spez. Gewicht bei 15 °C	0,92	
Viskosität bei 60 °C	9,7	Englergrade
„ „ 75 °C	6,1	„
„ „ 90 °C	3,8	„
Elementaranalyse C	83,62 vH	
H_2	11,88 „	
$O_2 + S + N_2$.	4,443 „	
Asche . . .	0,057 „	
Verkokungs-Rückstand	4,84 vH	
Harte Asphalte (mit Normal-benzin bestimmt)	0,524 „	
Weiche und harte Asphalte zus. (mit Alkohol-Aether ermittelt)	11,60 „	

Man sieht, daß man hauptsächlich mit zwei Eigenschaften des Öles, nämlich der Zähflüssigkeit und dem hohen Asphaltgehalt, zu rechnen hat. Der Zähflüssigkeit kann man durch Ummanteln der ölführenden Leitungen und Speisen des Mantels mit heißem Kühlwasser abhelfen, dessen Temperatur 80 bis 90 ° betragen muß. Die Viskosität bleibt aber immer noch sehr groß, wodurch sich hohe Pumpendrücke und daher Schwierigkeiten im Antrieb der Pumpen einstellen.

Am Druckventil der Pumpe wurde die in Abb. 24 dargestellte Meßvorrichtung angebracht. Das Rückschlagventil in der Meßleitung hat den Zweck, zu verhüten, daß der Manometerzeiger nach jedem Druckhub zu sehr zurückgeht. Mittels der Entlüftungsschraube wird die Luft aus der Meßleitung entfernt und zur Nachprüfung der Manometerzeiger nach den einzelnen Versuchen auf null gebracht. Bei 4 mm lichter Rohrweite wurden gemessen

mit Gasöl bei Vollast . . . . 380 at Pumpendruck,
„ argentinischem Dicköl 70 °C . 450 „ „ ,
„ „ „ 90 °C . 430 „ „ .

Bei 6 mm Rohrweite ergaben

Gasöl bei Vollast . . . . 280 at Pumpendruck,
argentinisches Dicköl 90 °C . 310 „ „ .

Weitere Versuche zeigten, daß die Länge der Leitung von der Pumpe bis zur Düse den Pumpendruck sehr wenig beeinflußt. Durch Erwärmen des Dicköls auf 90 °C und Vergrößern der Leitungen kann man also hinsichtlich der Pumpenbeanspruchungen gleiche Verhältnisse wie bei Gasöl schaffen.

Dagegen kann man das Verkoken an der Düse nur durch Herabsetzung der Temperatur der Teile verhindern, an denen sie auftreten. Es wurde daher die in Abb. 25 und 26 dargestellte gekühlte Düse eingebaut, die bereits bei den ersten kompressorlosen Motoren benutzt, später aber durch eine einfache, ungekühlte Düse ersetzt wor-

den war. Der Erfolg war gut, aber noch nicht durchgreifend genug. Vollständig verhindert wurde die Koksbildung an der Düse durch die in Abb. 27 und 28 dargestellte Konstruktion.

In der letzten Zeit hat Prof. Baer, Breslau, drei Vierzylindermotoren von je 350 PS und drei Sechszylindermotoren von 520 PS geprüft. Alle diese Motoren mußten 48 h laufen, und zwar 46 h mit Vollast und 2 h mit 10 vH Überlast.

Gewährleistet waren mit:

argent. Dicköl (ohne Toleranz)	Vollast	196 g/PS$_e$h	bezogen auf 10 000 kcal/kg unt. Heizwert
	$^3/_4$-Last	215 „	
	$^1/_2$-Last	253 „	

Versuchsergebnisse:

a) Vierzylindermotor 395 mm Zyl.-Dmr., 570 mm Hub, 214 Uml./min

Belastung		$^1/_2$	$^3/_4$	$^1/_1$	1,1
Nutzleistung	PS	175	262,5	350	385
Verbrauch	g/PS$_e$h	200	180	184	192

b) Sechszylindermotor 395 mm Zyl.-Dmr., 570 mm Hub, 214 Uml./min

Belastung		$^1/_2$	$^3/_4$	$^1/_1$
Verbrauch	g/PS$_e$h	203,4	184	181

Während des 46stündigen Probelaufes mit Vollast wurde der Brennstoff laufend gemessen; es ergab sich ein Durchschnitt von 184,1 g/PS$_e$h. Die Versuchswerte sind in Abb. 29 graphisch aufgetragen. Die Motoren wurden unmittelbar anschließend an den 48stündigen Dauerlauf 10 min lang noch mit 20 vH überlastet. Die Brennstoffverbrauchzahlen sind um etwa 5 vH höher als bei Gasöl. Durch Verbesserungen an der Brennstoffpumpe und am Einspritzventil ist inzwischen der Verbrauch mit Commodoro-Öl noch wesentlich vermindert worden.

Prof. Baer hat an einem gleichen Vierzylindermoto wie unter a) folgende Werte gemessen:

Nutzleistung	PS$_e$	173	266	350
Verbrauch	g/PS$_e$h	194	171	175

Neuerdings werden dem argentinischen Roh durch Destillation die leichteren Kohlenwasserstoffe entzogen (Benzin, Petroleum, Gasöl). Zur Verwendung der Rückstände im kompressorlosen Motor sind weitere Sondermaßnahmen notwendig, da erst bei 130 °C eine genügende Dünnflüssigkeit erreicht wird. Aussichtreiche Versuche zur einwandfreien Verwendung dieses Brennstoffes sind im Gange. [B 2700]

Einwalzen von Rohren in Kesselwände[1]

Von Dr.-Ing. Philipp Oppenheimer, Camden N. J.

Die Verbindung von Rohren mit Kesselwänden muß dicht und fest sein. Bei der einfachsten und gebräuchlichsten Verbindung werden die Rohre mit Rohrwalzen in die Rohrlöcher des Kesselblechs oder der Rohrwand eingewalzt. Die Rohrwalzen können mit der Hand (bis vor kurzer Zeit herrschte der Handbetrieb vor) oder durch Druckluft- und elektrische Bohrmaschinen angetrieben werden. Bei den vom Verfasser ausgeführten sieben Versuchsreihen, bestehend aus 120 Einzelversuchen, wurden zum Antrieb der Rohrwalzen langsam laufende elektrische Bohrmaschinen verwendet. Die aufgenommene Leistung der Maschine wurde jeweils durch einen selbstschreibenden Wattmesser gemessen. Abb. 1 zeigt eine derartige Leistungsaufnahme.

Während der Zeitdauer *a* wird das Rohr aufgeweitet, bis sein äußerer Durchmesser gleich dem Durchmesser des Rohrloches geworden ist. Die Leistung nimmt hierbei proportional der Drehzahl der Rohrwalze zu.

Sobald das Rohr zum Anliegen an die Wandung des Loches kommt, steigt der Kraftverbrauch unter starken Schwankungen bis zu einem Höchstwert, der durch das Abschalten der Antriebmaschine bestimmt wird. In dieser Zeitdauer *b* wird das Rohr weiter gedehnt, und gleichzeitig üben die Rollen der Rohrwalze einen Druck auf die den Lochrand umgebenden Schichten der Kesselwand aus. Hierdurch treten bei den dem Lochrand zunächst liegenden, konzentrischen Schichten bleibende und elastische, bei den weiter entfernt liegenden Schichten nur elastische Formänderungen auf. Im Rohr und in der Kesselwand entstehen Spannungen, die radial nach der Lochmitte zu gerichtet sind.

Beim Zurückschrauben der Rohrwalze (Zeitdauer *c* der Abb. 1) bewirken diese innern Spannungen ein Zurückfedern des Rohres und der Lochwandung nach innen, bis Gleichgewicht eintritt, d. h. bis die radiale Spannung am äußeren Rohrumfang gleich groß und entgegengesetzt der radialen Spannung am Umfang des Loches geworden ist. So entsteht die Walzverbindung zwischen Rohr und Blech, die also eine Schrumpfverbindung ist. Im Gegensatz zur Wärmeschrumpfverbindung ist bei der Walzschrumpfverbindung der Lochdurchmesser nicht nur nach der Schrumpfung, sondern auch unmittelbar vor der Schrumpfung gleich dem äußeren Rohrdurchmesser.

Zu der Haftkraft des Schrumpfes tritt bei einem mit axialem Überstand eingewalzten Rohr der Widerstand, den das überstehende Rohrende, das beim Walzen in radialer Richtung herausgequetscht wird, gegen das Hereinziehen in den kleineren Lochdurchmesser bietet. Eine weitere Vergrößerung der Haftkraft findet statt, wenn beim Lösen der Verbindung Teile des Rohres oder des Bleches abgeschert werden. Dies ist der Fall bei Rohren, die entweder axial überstehend mit starken Kräften oder in Rillen in der Lochwandung oder mit einem rings um das Rohr gelegten Stahldraht eingewalzt sind.

Der Widerstand der Schrumpfverbindung gegen das Herausziehen des Rohres, der gleich der Haftkraft eines glatt und ohne Überstand eingewalzten Rohres ist, wurde rechnerisch ermittelt, indem das Rohr und das umschließende Stück des Bleches (im folgenden Flansch genannt) als Hohlzylinder aufgefaßt wurden, die unter äußerem oder innerem Überdruck stehen. Die Haftkraft des Schrumpfes ergab sich zu:

$$S = \mu \, 2 \pi s_1 \frac{u_0 - u_0'}{\frac{1}{E} \frac{1{,}3 \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 + 0{,}7}{\left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 - 1} + \frac{1}{E'} \left(\frac{r_1}{\delta_1} - 1{,}3\right)} \quad . . (1)$$

Hierin bedeuten:

- μ Beiwert der gleitenden Reibung zwischen Rohr- und Lochwandung,
- s_1 Höhe des Zylindermantels, auf dem sich Rohr und Lochwand berühren (höchstens gleich der Blechdicke),
- u_0 elastische Verkürzung des Lochhalbmessers, wenn der Widerstand des Rohres nicht vorhanden wäre,
- u_0' elastische Verkürzung des äußeren Rohrhalbmessers infolge der Eigenspannungen im Rohr,
- r_1 Lochhalbmesser nach der Schrumpfung,
- r_2 äußerer Flanschhalbmesser nach der Schrumpfung,
- δ_1 Rohrwanddicke nach der Schrumpfung,
- E Elastizitätszahl des Blechmaterials,
- E' Elastizitätszahl des Rohrmaterials.

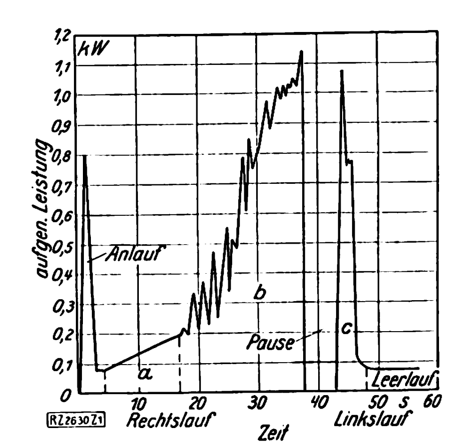
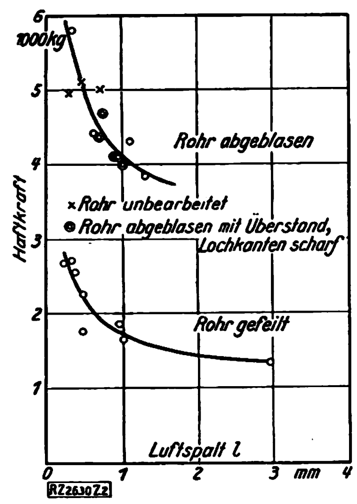
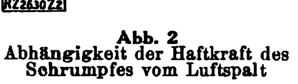


Abb. 1 Leistungsaufnahme beim Einwalzen von Rohren

a Aufweiten des Rohres *b* Walzen des Rohres unter gleichzeitiger Verformung der Rohrwand *c* Zurückschrauben der Walze

[1] Auszug aus der gleichnamigen Dissertation, Technische Hochschule München 1926, veröffentlicht in der Zeitschrift des Bayerischen Revisionsvereins Bd. 30 (1926) S. 167.




Abb. 2
Abhängigkeit der Haftkraft des Schrumpfes vom Luftspalt

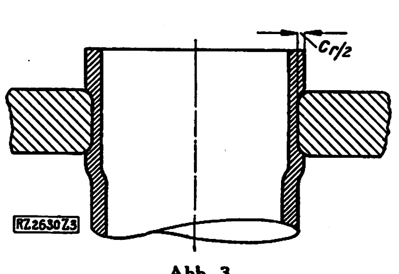


Abb. 3
Mit Überstand eingewalztes Rohr
c_r radialer Rohrüberstand

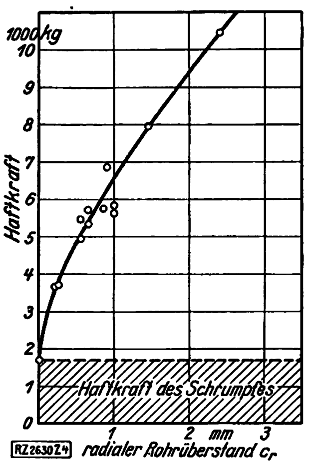


Abb. 4
Die Haftkraft in Abhängigkeit vom radialen Rohrüberstand

Wenn Rohre und Bleche aus dem gleichen Werkstoff bestehen, vereinfacht sich die vorstehende Gleichung zu:

$$S = \mu\, 2\, \pi\, s_1\, E \frac{\frac{u_0 - u_0'}{2}}{\frac{2}{\left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 - 1} + \frac{r_1}{\delta_1}} \quad \ldots\ldots (2).$$

Zu den Versuchen[2]) wurden Kesselbleche aus Stahl von den Blechsorten F I und F II verwendet. Die Brinellhärte schwankte von 92 bis 112. Der hauptsächlich verwendete F I-Werkstoff hatte eine Zerreißfestigkeit von 43,3 kg/mm², 28,1 vH Bruchdehnung und 0,045 vH Kohlenstoffgehalt. Die mittlere Zerreißfestigkeit des Rohrmaterials betrug bei der Anlieferung 41,5 kg/mm², die Bruchdehnung 23,8 vH. Durch Glühen in Holzkohlenfeuer sank die Festigkeit im Mittel um 3 vH, während die Dehnung um 7,5 vH stieg. Durch Glühen in einem Glühofen wurde die Festigkeit im Mittel um 5 vH vermindert, während die Dehnung um 11 vH erhöht wurde.

Von den in Lagerlängen vorhandenen Rohren wurden Stücke von 200 mm Länge abgeschnitten, an einem Ende halbkugelförmig zusammengeschweißt und in Holzkohlenfeuer geglüht. Die Flanschen, in die die Rohre eingewalzt wurden, wurden aus dem vollen Blech autogen herausgeschnitten und hatten einen Durchmesser von 200 mm. Nach dem Einwalzen wurden die Proben unter hydraulischem Druck auf Dichtheit untersucht. Alsdann wurden die Rohre in einer Amsler-Laffon-Druckpresse aus den Flanschen herausgedrückt, wobei die größte Haftkraft abgelesen wurde.

Um die reine Haftkraft des Schrumpfes zu ermitteln, wurden 46 Rohre glatt und ohne Überstand eingewalzt. Die Ergebnisse dieser Versuche zeigten in voller Übereinstimmung mit der oben aufgeführten Gleichung, daß die Haftkraft des Schrumpfes von folgenden Faktoren abhängig ist:

1. Sie ist dem Beiwert der gleitenden Reibung μ zwischen Rohroberfläche und Lochwandung proportional, d. h. sie ist um so größer, je rauher die Oberflächen des Rohres und der Lochwandung sind. Die Reibungsbeiwerte zwischen gefeilter Rohroberfläche und glatt ausgedrehter Lochwandung betrugen $\mu_g = 0{,}54$, zwischen mit Sandstrahlgebläse abgeblasener Rohroberfläche und glatt ausgedrehter Lochwandung $\mu_a = 0{,}95$.
2. Sie ist der wirksamen Blechdicke proportional. Die Linien der Haftkraft steigen mit zunehmender Blechdicke rascher an, z. B. beträgt die Haftkraft bei 50 mm Blechdicke das 6,3fache der bei 25 mm Blechdicke.
3. Sie ist um so größer, je stärker die Rückfederung der Lochwand und je kleiner die Rückfederung des Rohres nach dem Einwalzen ist; diese ist um so kleiner, je weicher das Rohrmaterial und je geringer der Luftspalt e zwischen Rohr- und Lochwand vor dem Einwalzen gewesen sind. Die Versuchsergebnisse sind in Abb. 2 aufgetragen.
4. Sie ist von dem Verhältnis $\frac{r_1}{\delta_1}$ (äußerer Rohrhalbmesser zur Rohrwanddicke) abhängig. Bei Rohren gleichen Durchmessers haben diejenigen eine höhere Haftkraft, deren Wanddicke größer ist. Bei gleicher Wanddicke haben Rohre größeren Durchmessers eine geringere Haftkraft als Rohre kleineren Durchmessers, müssen jedoch mit stärkeren Kräften eingewalzt werden, um dicht zu sein.
5. Sie ist vom Verhältnis $\frac{t_1}{d_1} = \frac{r_2}{r_1}$ (Teilung zum Rohrdurchmesser) abhängig. Der Einfluß dieses Faktors auf die Haftkraft ist klein gegenüber dem von $\frac{r_1}{\delta_1}$ und von praktischer Bedeutung nur bei schmalen Stegen zwischen den Rohrlöchern.
6. Sie ist eine Funktion des Rohr- und des Blechmaterials, sie ist am größten bei Rohren und Blechen aus Stahl, kleiner bei Rohren aus Stahl und Blechen aus Kupfer.
7. Die zum Einwalzen aufgewendeten Kräfte haben keinen Einfluß auf die Haftkraft und die Dichtheit der Walzschrumpfverbindung, sobald sie einen bestimmten Mindestwert überschritten haben, der vom Rohrdurchmesser und der Rohrwandstärke abhängig ist.

Für die Haftkraft eines mit axialem Überstand vor dem Blech eingewalzten Rohres ist die Ausführung der Lochkanten des Bleches von Bedeutung. Bei scharfen Lochkanten wurde keine Erhöhung der Haftkraft des Schrumpfes durch den Überstand beobachtet, während bei abgerundeten Lochkanten die gesamte Haftkraft um so mehr anstieg, je größer nach dem Einwalzen der Unterschied zwischen dem äußeren Rohrdurchmesser, vor dem Blechloch gemessen, und dem Blechlochdurchmesser war, Abb. 3. In Abhängigkeit von diesem Unterschied, der mit radialer Rohrüberstand c_r bezeichnet ist, sind in Abb. 4 die zugehörigen Haftkräfte aufgetragen. Bei einem radialen Rohrüberstand von 1 mm beträgt z. B. die gesamte Haftkraft ungefähr das Vierfache der Haftkraft des Schrumpfes eines gefeilten Rohres.

Die Haftkraft kann weiter erhöht werden durch kegeliges Aufweiten des überstehenden Rohrendes, und zwar um so mehr, je größer der Aufweitwinkel ist. Der Höchstwert wird bei umgebördelten Rohren erreicht.

Wenn das überstehende Rohrende beim Einwalzen besonders stark herausgequetscht wird, was durch Verwendung besonderer Rohrwalzen oder durch Anwendung sehr starker Kräfte bewirkt wird, wird der Widerstand des überstehenden Rohrendes gegen das Hereinziehen in den kleineren Lochdurchmesser beträchtlich vergrößert, und Teile des Rohres werden abgeschert. Die gebräuchlichste Walzverbindung, bei der beim Herausdrücken des Rohres Teile des Rohres abgeschert werden, ist die Walzrillenverbindung. In die Wandung des Blechloches werden eine oder mehrere Rillen eingedreht, in die das Rohrmaterial beim Einwalzen hineingequetscht wird. Sämtliche Abscherverbindungen, die untersucht wurden, waren bei Wasserdrücken bis zu 200 at dicht. Die Haftkräfte der Walzrillenverbindungen wachsen mit zunehmenden Aufwalzkräften und erreichen ihren höchsten Wert, wenn die Rillen mit Rohrmaterial vollgepreßt sind. Die Formänderungen und die Verfestigung des Rohr- und des Blechmaterials sind wesentlich größer als beim glatten Einwalzen. Die größte

[2]) Die Versuche wurden in der Dampfkesselfabrik vorm. A. Rodberg A.-G., und in der Materialprüfanstalt der Technischen Hochschule, beide in Darmstadt, von dem Verfasser ausgeführt.

Abb. 6 (rechts)
Härte des Bleches nach dem Einwalzen

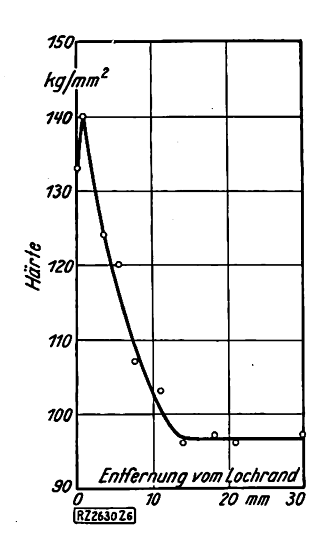
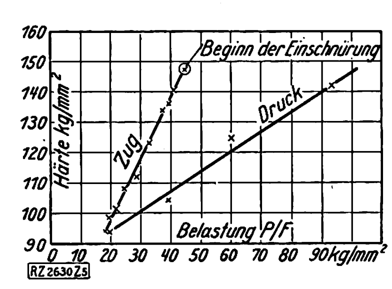


Abb. 5
Kugeldruckhärte in Abhängigkeit von der jeweiligen spezifischen Belastung



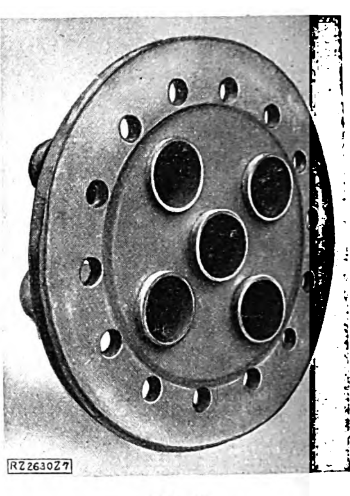


Abb. 7
Rohrwand nach dem Einwalzen

Haftkraft (gleich dem 12fachen der Haftkraft des Schrumpfes eines gefeilten Rohres) wurde bei einer Rille von quadratischem Querschnitt ermittelt.

Günstige Ergebnisse wurden mit der Walzdrahtverbindung nach Lang[3]) erzielt, bei der rings um das Rohr zwischen Rohr und Lochwand ein Stahldraht gelegt wird. Bei dieser Verbindung waren größere Kräfte zum Einwalzen nicht erforderlich, und die Formänderungen waren daher auch nicht größer als beim üblichen Einwalzen, während die Haftkraft das Neunfache der Haftkraft des Schrumpfes eines gefeilten Rohres betrug.

Um den Zusammenhang zwischen den auf den jeweiligen Querschnitt bezogenen Belastungen und den durch die Brinellsche Kugeldruckprüfung gefundenen Härtezahlen festzustellen, wurde eine größere Anzahl von Zerreiß-, Druck- und Kugeldruckversuchen ausgeführt, deren Ergebnisse in Abb. 5 dargestellt sind. Die Brinellhärte ist eine lineare Funktion der Belastungen und daher ein Maßstab für die Verfestigung eines Werkstoffes durch Kaltbearbeitung.

Die Rohrlöcher von 15 Versuchsflanschen wurden nun, nachdem die Rohre herausgedrückt worden waren, exzentrisch ausgedreht, die Flanschen in mehrere Teile zerlegt, und die Härte des Materials in verschiedenen Abständen vom Lochrand unter der Kugeldruckpresse festgestellt. [...] so gefundenen Härtelinien, von denen eine in Ab[...] wiedergegeben ist, weisen einen ähnlichen Verlauf [...] Die Verfestigung des Materials und die Ausbreitung [...] verfestigten Zone vom Lochrand wachsen annähernd [...] portional der zum Einwalzen verwendeten Kraft.

Um die gegenseitige Beeinflussung mehrerer Rohr[...] untersuchen, die in dieselbe Rohrwand eingewalzt [...] wurden in zwei Bleche von je 21 mm Dicke und 400 [...] Dmr. je ein Rohr von 83 mm Dmr. in der Mitte und [...] gleiche Rohre rund herum eingewalzt, Abb. 7. Die [...] gewendete mittlere Walzleistung betrug bei der üblich [...] walzten Rohrwand 1,25 PS, bei der stark gewalzten R[...] wand 2,25 PS. Sämtliche Rohrverbindungen waren dicht [...] Wasserdrücken von 50 at. Die Haftkräfte der zuerst [...] gewalzten, mittleren Rohre waren nicht kleiner, als die [...] äußeren Rohre. Der Durchmesser der stark gewa[...] Rohrwand war durch das Einwalzen der Rohre um 6[...] der üblich gewalzten Rohrwand nur um 0,9 vH gewach[...]

Vergleiche der in den Abb. 8 und 9 photographi[...] Fließbilder, die an der Oberfläche der Bleche auftr[...] zeigen, daß die Ausbreitung der Fließbilder bei der [...] gewalzten Rohrwand bedeutend stärker ist als bei [...] üblich gewalzten Rohrwand, insbesondere, daß das Mat[...] der Stege zwischen dem mittleren Rohrloch und den äu[...] Rohrlöchern durchweg verfestigt ist. Weitere Untersu[...] gen der Stege durch Kugeldruckversuche, Gefügebilder [...] Rekristallisation hatten folgendes Ergebnis:

Durch das Einwalzen der Rohre mit größeren Kr[...] entsteht in den Lochstegen ein von dem ursprüngli[...] stark verschiedenes Material, das über den ganzen Q[...] schnitt hin spröder geworden ist. Die Härte, Fließgr[...] und Zerreißfestigkeit sind größer, die Dehnung kleiner [...] worden. Mit anderen Worten, das Material ist weniger [...] eignet als das ursprüngliche, die im Kesselbetrieb auftre[...] den Dauerbeanspruchungen auszuhalten.

Die Kunst des Rohrwalzens besteht darin, eine f[...] und dichte Verbindung von Rohr und Rohrwand mit m[...] lichst geringen Einwalzkräften zu erzeugen. Bei den o[...] beschriebenen Versuchen (Rohrdurchmesser 83 mm, Ro[...] wanddicke 3,5 mm, Blechdicke 25 mm) hat sich eine W[...] leistung von 1,1 PS, entsprechend einer Umfangskraft je [...] Rolle der Rohrwalze von 370 kg, als genügend erwiesen [...]

Zur Schonung der Rohre und Rohrwände wird die V[...] wendung von Rohrwalzen empfohlen, die sich selbstt[...] ausschalten oder ein Zeichen geben, sobald ein bestimm[...] Druck überschritten wird. [M 2630

[3]) „Maschinenbau", Bd. (1925) S. 218 u. f.

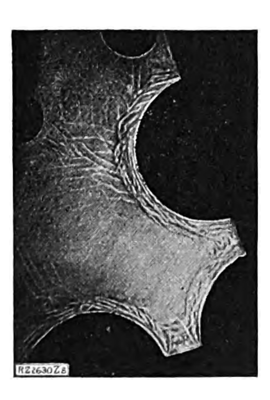


Abb. 8
Fließbilder auf der üblich gewalzten Rohrwand
Maßst. rd. 1:

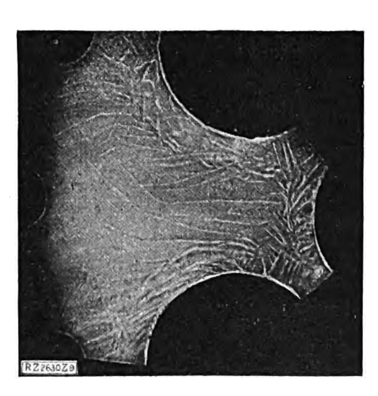


Abb. 9
Fließbilder auf der stark gewalzten Rohrwand
Maßst. rd. 1:3,5

Die Brennstoffausnutzung im Bäckereigewerbe

Von Prof. Chr. Eberle, Darmstadt

(Schluß von Seite 992)

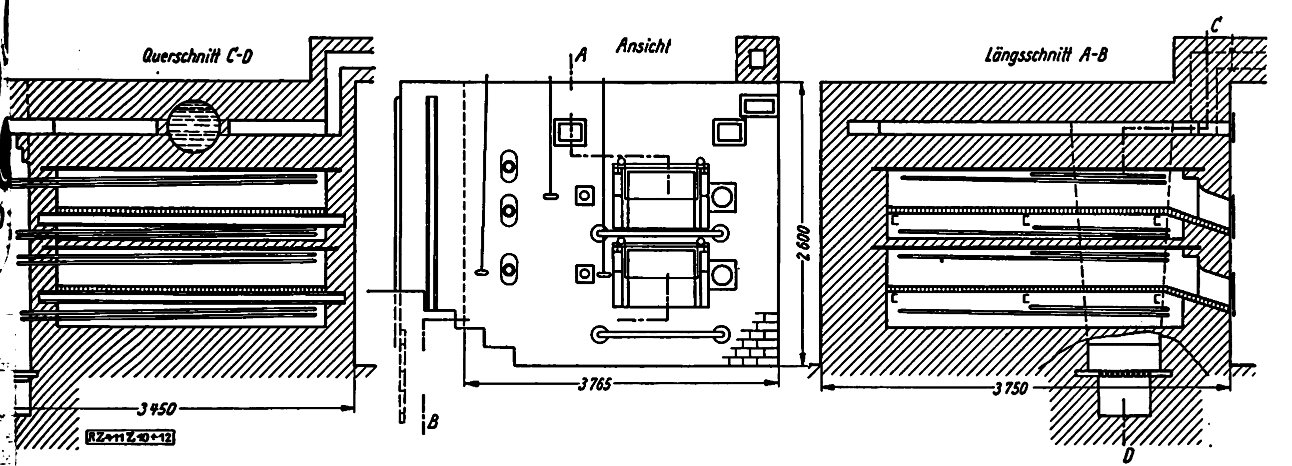


Abb. 10 bis 12
Älterer Doppeleinschieß-Dampfbackofen
Zwei Herde zu 2,58 × 2,3 m² Rost 0,5 × 0,3 m²

Die Röhrenbacköfen

Nach der Art ihrer Beschickung werden die Röhren-Dampfbacköfen unterschieden in Einschieß-, Auszug-Kombinationsöfen. Während bei den Einschießöfen Brote einzeln in den Backraum eingebracht werden, ist Auszugofen die Herdplatte auf einem Gestell ausfahrbar angeordnet. Der ausgezogene Herd wird auf einmal vollständig mit Backware besetzt und wieder eingefahren. Dieser Herd wird besonders für größere Bäckereien bevorzugt. Meist sind zwei mit Dampf beheizte Herde übereinander angeordnet, so daß man eigentlich von Doppeleinschieß- bzw. Doppelauszugöfen reden

Zahlentafel 6
Ergebnisse der Versuche an einem älteren Doppeleinschieß-Dampfbackofen
stoff: Rheinische Braunkohlenbriketts; Aschengehalt 11,1 vH, Wassergehalt 14,5 vH, unterer Heizwert 4455 kcal/kg

h Nr.	1	2	3	4	5	6	7
	Mittwoch 20. Oktober 1926	Donnerstag 21. Oktober	Freitag 22. Oktober	Sonnabend 23. Oktober	Montag 25. Oktober	Dienstag 26. Oktober	Mittwoch 27. Oktober
ntemperatur °C	4	3	4	4	7	5	4
henge kg	404	403	510	418	481	480	425
n Brot vH	67,0	68,2	74,8	48,9	75,1	73,2	69,6
Kleingebäck „	33,0	31,8	25,2	51,1	24,9	26,8	30,4
hl der Brotschüsse	2	2	2	2	2	3	2
nstoffmenge kg	115	122,5	135	115	170	120	115
sgl. für 100 kg Teig „	28,5	30,4	26,5	27,6	35,4	25,0	27,0
meverbrauch f. 1 kg Teig kcal	1270	1355	1180	1230	1580	1115	1205
rückstände bez. a. d. Brennstoff vH	8,7	7,5	9,5	8,3	10,4	9,7	9,1
von verbrennlich „				24,6			
as: Mittl. CO_2-Gehalt „	7,3	7,5	7,7	7,1	9,6	9,7	10,0
„ O_2- „ „	12,8	12,4	12,0	12,4	10,3	10,2	9,8
„ CO- „ „	0,4	0,6	0,8	1,3	0,3	0,3	0,4
überschußzahl	2,47	2,34	2,22	2,26	1,92	1,91	1,82
. Abgastemperatur °C	302	283	283	270	317	316	318
Raumtemperatur „	25	26	24	26	21	24	25
mm W.-S.	2,1	1,7	1,3	1,3	1,9	1,9	1,9

Wärmebilanz

	Mittwoch		Donnerstag		Freitag		Sonnabend		Montag		Dienstag		Mittwoch	
	kcal	vH	kcal	vH	kcal	vH	kcal	vH	kcal	vH	kcal	vH	kcal	vH
lust durch Herdrückstände	175	3,9	149	3,3	189	4,2	165	3,7	207	4,7	193	4,3	181	4,1
„ „ freie Abgaswärme	1031	23,2	989	22,2	943	21,2	940	21,1	939	21,1	925	20,8	897	20,1
„ „ gebundene Wärme	141	3,1	202	4,5	254	5,7	420	9,4	82	1,8	80	1,8	108	2,4
nstige Verluste und Nutzwärme	3108	69,8	3115	70,0	3069	68,9	2930	65,8	3227	72,4	3257	73,1	3269	73,4

Wochenmittelwerte

	kg Teig/Tag	kg Brennstoff/100 kg Teig	kcal/kg Teig
Montag bis Sonnabend	449	28,8	1285
Dienstag bis Sonnabend	442	27,5	1225

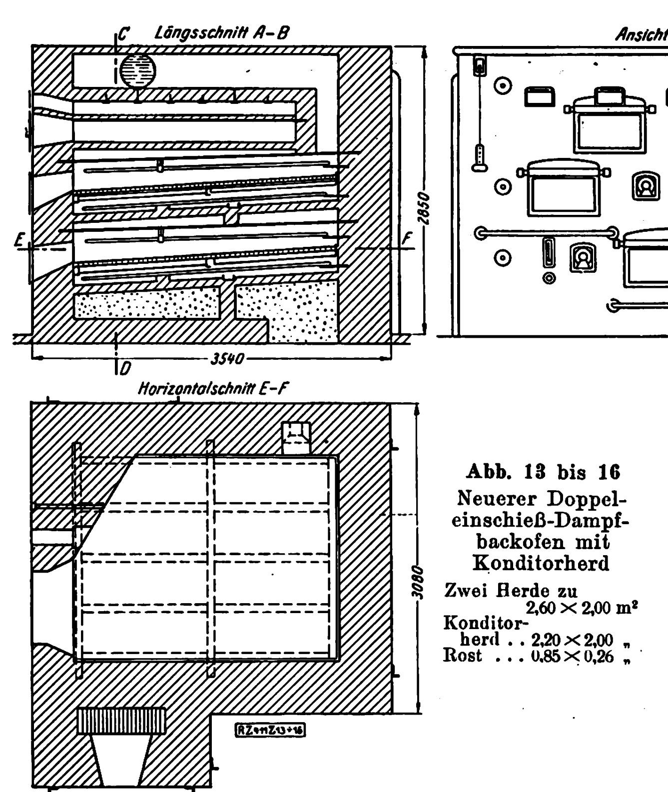


Abb. 13 bis 16
Neuerer Doppeleinschieß-Dampfbackofen mit Konditorherd

Zwei Herde zu 2,60 × 2,00 m²
Konditorherd . . 2,20 × 2,00 „
Rost . . . 0,85 × 0,26 „

müßte. Beim Kombinationsofen ist der untere Herd als Auszug-, der obere als Einschießherd ausgebildet.

Der Einschieß-Dampfbackofen. Der untersuchte ältere Doppeleinschießofen, Abb. 10 bis 12, hat zwei übereinanderliegende Backherde, die Feuerung ist seitlich angeordnet; sie wird vom Keller aus bedient. Nach dem Verlassen der Feuerung ziehen die Rauchgase in Kanälen über dem Oberherd dem Fuchs zu. Zahlentafel 6 enthält die Ergebnisse der Untersuchung. Die verheizten rheinischen Braunkohlenbriketts hatten 11,1 vH Aschengehalt, 14,5 vH Wassergehalt und einen unteren Heizwert von 4455 kcal/kg. Der Ofen wurde morgens um 5 Uhr mit 50 bis 75 kg Kohle zum Brötchenbacken angeheizt. Vor dem Broteinschießen wurde jeweils um 7 und 10 Uhr nachgeheizt, und nach dem Herausnehmen der letzten Backware wurden an den meisten Tagen nochmals 20 kg Brennstoff aufgegeben, um eine zu starke Abkühlung des Ofens zu vermeiden. Zur Vorheizung am Sonntag wurden 75 kg Briketts verfeuert. Im Durchschnitt wurden täglich 400 bis 500 kg Teig verbacken und dazu 115 bis 140 kg Brennstoff gebraucht. Durch das starke Vorheizen am Sonntag betrug der Gesamtbrennstoffverbrauch für die Backgutmenge am Montag 170 kg. Bei den Versuchen 1 bis 4 ergab die Untersuchung der Abgase 7,1 bis 7,7 vH CO_2 und 0,4 bis 1,3 vH CO. Bei den Versuchen 5 bis 7 wurde die Feuerbedienung von den die Untersuchung durchführenden Ingenieuren selbst vorgenommen; der CO_2-Gehalt stieg nun im Mittel auf 9,6 bis 10,0 vH. Gleichzeitig stieg jedoch auch die Abgastemperatur von etwa 280° auf 317 °C an. Der Verlust durch freie Wärme der Abgase wurde zu 20,1 bis 23,2 vH, der Verlust durch gebundene Wärme zu 1,8 bis 9,4 vH ermittelt. In den Herdrückständen, die mit 7,5 bis 10,4 vH anfielen, war noch 24,6 vH Verbrennliches, das sind 3,3 bis 4,7 vH der Brennstoffwärme. Im Wochenmittel wurde ein Brennstoffverbrauch von 28,8 kg auf 100 kg Teig festgestellt; das sind 1285 kcal für 1 kg. Ohne Berücksichtigung des Montags ergaben sich Werte von 27,5 kg bzw. 1225 kcal.

Der Wärmeverbrauch an den einzelnen Tagen bewegte sich zwischen 1115 und 1580 kcal für 1 kg Teig. Durchschnittlich wurden etwa 8000 kcal Nutzwärme täglich als warmes Wasser dem Vorwärmer entnommen, das sind rd. 1,5 vH der Brennstoffwärme. Auch bei diesen Ergebnissen ist wieder deutlich der Einfluß der Backgutmenge sowie der Auskühlung über Sonntag auf de Brennstoffverbrauch für die Teigmengeneinheit zu e kennen. Die Belastung des Ofens war verhältnis mäßig hoch, was wohl ein Hauptgrund für di günstigen Wärmeverbrauchzahlen ist. Ein Vergleic der Ergebnisse der Versuche 1 bis 4 und 5 bis zeigt deutlich den Erfolg der sorgfältige Feuerbedienung in der zweiten Woche. Wenn auc die Verluste durch freie Wärme der Rauchgase infolg der höheren Abgastemperatur nicht in dem Maße zurü gehen, wie es der geringeren Luftüberschußzahl e spricht, so erhöht sich doch immerhin der Feuerwirkung grad um 3 bis 4 vH. Die Wärmeverbrauchzahlen des und 27. Oktober sind daher günstiger als die der Vo woche bei gleicher Belastung.

Der zweite untersuchte Einschießofen, Abb. bis 16, ist von neuester Bauart. Er ist wie der ob besprochene Ofen mit seitlicher Feuerung ausgerüst die jedoch von der Backstube aus bedient wird. Üb den beiden mit Dampf beheizten Backräumen befindet si ein Konditorherd, der von unten durch die obere Rohrrei des Mittelherdes und von oben durch Rauchgaskanäle g heizt wird.

Als Brennstoff dienten rheinische Braunkohlenbrike von 4752 kcal/kg unterem Heizwert, die 6,1 vH Asche u 15,1 vH Wasser enthielten. Die Bedienung des Ofens w dieselbe wie die des vorherbesprochenen Ofens, nur wu hier für den nächsten Tag nach der Beendigung d Backens nicht vorgeheizt. An den meisten Tagen wu dreimal Brot eingeschossen, das zunächst im unte Herd angebacken und dann im mittleren Herd fert gebacken wurde. Die tägliche Teigmenge betrug 300 492 kg, die Brennstoffmenge 102,5 bis 134 kg. Die A gase enthielten im Mittel 12,1 bis 13,5 vH CO_2 und bis 1,7 vH CO. In den Herdrückständen, die 5,1 bis 6,6 des Brennstoffgewichtes betrugen, war 5,9 vH Ve brennliches enthalten. Die mittlere Abgastemperat schwankte zwischen 338 und 350 °C. Nach der Wärm bilanz gingen in den Herdrückständen 0,5 bis 0,7 v in den Abgasen als freie Wärme 16,2 bis 18,4 v und als gebundene Wärme 1,0 bis 7,1 vH verloren. Wochenmittel ergab sich für 100 kg Teig ein Brennsto verbrauch von 33,6 kg bzw. 32,6 kg ohne Berücksic tigung des Montags. Rechnet man auf den Wärmev brauch für 1 kg Teig um, so erhält man Werte von 16 und 1550 kcal und einen thermischen Wirkungsgrad v 8,1 bis 8,4 vH.

Die Abgastemperaturen waren sehr hoch. Es allerdings zu beachten, daß man bei einer Außentemperat von 16 bis 21 °C kein Warmwasser zu Betriebszweck zu erzeugen brauchte. Wie Messungen am 25. u 26. Januar 1927 bei Außentemperaturen von +2 und 0 ergaben, betrug die Abgastemperatur bei einer Entnahm von etwa 250 bis 300 l Warmwasser von 50 bis 60 °C u ähnlichen Belastungsverhältnissen wie oben nur 260 b 265 °C. Damit würde der Abgasverlust durch fre Wärme um 4 vH kleiner, während gleichzeitig die Nu wärme um 2 bis 3 vH ansteigt.

Ein weiterhin untersuchter Einschie ofen war in Aufbau und Größe dem vorbesprochen Ofen ziemlich gleich. Zum schnelleren Anheizen d Ofens war die Feuerung mit Unterwind ve

en, so daß sich ein Vorheizen am Abend, selbst am ntag, erübrigte. War nach einer Brennstoffaufgabe Brennstoffschicht durchgebrannt, so wurde der Unterd abgestellt und die Feuerung mit natürlichem Zug ieben.

Zahlentafel 7 enthält die Ergebnisse der Versuche. Brennstoffuntersuchung ergab 4,9 vH Aschengehalt, vH Wassergehalt und einen unteren Heizwert von kcal/kg. Die täglich verbackenen Teigmengen wankten zwischen 440 und 890 kg, die verheizten Brigewichte zwischen 122 und 213 kg. Der CO_2-Gehalt Abgase betrug 12,3 bis 13,6 vH, der CO-Gehalt 0,9 2,3 vH. In den Herdrückständen, die noch 20,9 vH brennliches enthielten, gingen 2,0 bis 3,0 vH des Heiztes der Kohle verloren. Die Verluste durch freie rme der Rauchgase wurden bei einer Abgastempeir von 245 bis 278 ° C zu 11,2 bis 13,7 vH ermittelt, Verluste durch gebundene Wärme zu 4,1 bis 9,7 vH. mittlere Brennstoffverbrauch für 100 kg Teig ergab zu 26,5 bzw. 25,1 kg und damit der Wärmeaufwand 1 kg Teig zu 1220 bzw. 1150 kcal. Die verhältnisig günstigen Wärmeverbrauchzahlen dieses Ofens wesentlich seiner zeitweise außerordentlich hohen stung zuzuschreiben. Anderseits gestattet die Unterfeuerung ein rasches Hochheizen des Ofens und ht das wärmetechnisch ungünstige Vorheizen übersig. Der Einfluß der Belastung tritt wiederum klar vor (s. Versuch 5 und 6). Die Auskühlung des Ofens r Sonntag scheint ziemlich stark zu sein; sie ist über Montag hinaus noch deutlich an den höheren Wärmebrauchzahlen der beiden Dienstagversuche zu ernen.

Der Kombinationsofen. Abb. 17 bis 19 gen den untersuchten Kombinationsofen. Die Feuerung seitlich angeordnet, wird jedoch von der Stirnwand bedient. Der untere der beiden mit Dampf beheizten de ist als Auszugherd ausgebildet und dient ausschließzum Brotbacken. Über dem mittleren Einschießherd ist noch ein Konditorherd angebracht, der von oben durch die Kanäle der abziehenden Rauchgase geheizt wird. Aus Zahlentafel 8 sind die Ergebnisse der Untersuchung zu entnehmen. Die verheizten rheinischen Braunkohlenbriketts hatten 5,7 vH Aschengehalt, 15,1 vH Wassergehalt und einen unteren Heizwert von 4778 kcal/kg. Der Ofen wurde morgens um 5 Uhr angeheizt, der mittlere Herd mit Brötchen und der untere etwas später mit Brot beschickt. Die weiteren Heizzeiten richteten sich nach den jeweiligen Brotschüssen. Zwischen 17 und 19 Uhr wurde der Ofen für den nächsten Tag vorgeheizt. Am Sonntag wurde zweimal geheizt, je einmal morgens und abends. Die täglichen Teigmengen bewegten sich zwischen 308 und 616 kg, die Brennstoffmengen zwischen 115 und 213 kg. Die Abgasuntersuchung ergab mittleren CO_2-Gehalt von 9,0 bis 11,5 vH und CO-Gehalt von 0,8 bis 2,2 vH. An Asche und Schlacke fielen 7,1 bis 7,9 vH des Brennstoffgewichtes an, die noch 24,7 vH Verbrennliches enthielten. Die Rauchgastemperaturen betrugen am Eintritt in den Kamin 253 bis 282 °C. Aus diesen Werten errechnen sich die Verluste durch freie Wärme zu 13,5 bis 17,1 vH, durch gebundene Wärme zu 4,4 bis 10,6 vH und durch Unverbranntes in den Rückständen zu 3,0 bis 3,3 vH. Bei 463 kg mittlerer Teigmenge wurde der durchschnittliche Brennstoffbedarf für 100 kg Teig zu 32,6 kg, der Wärmeverbrauch für 1 kg Teig zu 1560 kcal ermittelt. Ohne Berücksichtigung des Montags stellen sich diese Werte auf 30,4 kg bzw. 1450 kcal/kg. Bei diesem Ofen ist wohl am klarsten der Einfluß der Belastung auf den Wärmeverbrauch zu ersehen. Während bei der kleinen Belastung für 1 kg Teig 1780 bis 1800 kcal aufgewendet werden müssen, sinkt dieser Wert bei der höheren Belastung auf 1310 bis 1330 kcal, d. h. um 26 vH. Durch den hohen Brennstoffverbrauch am Sonntag und Montag erhöht sich der mittlere Wärmeverbrauch während der Versuchswoche von 1450 auf 1560 kcal, also um 7,6 vH.

Die Ergebnisse der Feuerungsuntersuchung der beiden letzten Backöfen zeigen sehr deutlich die beson-

Zahlentafel 7

gebnisse der Versuche an einem Doppeleinschieß-Dampfofen mit Unterwindfeuerung
nnstoff: Rheinische Braunkohlenbriketts; Aschengehalt 4,9 vH, Wassergehalt 18,2 vH, unterer Heizwert 4593 kcal/kg

uch Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
...	Montag 28. März	Dienstag 29. März	Mittwoch 30. März	Donnerstag 31. März	Freitag 1. April	Sonnabend 2. April	Montag 4. April	Dienstag 5. April
ßentemperatur °C	8	6	8	7	8	6	8	5
gmenge kg	591	471	615	481	462	889	604	441
von Brot vH	74,9	67,6	73,5	66,2	65,8	67,9	74,2	66,5
„ Kleingebäck „	25,1	32,4	26,5	33,8	34,2	32,1	25,8	33,5
zahl der Brotschüsse	3	2	3	2	2	4	3	2
ennstoffmenge kg	197,5	140	154	126	122	191	213	136
desgl. für 100 kg Teig „	33,4	29,7	25,0	26,2	26,4	21,4	35,2	30,8
ärmeverbrauch für 1 kg Teig kcal	1530	1360	1150	1200	1210	985	1615	1410
rdrückstände, bez. a. d. Brennstoff vH	6,8	8,2	5,7	7,1	6,7	7,9	5,4	6,8
iervon verbrennlich „	20,9							
bgas: Mittl. CO_2-Gehalt „	13,0	13,6	12,6	13,6	12,3	12,7	13,4	12,9
bgas: „ O_2- „ „	5,5	5,4	5,9	5,6	6,7	6,7	5,5	6,2
bgas: „ CO- „ „	2,3	1,4	2,3	1,1	1,5	0,9	1,6	1,3
uftüberschußzahl	1,26	1,28	1,29	1,31	1,39	1,42	1,28	1,35
ittl. Abgastemperatur °C	245	272	270	271	266	268	252	278
„ Raumtemperatur „	21	20	23	20	24	22	20	21
ug mm W.-S.	2,1	2,1	2,5	2,2	1,6	2,2	2,0	2,2

Wärmebilanz

ag	Montag		Dienstag		Mittwoch		Donnerstag		Freitag		Sonnabend		Montag		Dienstag	
	kcal	vH	kcal	vH	kcal	vH	kcal	vH	kcal	vH	kcal	vH	kcal	vH	kcal	vH
Verlust durch Herdrückstände	115	2,5	138	3,0	96	2,1	120	2,6	113	2,5	134	2,9	91	2,0	115	2,5
„ „ freie Abgaswärme	513	11,2	591	12,9	582	12,7	595	12,9	613	13,3	630	13,7	541	11,8	631	13,7
„ „ gebundene Wärme	429	9,3	270	5,9	443	9,7	213	4,6	314	6,8	188	4,1	307	6,7	262	5,7
Sonstige Verluste und Nutzwärme	3536	77,0	3594	78,2	3472	75,5	3665	79,9	3553	77,4	3641	79,3	3654	79,5	3585	78,1

Wochenmittelwerte

	kg Teig/Tag	kg Brennstoff/100 kg Teig	kcal/kg Teig
Montag bis Sonnabend	585	26,5	1220
Dienstag bis Sonnabend	584	25,1	1150

Querschnitt A-B 3500 — Ansicht 2700 — Längsschnitt C-D 3820

Abb. 17 bis 19
Kombinations-Dampfbackofen

Auszugherd 2,70 × 1,65 m² Einschußherd 2,70 × 2,00 m² Konditorherd 2,20 × 1,65 m² Rost 0,85 × 0,25 m²

deren Mängel der Backofenfeuerung. Nach der Brennstoffaufgabe tritt eine starke Entwicklung brennbarer Gase ein. Je größer die Schichthöhe des Brennstoffes ist, d. h. je mehr Kohle auf einmal aufgegeben wird, desto höher werden die Verluste durch Unverbranntes in den Abgasen, da die Feuerraumwandungen zunächst noch nicht die zur Zündung notwendige Temperatur haben. Eine Zuführung von Zusatzluft durch die Feuertür hat, solange die Schicht nicht ganz durchgebrannt ist, keinen Zweck, sie erniedrigt vielmehr besonders, wenn sie nicht vorgewärmt ist, die Temperatur im Feuerraum und verzögert damit die Zündung der unverbrannten Gase. Bei dem ersten Anheizen des Einschießbackofens neuerer Bauart, das etwa 40 Minuten in Anspruch nahm, betrug z. B. die auf 1 m² Rostfläche und Stunde verfeuerte Brennstoffmenge 270 kg. Es zeigte sich daher auch bei den Versuchen, besonders zu Beginn der Verbrennung, ein hoher CO-Gehalt in den Abgasen, der mit fortschreitender Verbrennung zurückging. Auch war infolge der geringeren Feuerwandtemperaturen die CO-Bildung bei ersten täglichen Heizen am stärksten.

Der Doppelauszugofen. Die Untersuchung wurde in einer größeren Bäckerei durchgeführt, die neben den beiden Versuchsbacköfen noch ständig einen dritten Auszugofen im Betrieb hat.

Die beiden untersuchten Doppelauszugöfen sind in Abb. 20 bis 22 dargestellt. Man sieht, daß jeder Ofen mit zwei Rosten ausgerüstet ist, die von der Rückseite aus bedient werden. Oberhalb der Feuerung vereinigen sich die Heizgase, ziehen gemeinsam über den Oberherd nach vorn und dann zum Kamin. Bei dem älteren Ofen II fehlt der Heizkanal; die Rauchgase werden nach dem Verlassen der Feuerung sofort dem Kamin zugeführt. Die Zahlentafeln 9 und 10 enthalten die Ergebnisse der beiden gleichzeitig durchgeführten Versuchsreihen. Die Probe der verfeuerten rheinischen Braunkohlenbriketts hatte 6,7 vH Aschegehalt, 15,5 vH Wassergehalt und einen unteren Heizw…

Zahlentafel 8
Ergebnisse der Versuche an einem Kombinations-Dampfbackofen
Brennstoff: Rheinische Braunkohlenbriketts; Aschengehalt 5,7 vH; Wassergehalt 15,1 vH; unterer Heizwert 4778 kcal

Versuch Nr.	1	2	3	4	5	6	7
Tag	Donnerstag 19. August	Freitag 20. August	Sonnabend 21. August	Montag 23. August	Dienstag 24. August	Mittwoch 25. August	Donnerst[ag] 26. Aug[ust]
Außentemperatur . . . °C	19	19	20	16	19	20	17
Teigmenge . . . kg	317	528	616	495	318	502	308
Davon Brot . . . vH	56,3	71,4	49,0	64,4	57,2	69,6	55,4
„ Kleingebäck . . . „	43,7	28,6	51,0	35,6	42,8	30,4	44,6
Anzahl der Brotschüsse . . .	2	3	4	4	3	4	3
Brennstoffmenge . . . kg	118	147	168	213	120	139	115
desgl. für 100 kg Teig . . . „	37,3	27,8	27,3	43,0	37,7	27,7	37,4
Wärmeverbrauch für 1 kg Teig . kcal	1780	1330	1310	2050	1800	1320	1790
Herdrückstände bez. a. d. Brennstoff vH	7,4	7,1	7,8	7,9	7,3	7,2	7,6
Hiervon verbrennlich . . . „				24,7			
Abgas: Mittl. CO_2-Gehalt . . . „	9,1	11,5	10,7	10,3	9,0	10,9	10,2
Abgas: „ O_2- „ . . . „	10,6	7,3	8,3	8,8	10,2	8,5	9,6
Abgas: „ CO- „ . . . „	1,1	2,2	2,0	1,9	1,9	1,4	0,8
Luftüberschußzahl . . .	1,91	1,42	1,53	1,60	1,79	1,59	1,7[illegible]
Mittl. Abgastemperatur . . . °C	276	281	282	275	260	275	253
„ Raumtemperatur . . . „	30	27	30	30	25	32	30
Zug . . . mm W.-S.	3,1	2,8	4,2	2,9	2,6	2,1	2,1

Wärmebilanz

Tag	Donnerstag		Freitag		Sonnabend		Montag		Dienstag		Mittwoch		Donnerst[ag]	
	kcal	vH	kcal	vH	kcal	vH	kcal	vH	kcal	vH	kcal	vH	kcal	[vH]
Verlust durch Herdrückstände . . .	148	3,1	142	3,0	156	3,3	158	3,3	146	3,1	144	3,0	152	[illegible]
„ „ freie Abgaswärme . .	819	17,1	645	13,5	686	14,3	691	14,4	736	15,4	673	14,1	691	[illegible]
„ „ gebundene Wärme . .	315	6,6	448	9,4	460	9,6	455	9,5	509	10,6	329	6,9	212	[illegible]
Sonstige Verluste und Nutzwärme . .	3496	73,2	3543	74,1	3476	72,8	3474	72,8	3387	70,9	3632	76,0	3723	[illegible]

Wochenmittelwerte

	kg Teig/Tag	kg Brennstoff/100 kg Teig	kcal/kg Teig
Montag bis Sonnabend	463	32,6	1560
Dienstag bis Sonnabend	456	30,4	1450

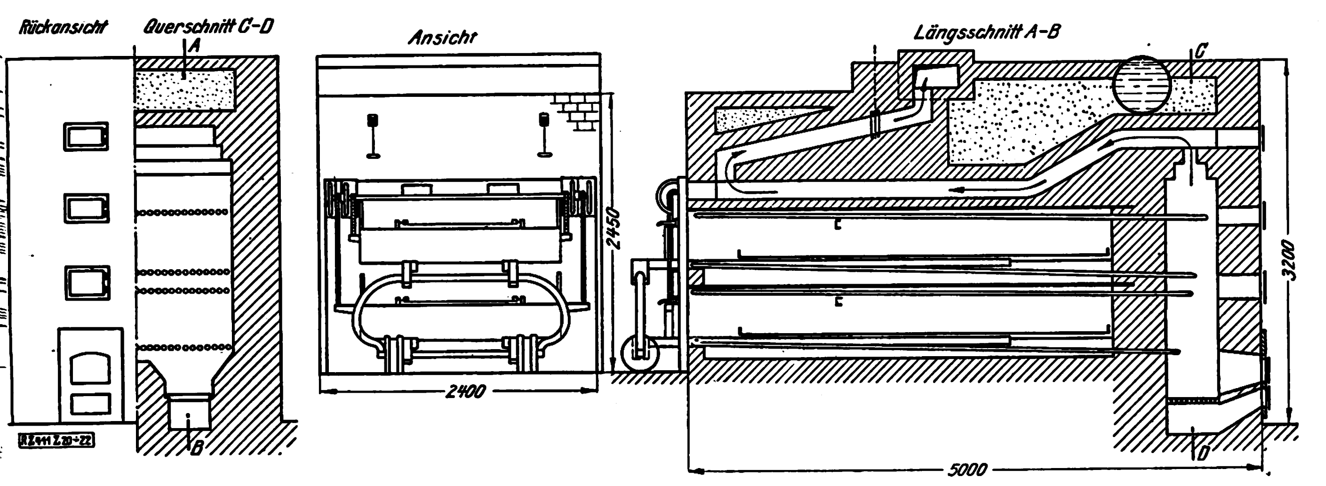


Abb. 20 bis 22
Doppelauszug-Dampfbackofen
Herd 3,25 × 1,63 m² Zwei Roste zu 0,45 × 0,3 m²

von 4667 kcal/kg. Die beiden Öfen wurden morgens angeheizt und zunächst alle Herde mit Brötchen beschickt. Die weiteren Heizzeiten richteten sich nach den erforderlichen Brotschüssen. Am Sonntag wurden die beiden Öfen mit etwa 40 kg Brennstoff für Montag vorgeheizt. Wie die Zusammenstellungen zeigen, war 80 bis 95 vH des Teiges Brotteig. Die Teigmengen, die Ofen I verarbeitete, betrugen 490 bis 680 kg, die dazu erforderlichen Brennstoffmengen 148 bis 235 kg. Die Abgase enthielten 9,8 bis 12,2 vH CO_2 und 0,2 bis 1,4 vH CO bei 239 bis 254 °C. Die Rückstände, die 5,2 bis 5,9 vH des Brennstoffgewichtes betrugen, wurden gemeinsam mit den Rückständen von Ofen II untersucht und enthielten noch 9,0 vH Unverbranntes. Aus der Wärmebilanz ist zu entnehmen, daß 1,0 bis 6,4 vH als gebundene, 10,2 bis 12,9 vH als freie Wärme der Abgase und 0,8 bis 0,9 vH als Unverbranntes in den Rückständen verloren gingen. Der Brennstoffverbrauch für 100 kg Teig wurde zu 30,2 bis 35,9 kg ermittelt und änderte sich an den einzelnen Tagen ohne nachweisbare Gesetzmäßigkeit in diesen Grenzen, so daß der Montagswert von 34,6 kg sich nicht besonders heraushebt. Im Wochenmittel betrug der Wärmeaufwand für 1 kg Teig 1570 bzw. 1560 kcal.

Im Ofen II wurden täglich Teigmengen von 470 bis 602 kg verbacken und Brennstoffmengen von 200 bis 280 kg verheizt. Die Abgasuntersuchung ergab einen mittleren CO_2-Gehalt von 9,0 bis 11,0 vH und 0,3 bis

Zahlentafel 9
Ergebnisse der Versuche an einem Doppelauszug-Dampfbackofen. Ofen I
Brennstoff: Rheinische Braunkohlenbriketts; Aschengehalt 6,7 vH, Wassergehalt 15,5 vH, unterer Heizwert 4667 kcal/kg

Versuch Nr.		1	2	3	4	5	6
Tag		Montag 17. Januar 1927	Dienstag 18. Januar	Mittwoch 19. Januar	Donnerstag 20. Januar	Freitag 21. Januar	Sonnabend 22. Januar
Außentemperatur	°C	9	14	10	11	8	8
Teigmenge	kg	680	598	568	490	559	672
Davon Brot	vH	87,0	84,3	84,4	81,6	82,8	86,8
„ Kleingebäck	„	13,0	15,7	15,6	18,4	17,2	13,2
Anzahl der Brotschüsse		6	5	5	4	6	6
Brennstoffmenge	kg	235	190	198	148	200	228
desgl. für 100 kg Teig	„	34,6	31,7	34,9	30,2	35,9	33,9
Wärmeverbrauch für 1 kg Teig	kcal	1615	1480	1630	1410	1675	1580
Herdrückstände, bez. a. d. Brennstoff	vH	5,2	5,9	5,2	5,2	5,6	5,3
Hiervon verbrennlich	„	9,0					
Abgas: Mittl. CO_2-Gehalt	„	10,8	11,8	9,8	10,4	10,8	12,2
Abgas: „ O_2-Gehalt	„	8,3	7,6	9,6	9,5	9,0	7,25
Abgas: „ CO-Gehalt	„	1,4	0,8	1,1	0,2	0,4	0,7
Luftüberschußzahl		1,56	1,51	1,75	1,76	1,71	1,48
Mittl. Abgastemperatur	°C	239	251	245	253	244	254
Mittl. Raumtemperatur	„	35	36	37	34	35	36
Zug	mm W.-S.	0,9	0,6	0,7	1,1	1,3	1,0

Wärmebilanz

Tag	Montag		Dienstag		Mittwoch		Donnerstag		Freitag		Sonnabend	
	kcal	vH	kcal	vH	kcal	vH	kcal	vH	kcal	vH	kcal	vH
Verlust durch Herdrückstände	37	0,8	42	0,9	37	0,8	37	0,8	40	0,9	38	0,8
„ „ freie Abgaswärme	521	11,2	533	11,4	587	12,6	602	12,9	546	11,7	476	10,2
„ „ gebundene Wärme	301	6,4	166	3,6	264	5,7	47	1,0	88	1,9	125	2,7
Sonstige Verluste und Nutzwärme	3808	81,6	3926	84,1	3779	80,9	3981	85,3	3993	85,5	4028	86,3

Wochenmittelwerte

	kg Teig/Tag	kg Brennstoff/100 kg Teig	kcal/kg Teig
Montag bis Sonnabend	595	33,6	1570
Dienstag bis Sonnabend	578	33,4	1560

1,5 vH CO-Gehalt. Bei 349 bis 371 °C Abgastemperatur wurden die Verluste durch freie Wärme der Abgase zu 19,5 bis 22,3 vH ermittelt. In den Herdrückständen gingen 0,8 bis 0,9 vH, in den Heizgasen 1,6 bis 8,2 vH der Brennstoffwärme als Unverbranntes verloren. Der Brennstoffverbrauch für 100 kg Teig ergab sich am Montag zu 47,9 kg, für die übrigen Wochentage zu 41,4 bis 42,8 kg. Im Mittel wurden für 1 kg Teig 1985 bzw. 1920 kcal gebraucht. An den letzten drei Tagen wurde versucht, an beiden Öfen durch sorgfältige Feuerbedienung eine bessere Verbrennung zu erzielen. Die Wirkungsgrade der Feuerung waren an diesen Tagen merklich besser geworden, doch ließ sich eine Verminderung des Brennstoffverbrauches nicht feststellen. Vergleicht man die Versuchsergebnisse der beiden Öfen miteinander, so fällt bei Ofen II die hohe Rauchgastemperatur und der dadurch verursachte größere Abgasverlust auf. Dieser Verlust ist bedingt durch das Fehlen der Züge über dem Oberherd, die eine weitere Ausnutzung der Rauchgase gestatten würden. Außerdem ist die dem Feuer ausgesetzte Heizfläche der Heizröhren bei Ofen II zu klein, so daß ein stärkeres und längeres Heizen notwendig wird. Der Brennstoffverbrauch dieses Ofens ist daher bedeutend größer als der des ersten Ofens. Einer Wärmeverbrauchszahl von 1570 kcal für 1 kg Teig bei Ofen I entspricht eine Zahl von 1985 kcal bei Ofen II, also ein um 26,4 vH größerer Wert.

Selbsttätiger Brötchen-Backofen

In neuester Zeit ist man in einigen großen Bäckereien zu ununterbrochen arbeitenden Backöfen übergegangen, in denen das Backgut auf einer endlosen Kette durch die mit Dampfröhren geheizten Herde befördert wird. Hierbei ist die Geschwindigkeit der Kette so eingestellt, daß das Backgut bei dem gegebenen Wege gerade ausgebacken den Ofen verläßt. Die Bauart eines derartigen in Frankfurt a. M. aufgestellten Backofens für Brötchen ist aus Abb. 23 und 24 zu entnehmen. Die Kette, an der die Auflageschalen für die Brötchen befestigt sind, durchläuft zwei übereinander angeordnete Herde, die oben und unten mit den Dampfröhren einer seitlich angeordneten Feuerung beheizt werden. Die höchste Leistungsfähigkeit des Ofens beträgt 10 000 Brötchen in 1 h. Da der Hauptbedarf an Brötchen in den Morgenstunden besteht, die Betriebszeit in den Bäckereien aber erst um 5 Uhr morgens beginnt, so wird der Ofen nur einige Stunden am Tage ausgenutzt. Um den Ofen am Morgen rasch betriebsbereit zu haben, hat man die Hauptheizzeit auf den Nachmittag verlegt. Während des Backens selbst werden nur etwa 20 vH des gesamten Brennstoffes verfeuert. Diese Arbeitsweise bedingt große Mauermassen zum Speichern der Wärme und damit auch hohe Verluste durch Abstrahlung des Ofens. Die folgenden Ergebnisse sind daher nicht ohne weiteres mit den Verbrauchszahlen der oben besprochenen Brotbacköfen vergleichbar.

Der Ofen wurde mit rheinischen Braunkohlenbriketts geheizt, und zwar aus zwei verschiedenen Sendungen für die ersten und die letzten drei Versuchstage. Bei 13,7 vH Wassergehalt und 5,5 vH Aschengehalt ergab sich für die erste Kohle ein Heizwert von 4846 kcal/kg. Die zweite Probe enthielt 15,9 vH Wasser und 5,7 vH Asche, entsprechend einem Heizwert von 4685 kcal/kg. In der Versuchswoche wurden täglich 813 bis 1130 kg Teig verbacken und 416 bis 612 kg Briketts verheizt. Die Abgase enthielten im Mittel 11,2 bis 12,9 vH CO_2 und 1,7 bis 3,9 vH CO. Bei einer Abgastemperatur von 291 bis 336 °C errechnen sich daraus die Verluste durch freie Wärme der Rauchgase zu 14,9 bis 20,1 vH und die Verluste durch gebundene Wärme zu 8,2 bis 16,1 vH. Mit den 16,9 vH Unverbranntem in den Herdrückständen gingen 1,0 bis 1,9 vH der zugeführten Brennstoffwärme verloren. Im Mittel wurden in der Versuchswoche auf 100 kg Teig 50,2 kg Brenstoff verheizt; das entspricht einem Wärmeaufwand von 2385 kcal für 1 kg Teig. Ohne Berücksichtigung des Montags stellen sich diese Werte auf 45,8 kg bzw. 2180 kcal.

Zahlentafel 10

Ergebnisse der Versuche an einem Doppelauszug-Dampfbackofen. Ofen II'

Brennstoff: Rheinische Braunkohlenbriketts; Aschengehalt 6,7 vH, Wassergehalt 15,5 vH, unterer Heizwert 4667 kcal/kg

Versuch Nr.		1	2	3	4	5	6
Tag		Montag 17. Januar 1927	Dienstag 18. Januar	Mittwoch 19. Januar	Donnerstag 20. Januar	Freitag 21. Januar	Sonnabend 22. Januar
Außentemperatur	°C	9	14	10	11	8	8
Teigmenge	kg	585	550	541	602	470	578
Davon Brot	vH	94,6	89,2	93,9	94,8	93,3	82,9
„ Kleingebäck	„	5,4	10,8	6,1	5,2	6,7	17,1
Anzahl der Brotschüsse		6	5	6	6	6	5
Brennstoffmenge	kg	280	230	219	258	200	239
desgl. für 100 kg Teig	„	47,9	41,8	42,3	42,8	42,7	41,4
Wärmeverbrauch für 1 kg Teig	kcal	2230	1950	1975	1995	1990	1930
Herdrückstände, bez. a. d. Brennstoff	vH	5,0	6,1	5,1	5,1	5,8	5,8
Hiervon verbrennlich	„	9,0					
Abgas: Mittl. CO_2-Gehalt	„	9,0	9,8	8,8	10,5	10,1	11,0
Abgas: „ O_2-Gehalt	„	10,5	10,0	10,4	8,8	9,7	8,8
Abgas: „ CO_2-Gehalt	„	1,1	0,5	1,5	1,1	0,5	0,3
Luftüberschußzahl	„	1,89	1,86	1.84	1,64	1,81	1,69
Mittl. Abgastemperatur	°C	350	349	352	371	370	361
Mittl. Raumtemperatur	„	35	36	37	34	35	36
Zug	mm W.-S.	1,2	1,0	1,0	1,0	1,8	1,5

Wärmebilanz

Tag	Montag		Dienstag		Mittwoch		Donnerstag		Freitag		Sonnabend	
	kcal	vH	kcal	vH	kcal	vH	kcal	vH	kcal	vH	kcal	vH
Verlust durch Herdrückstände	36	0,8	44	0,9	37	0,8	37	0,8	43	0,9	42	0,9
„ „ freie Abgaswärme	1042	22,3	987	21,1	973	20,8	909	19,5	1038	22,2	947	20,3
„ „ gebundene Wärme	301	6,4	134	2,9	382	8,2	248	5,3	130	2,8	73	1,6
Sonstige Verluste und Nutzwärme	3288	70,5	3502	75,1	3275	70,2	3473	74,4	3456	74,1	3605	77,2

Wochenmittelwerte

	kg Teig/Tag	kg Brennstoff/100 kg Teig	kcal/kg Teig
Montag bis Sonnabend	554	42,6	1985
Dienstag bis Sonnabend	548	41,2	1920

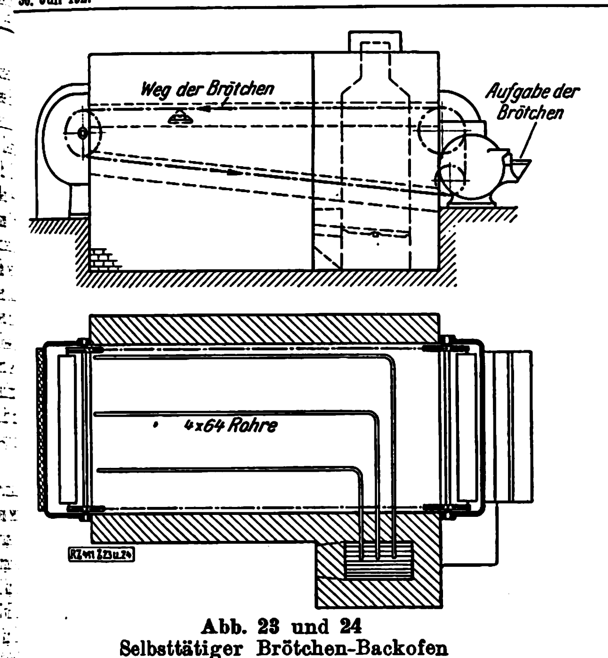


Abb. 23 und 24
Selbsttätiger Brötchen-Backofen

Wie zu erwarten war, ist der Wärmeaufwand für die Gebäckeinheit infolge der schwachen Ausnutzung des Ofens verhältnismäßig hoch. Auffallend ist bei den Ergebnissen der hohe Gehalt an Unverbranntem in den Abgasen; durch Öffnen der Feuertür konnte er an den letzten Versuchstagen etwas herabgesetzt werden. Undichtheiten am Rauchgasabzug verursachten eine Verminderung des notwendigen Zuges von 5 bis 7 mm, so daß nach Instandsetzung der Kanäle mit dem höheren Zug auch eine bessere Verbrennung eintreten wird.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Aus den Versuchsergebnissen lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

1. Der mittlere Wärmeverbrauch für 1 kg Teig bewegte sich bei den neun untersuchten Öfen der verschiedensten Bauarten zwischen 1220 und 2000 kcal. Die günstigste Verbrauchszahl wurde bei einem Doppeleinschieß-Ofen, die ungünstigste bei einem in schlechtem Zustand befindlichen Kanalofen beobachtet.

2. Mit zunehmender Größe, d. h. Leistungsfähigkeit des Ofens nimmt der Wärmeverbrauch ab.

3. Der Einfluß der Auskühlung des Ofens über Sonntag hat sich am stärksten beim Kanalofen und dem vereinigten Deutschen Ofen und Kanalofen bemerkbar gemacht, also bei den Öfen mit den längsten Heizgaswegen.

4. Mit zunehmender Ausnutzung des Herdes (Backleistung) sinkt der Wärmeverbrauch; dieser Einfluß ist häufig größer als der der Bauart des Ofens.

5. Die Feuerungsuntersuchung ergab durchweg Luftüberschußzahlen, die geringer waren als 2. Wo die Verbrennung mit höherem Luftüberschuß erfolgte, ließ sie sich durch aufmerksame Schieberbedienung verbessern. Bei einigen Öfen neuester Bauart ergaben sich bedeutende Verluste durch Kohlenoxydbildung.

6. Durch häufiges Reinigen der Züge und gute Instandhaltung der Feuerung lassen sich die Feuerungsverluste beträchtlich verringern.

7. Besonderer Wert ist auf dichte Feuertüren und Rauchgasschieber zu legen, da bei den langen Betriebspausen die durchgesaugte Luft den Ofen stark auskühlt.

8. Eine zu kleine Bemessung des feuerberührten Teils der Röhren von Dampföfen verursacht nicht nur eine längere Anheizzeit, sondern auch große Abgasverluste, da die Heizgase den Ofen mit zu hohen Temperaturen verlassen.

Bei der Vorbereitung der Versuche war Wert darauf gelegt worden, außer dem Wärmeverbrauch der verschiedenen Ofenbauarten den Einfluß der Ausnutzung der Öfen (Backleistung), der Betriebspausen, der Instandhaltung und der Bedienung durch zuverlässige Messungen festzustellen. Dagegen war zunächst keine Gelegenheit, den Einfluß des Brennstoffes zu untersuchen, da alle zur Verfügung gestellten Öfen mit Braunkohlenbriketts betrieben wurden. Es kann angenommen werden, daß sich bei richtiger Anpassung der Feuerung an den Brennstoff mit Steinkohle ähnliche Wärmeausnutzungszahlen ergeben.

Die Wärmeausnutzung für den Backvorgang ist bei den verschiedenen Öfen außerordentlich niedrig. Von den Wärmeverlusten von insgesamt rd. 90 vH treffen auf die Herdrückstände und die freie und die gebundene Wärme der abziehenden Heizgase 20 bis 30 vH; der Rest von 60 bis 70 vH geht durch die Wärmeabgabe des Ofens an die Umgebung durch Leitung und Strahlung verloren. Da eine wesentliche Herabsetzung des erstgenannten der beiden Verluste von 20 bis 30 vH nicht zu erreichen sein wird, kann nur in der Verminderung der äußeren Abkühlung das Mittel zu einer erheblichen Steigerung des Wirkungsgrades des Backofens erblickt werden.

Bei allen Bauarten der Backöfen mit Kohlenheizung wird auf die große Wärmespeicherung in den Mauermassen Wert gelegt. Durch sie wird, unabhängig vom Gang des Feuers, eine gleichmäßige Temperatur im Backraum erreicht. Solange man nicht in der Lage ist, durch zuverlässige Regelung der Feuerung die Temperatur im Backraum ohne Mitwirkung der Speichermassen genügend gleichzuhalten, wird man auf dieses Mittel nicht verzichten können. Nachdem es in den letzten Jahren bei verschiedenen feuerungstechnischen Vorgängen gelungen ist, den bisher durch Speicherung erstrebten Ausgleich durch vervollkommnete Feuerregelung zu erreichen, scheint die Anwendung dieses Mittels auch für das Backen nicht aussichtslos, und es wäre zu wünschen, daß in dieser Richtung die Backofentechnik sich betätigt.

Eine andre Möglichkeit zur Verminderung des Wärmeverlustes der Öfen an die Umgebung wäre die Verbesserung des Wärmeschutzes durch Anwendung hochwertiger Isolierstoffe. Wenn auch hierdurch nur ein bescheidener Teil des Gesamtverlustes beseitigt werden kann, so wird sich die Anwendung dieses Mittels, insbesondere für größere Öfen, wirtschaftlich rechtfertigen.

Der Wärmepreis (Kosten der Wärmeeinheit) des von den öffentlichen Gasanstalten gelieferten Gases ist zur Zeit im allgemeinen noch wesentlich höher als der der Kohle. Das Gas kann deshalb nur in einen wirtschaftlichen Wettbewerb mit der Kohle treten, wenn eine entsprechend höhere Ausnutzung seiner Wärme erreicht wird.

Die allgemeine Einführung des Gases für das Kochen ist dadurch erreicht worden, daß die Wärmeausnutzung im Gasherd 60 vH und darüber ist gegenüber 10 bis 20 vH im Kohlenherd.

In dieser Richtung geben unsere Untersuchungen sehr wertvolle Hinweise. Sie zeigen, daß die Ausnutzung jetzt nur 10 vH beträgt und daß der Hauptverlust durch die mit der großen Wärmespeicherung verbundene Wärmeabgabe an die Umgebung verursacht wird.

Hieraus ergibt sich, daß in einem Gasofen, der den bisherigen Kohlenöfen in allen Einzelheiten gleich ist und lediglich an Stelle der Kohlen- eine Gasfeuerung setzt, keine wesentlich bessere Wärmeausnutzung erreicht werden kann; denn der Hauptverlust durch Wärmeabgabe an die Umgebung bleibt bestehen, und der sogenannte Feuerungsverlust durch Herdrückstände und Abgase wird nur um einige Hundertteile vermindert. Dagegen wird ein Gasbackofen, der die mit Gasheizung mögliche Regelung des Feuers ausnutzt und infolgedessen auf die Speicherung ganz oder zum großen Teil verzichtet, der außerdem durch Anordnung guten Wärmeschutzes die Wärmeabgabe von den Oberflächen herabsetzt, aller Voraussicht nach einen bedeutend besseren Wirkungsgrad als der heutige Kohlenbackofen haben. Und damit eröffnet sich die Möglichkeit, einen Gasbackofen zu schaffen, der sich in der Brennstoffausnutzung in die Reihe andrer hochwertiger Gasfeuerungen stellt. [B 411]

Neuzeitliche Entwicklung des Elektroofens im Eisenhüttenbetrieb

unter besonderer Berücksichtigung des Lichtbogen-Hochleistungsofens

Von Oberingenieur *R. Groß*, Berlin

Wirtschaftliche und betriebstechnische Richtlinien für neuzeitliche Elektroöfen — Aufteilung der Energieaufnahme des Ofens in das Schmelzen und das Raffinieren — Abdichtung und Regelung der Elektroden im Lichtbogenofen — Verlauf der Leistungsaufnahme

Die Umstellung der Schwerindustrie als zwangläufige Folge des Versailler Diktats ist auch auf die Entwicklung des Elektroofenbaues nicht ohne merkbaren Einfluß geblieben. War der Elektroofen in seiner während der Kriegszeit[1]) stärksten Inanspruchnahme, insonderheit auf Herstellung von hochwertigem Stahl zur Anfertigung von Angriffs- und Verteidigungswaffen in Massen eingestellt, so dient er heute vorzugsweise dem Erschmelzen von hochwertigen Werkstoffen für den Werkzeug- und Maschinenbau.

Sein Anwendungsbereich hat sich jedoch in der Nachkriegszeit dauernd erweitert. Neben den Edelstahlwerken beginnen sich seiner gegenüber den rein thermischen Schmelzverfahren nennenswerten heiztechnischen Vorzüge seit einigen Jahren die Eisengießereien zur Erzeugung von Grauguß hoher Festigkeit[2]) zu bedienen. In noch größerem Umfange hat er Eingang in die Schmelztechnik der Metallhütten[3]) gefunden, die sich heute fast durchweg von ihrem alten Koks-, Gas- und Ölfeuerbetrieb auf den Elektroofen umstellen, wenn auch die Metallhüttenwerke weniger den Lichtbogenofen als den Induktionsofen und den unmittelbaren Widerstandsofen für ihre Schmelzzwecke bevorzugen.

Man ist aber nicht bei der Verwendung des Elektroofens für den reinen Schmelz- und Veredelungsvorgang stehen geblieben, sondern hat auch die elektrische Heizung auf das Vergüten, Härten, Glühen[4]), Schweißen[5]) usw. angewendet, so daß, wenn man den Begriff Elektroofen auf die gesamten Arbeitsvorgänge überträgt, die Eisen- und Metallhüttenindustrie sich seiner in allen Abschnitten der Herstellung und Veredelung von Roh- und Fertigerzeugnissen bedient.

Nicht allein die Frage der hochwertigen Arbeit, sondern in erster Linie wirtschaftliche Gesichtspunkte waren es, die wohl mehr als in allen anderen Ländern gerade in Deutschland dem Elektroofenbau ein bestimmtes bautechnisches Gepräge gaben. Da wir nicht über größere Wasserkräfte oder Erdölschätze verfügen, mit Hilfe deren man einen billigen Strom erzeugen kann, sind wir darauf angewiesen, den Stromverbrauch im Elektroofen auf ein wirtschaftlich erträgliches Maß herabzudrücken und dieses Ziel durch Schaffung besonderer Ofenbauarten zu erreichen. Die Lösung dieser Aufgabe wurde in der Auswertung der Überlegung gefunden, daß es zweckmäßig ist, den elektrothermischen Vorgang im Ofen aufzuteilen, und zwar in Schmelz- und Raffinations- oder Feinungsphasen. Während der Schmelzphase, in der die Möglichkeit gegeben ist, die an elektrischem Strom aufgespeicherte Energie in höchstem Ausmaß in Form von Wärme im Schmelzgut umzusetzen, muß also sinngemäß angestrebt werden, mit höherer Energiedichte zu arbeiten, wogegen der Zeitabschnitt des Feinens und Raffinierens sowie des Legierens mit Rücksicht auf die Trägheit des Verlaufes der jeweils sich abspielenden chemisch-metallurgischen Vorgänge keine Abkürzung durch Zuführung größerer Wärmemengen verträgt.

Für den Ofenbauer war die Durchführung dieser Arbeitsweise sehr einfach, da ihm die Elektrotechnik die hierzu notwendigen Hilfsmittel durch die in der Drehstromtechnik viel angewendete Umschaltmöglichkeit der Ofentransformatoren von Dreieck auf Stern bot. Während der Phase des Schmelzens wird der Ofentransformator in Dreieckschaltung, d. h. mit hoher Spannung, gefahren, für die Dauer der Raffinierungs- und Legierungsarbeit dagegen auf Sternschaltung umgekoppelt, wodurch die von ihm abgegebene Energie durch Erniedrigung der Spannung um das $\sqrt{3}$-fache herabgesetzt wird. Das Arbeiten mit hoher Energiedichte während des Schmelzabschnittes hat aber eine hohe Beanspruchung der Füllung des Ofens zur Folge, der durch geeignete Schutzmaßnahmen begegnet werden muß. Man dichtete daher den Ofen vollständig ab und schützte das durch Überhitzung besonders stark gefährdete Ofengewölbe durch die sich unter ihm stauenden Gase. Die Ausführung entsprechender ofentechnischer Bauarten war bereits in früheren Jahren angeregt und für kleinere Öfen ausgeführt worden; jedoch wurden sie von den Fiatwerken, Turin[6]), auf größere Ofenmaße übertragen, und ebenso hat die Firma Siemens & Halske A.-G., Berlin, sie in besonderen Fällen, um den wirtschaftlichen Vorteil der Abdichtung der Öfen auszunutzen, für den Großofenbau angewendet und weiter vervollkommnet.

Der wirtschaftliche Vorteil der gewählten Ofenkonstruktion besteht in einer Energieersparnis von rd. 20 bis 30 vH gegenüber den nicht abgedichteten Öfen und in der Verminderung des Elektrodenabbrandes um rd. ebenfalls 20 vH. Hierdurch tritt besonders der Vorteil der verwendeten Graphitelektroden in erhöhtem Maß in Erscheinung, die man leicht bearbeiten und auf ein gewisses Maß abdrehen, also durch Verwendung der im Maschinenbau üblichen Mittel (Stopfbüchsen) gasdicht gegen den Ofen abschließen kann. Infolge ihrer wesentlich besseren Leitfähigkeit (1 : 5) gegenüber amorphen Kohleelektroden hat man auch die Durchgangstellen im Ofengewölbe im Querschnitt verringert. Dieser Vorteil ist um so wertvoller, als die Lebensdauer des Gewölbes der wirtschaftlich empfindlichste Punkt des ganzen Ofenbetriebes ist, so daß jeder, wenn auch noch so geringen Verbesserung nach dieser Richtung hin erhöhte Bedeutung beizumessen ist.

[1]) Z. Bd. 63 (1919) S. 442.
[2]) Z. Bd. 65 (1921) S. 1123, Bd. 69 (1925) S. 818, Bd. 70 (1926) S. 365.
[3]) Z. Bd. 69 (1925) S. 1470 und Bd. 70 (1926) S. 349.
[4]) Z. Bd. 71 (1927) S. 671.
[5]) Z. Bd. 68 (1924) S. 129, 740, 1125, 1276 und Bd. 69 (1925) S. 1409.
[6]) Z. Bd. 66 (1922) S. 629 u. f.

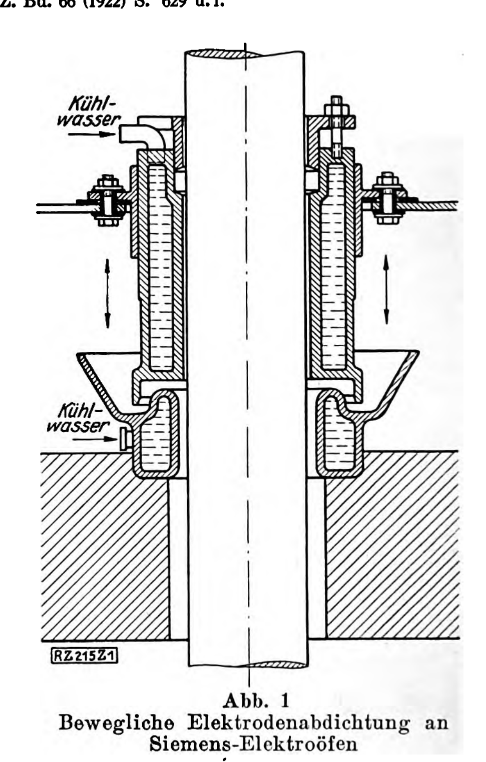


Abb. 1
Bewegliche Elektrodenabdichtung an Siemens-Elektroöfen

Die Abdichtung der Elektroden an den Siemens-Elektroofen, Abb. 1, besteht aus einem wassergekühlten Kupferzylinder, der die Elektroden in einer Länge von 300 bis [40]0 mm dicht umschließt und an seinem oberen Ende durch [St]opfbüchsen gasdicht abgeschlossen ist. Der untere Teil [de]s wassergekühlten Zylinders ist in der sandgefüllten [Ta]sse eines wassergekühlten, im Ofengewölbe ruhenden [Ri]nges derart gelagert, daß der Zylinder der durch Temperaturbeanspruchung hervorgerufenen Verformung des [Ge]wölbes folgen kann. Hierdurch vermeidet man ein Abklemmen der Elektroden, sie werden stets parallel der senkrechten Achse des Gewölbedurchganges gehalten.

Der für die Bergische Stahlindustrie, Remscheid, von [de]r Firma Siemens & Halske, A.-G., gebaute Elektroofen, [Ab]b. 2, mit einem Fassungsvermögen von 8 t hat abgedichtete Elektroden. Er wird basisch oder sauer zugestellt; in ihm erzeugt man hochwertigen Konstruktionsstahl (für Kraftwagen) und Werkzeugstahl. Der [Of]en ist für eine Transformatorenleistung von 3000 oder [20]00 kVA eingerichtet, je nachdem, ob mit hoher Energiedichte während der Schmelzzeit oder mit niedrigerer während des Zeitabschnittes der Feinung und der Legierung [ge]fahren wird. Die entsprechenden Ofenspannungen [be]tragen 175 und 101 V. Bei festem Einsatz verarbeitet [de]r Ofen vier Chargen in 24 h bei einem Kraftverbrauch [vo]n 580 bis 630 kWh für 1 t fertig ausgebrachten Stahles, [je] nach der Dauer des Legierens. Bei Einsatz von flüssigem, im Martinofen und in der Birne vorbehandeltem [St]ahl leistet der Ofen 8 bis 10 Chargen bei einem Durchschnittsverbrauch von 180 bis 220 kWh, bezogen auf [1] t fertiges Erzeugnis, je nach Dauer des Legierens. Die besondere Eigenart dieser Ofenbauart besteht in dem über dem Ofen liegenden, leicht abnehmbaren, brückenartigen Aufbau, in dem die Elektrodenabdichtungen eingebaut und auf dem die durch Elektromotor betätigten Antriebvorrichtungen der Elektroden angeordnet sind. Die Elektrodenfassungen werden durch [St]ahldrahtseilzüge getragen, wobei ihre Bewegungsrichtung [du]rch Führungsäulen zwangsläufig festgelegt wird. Die [D]rahtseile laufen über Windentrommeln und erhalten [du]rch stark federnde Widerlager die notwendige Nachgiebigkeit, so daß die Elektroden stoßfrei arbeiten können, [ei]n Vorteil, der eine einwandfreie Elektrodenregelung, besonders bei festem Einsatz verbürgt.

Wesentlich für einen wirtschaftlichen Ofenbetrieb ist [ge]rade das gleichmäßige Arbeiten der Elektrodenregelung; [ei]ne der wichtigsten Forderungen ist aber auch das möglichst stoßfreie Arbeiten des Ofens im Hinblick auf die gleichmäßige Beanspruchung des Kraftnetzes.

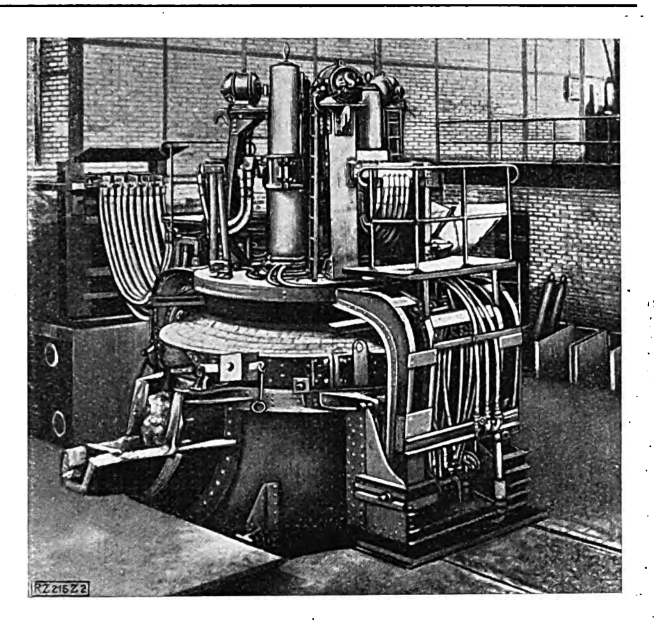


Abb. 2
Elektroofen von Siemens & Halske, A.-G., für die Bergische Stahlindustrie in Remscheid

Die beim Lichtbogenofenbetrieb unvermeidlichen Stromstöße können bei schlechter Regelung das 2,7- bis 3-fache der Nennleistung erreichen. Wenn auch diese nur ganz kurzzeitig auftretenden Schwankungen weder das Netz noch den Ofentransformator gefährden, so ist es doch, um störende Spannungsschwankungen im Netz zu vermeiden, notwendig, die Stromstöße auf ein erträgliches Maß herabzudrücken.

Die Elektrotechnik stellt auch hier die geeigneten Hilfsmittel durch Einbau von Drosselspulen in die Zuleitungen zum Ofen in den Dienst des Ofenbetriebes. Unter sinngemäßer Zusammenarbeit einer guten Elektrodenregelung und der Drosselspule ist es möglich, das Höchstmaß der Stromschwankungen auf das 1,6fache der normalen Stromhöhe zu beschränken, und bei festem Einsatz eine Empfindlichkeit der Regelung auf ± 25 vH, dagegen bei flüssigem Einsatz auf ± 10 vH zu erreichen.

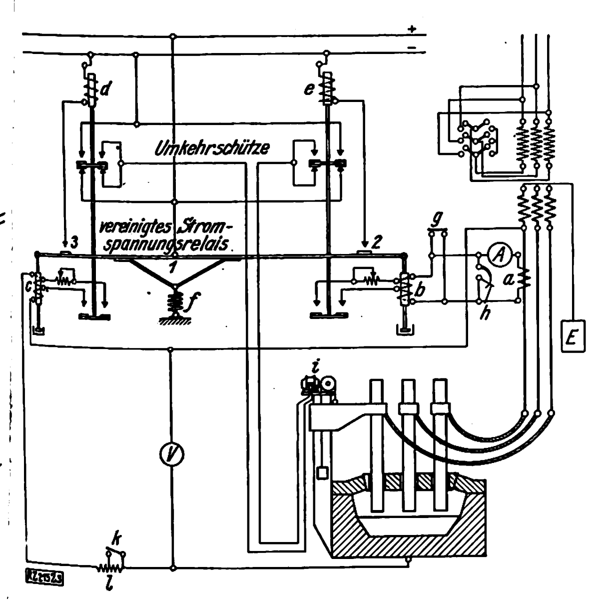


Abb. 3
Schaltplan der Elektrodenreglung für Lichtbogenöfen

a Stromwandler
b Stromspule
c Spannungsspule
d Senksolenoid
e Hubsolenoid
f Feder
g Kontakt und Steuerwalze
h Einstellregler
i Elektroden-Hubmotor
k Kontakt am Trenn-Umschalter
l Vorschaltwiderstand

Abb. 3 zeigt die Bauart einer neuzeitlichen Elektrodenregelung, die die Siemens-Schuckertwerke und die Siemens & Halske, A.-G., für den Lichtbogenofen benutzen. Hierbei werden Strom und Spannung geregelt. Die Einrichtung besteht im wesentlichen aus einem vereinigten Strom-Spannungsrelais für jede Phase, das (mit der Stromspule über einen Stromwandler) in den Ofenstromkreis geschaltet wird. Durch parallel geschaltete Widerstände ist der Erregerstrom sowohl für das Strom- als auch für die Spannungsrelais auf bestimmte Grenzwerte einstellbar. Senkt sich die erste Elektrode auf die Badoberfläche, so wird sie spannungslos und der Elektromotor, der die Bewegung vermittelt hat, wird außer Betrieb gesetzt. Fährt man nun mit der zweiten Elektrode herab bis zu dem Augenblick, wo diese zündet, so beginnt das Spiel der Relais. Die Stromspule ist übererregt, die oberhalb der Relais schwingende Brücke wird von ihr angezogen und schließt die Kontakte eines Hilfstromkreises, der die Schützen für den Regler-Gleichstrommotor bedient und dem Motor eine Bewegung im Sinne des Hebens der Elektrode gibt, bis sich die Elektrode auf die normalen Werte von Strom und Spannung einstellt. Dieser Vorgang wird dadurch unterstützt, daß, sobald der Motor in Bewegung gesetzt ist, einige Spulen des Stromrelais selbsttätig abgeschaltet werden, wodurch der Stromkreis wieder geöffnet wird und die Elektrode zum Stillstand kommt. Dann wird die dritte Elektrode heruntergelassen und das Spiel beginnt in der angedeuteten Weise von neuem. Sofern sich die Spule zu weit vom Bad entfernt, wird die Spannungsspule erregt, die Brücke wird nach der Span-



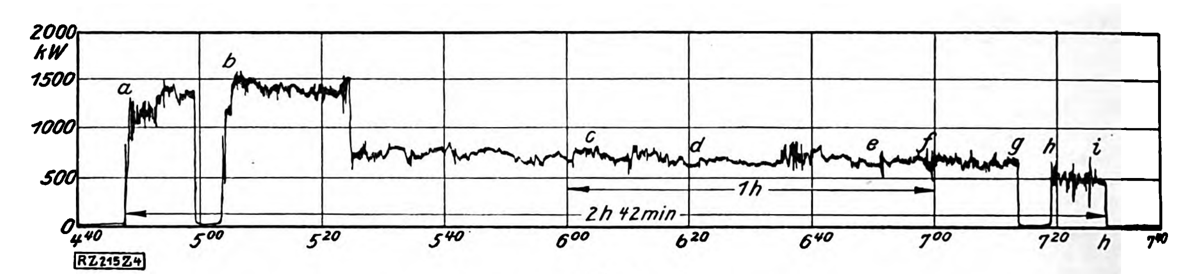


Abb. 4
Verlauf einer Schmelze in einem 15 t-Lichtbogenofen bei flüssigem Einsatz aus dem Martinofen, Qualität Kugelstahl

a 4 h 48 min Beginn der Schmelze, erste Probenahme *b* Aufgeben der Schwefelschlacke *c* Zweite Probenahme, Schlacke weiß *d* Aufgeben von Kohle und Siliziumstaub *e* Zugeben von Ferrochrom *f* Dritte Probenahme *g* Abschlacken *h* Aufgeben von Kohle und Siliziumstaub *i* 7 h 30 min Auskippen des Ofens

nungspule hinübergezogen und durch Schließen der Schützen dem Motor eine Bewegung im Sinne des Senkens der Elektroden gegeben.

Abb. 4 zeigt den Verlauf der Leistung eines selbsttätig geregelten Ofens.

Die vorstehenden Ausführungen kennzeichnen kurz die Wege, die der neuzeitliche Lichtbogenofenbau heute gehen muß, und wenn auch zur Zeit die Nachfragen nach Elektroöfen für den Stahl- und Eisenhüttenbetrieb etwas spärlicher geworden sind, so dürfte diese Zurückhaltung der Schwerindustrie lediglich darauf zurückzuführen sein, daß die Kraftwerke zum Teil sich noch immer der wichtigsten und von nationaler Bedeutung getragenen Forderung der Belieferung der Hüttenwerke mit billigem Strom gegenüber ablehnend verhalten.

Soll die Ausfuhr in Deutschland wieder dauernd auf die Höhe der Vorkriegzeit gebracht werden, so ist das erste Erfordernis, daß der Eisenindustrie die Mittel in die Hand gegeben werden, hochwertige Ware billig herzustellen. In dem neuzeitlichen Lichtbogenofen ist das nötige Mittel dazu gegeben, so daß das oben angedeutete Ziel zweifelsohne erreicht werden kann, wenn billige elektrische Kraft zum Betrieb der Elektroöfen zur Verfügung gestellt wird. [B 215]

Zucker aus Trockenschnitzeln[1])

Das bisher übliche Verfahren zur Gewinnung von Zucker aus Zuckerrüben setzt voraus, daß die Rüben sofort nach der Ernte verarbeitet werden. Dadurch wird der Betrieb der Zuckerfabrik auf eine Zeit von 6 bis 8 Wochen, die sogenannte Kampagne, beschränkt. Ein Verfahren, das ermöglichen würde, die Verarbeitung der Rübenernte über das ganze Jahr zu verteilen, würde eine weit bessere Ausnutzung der maschinellen Einrichtungen zur Folge haben und daneben auch in sozialer Hinsicht große Vorteile für die in der Zuckerfabrikation Beschäftigten bieten. Ein solches Verfahren ist von dem Italiener Dr. de Vecchis vorgeschlagen und vom landwirtschaftlichen Institut der Universität Oxford mit Unterstützung der englischen Regierung erprobt worden.

Die Rüben werden zunächst in der üblichen Weise gewaschen und zu Schnitzeln zerkleinert. Während diese Schnitzel aber bei dem üblichen Diffusionsverfahren unmittelbar zu den Diffuseuren geleitet werden, in denen der Zucker durch Osmose ausgeschieden wird, trocknet man sie beim Verfahren nach de Vecchis zunächst. Von der richtigen Trocknung hängt der ganze folgende Verlauf ab, und zwar ist festgestellt worden, daß mindestens 75 vH der Gesamtfeuchtigkeit aus den Rüben entfernt werden müssen, oder was dasselbe ist, daß die getrockneten Schnitzel nicht mehr als 5 vH Wasser enthalten dürfen. Für das Trocknen benutzte de Vecchis ein poröses Förderband in sechs Lagen übereinander und ließ durch die drei oberen heiße Luft in der Richtung von oben nach unten und durch die drei unteren Lagen von unten nach oben hindurchströmen. Die Schnitzel werden zuerst auf das eine Ende des obersten Bandes geschüttet, werden über dessen ganze Länge hinweggezogen, was 20 min erfordert, und fallen dann auf das Ende des zweiten Bandes und so fort. Die fünf unteren Bänder wandern aber mit nur der halben Geschwindigkeit, so daß der ganze Trockenvorgang 3 h 40 min in Anspruch nimmt. Grundsätzlich dasselbe Trockenverfahren wurde auch in der Oxforder Versuchsanlage benutzt; nur wurde dort festgestellt, daß es vorteilhaft ist, das Trocknen zu beschleunigen, um die Bildung von Invertzucker zu vermeiden.

Die getrockneten Schnitzel kommen dann in eine Reihe von Auslaugebottichen, durch die warmes Wasser strömt. Hier bildet sich ein dicker Sirup, der 50 vH Zucker enthält. Dieser Saft wird erst mit Kalk, dann mit Kalziumsuperphosphat geläutert und endlich durch Filterpressen gedrückt. Von jetzt ab ist das weitere Verfahren dem üblichen Diffusionsverfahren entsprechend: Der Dicksaft wird in Vakuumkesseln gekocht, bis der Zucker zu kristallisieren beginnt, dann wird die gekochte Masse wieder abgekühlt und aufgerührt, und schließlich werden die Zuckerkristalle von der Melasse durch Schleudern getrennt.

Gegenwärtig werden von dem oben erwähnten Institut noch die hygroskopischen Eigenschaften und die Haltbarkeit der getrockneten Schnitzel untersucht. Schon jetzt steht fest, daß sie im Verlauf eines Jahres wenig Feuchtigkeit aufnehmen. Sie können also lange aufbewahrt werden, ohne daß eine merkbare Beeinträchtigung ihrer Eignung für die Weiterverarbeitung eintritt.

Das neue Verfahren bietet in erster Linie den Vorteil, daß für eine gegebene Rübenmenge eine bedeutend kleinere Fabrikanlage nötig ist, da die Fabrikation auf das ganze Jahr verteilt werden kann. Es ist aber ferner zu beachten, daß eine Stufe der Fabrikation in Fortfall kommt. Der Dicksaft nämlich, der von den Auslaugungskesseln kommt, ist bereits annähernd ebenso konzentriert, wie der Saft, der im Diffusionsverfahren von den Verdampfern entnommen wird. Das Verfahren der Mehrfachverdampfung wird also entbehrlich. Freilich entsteht durch die Trocknung ein Mehrverbrauch an Brennstoff gegenüber dem Diffusionsverfahren, aber diese Kosten sollen durch die übrigen Vorteile ausgeglichen werden. Wenn Versuche in großem Maßstabe das bestätigen, was die kleine Versuchsanlage verspricht, so kann eine Umwälzung in der Zuckerindustrie eintreten. [N 481]

Berlin-Schöneberg Dipl.-Ing. Niedlich

[1]) Nach „The Engineer" Bd. 143 (1927) S. 431.

RUNDSCHAU

Elektrotechnik

Ein neues Höchstspannungs-Versuchsfeld für elektrotechnisches Porzellan

Die ständig wachsenden Anforderungen der Übertragung elektrischer Energie zwingen auch die Industrie für elektrotechnisches Porzellan, die die Isolatoren für Freileitungen, Transformatoren- und Schaltanlagen zu entwerfen und herzustellen hat, zu einer umfassenden Versuchs- und Forschungstätigkeit. Viele der hier in Frage kommenden Hochspannungsuntersuchungen können ja theoretisch-rechnerisch erst nach Einführung von Vereinfachungen behandelt werden, die von der Wirklichkeit erheblich abweichen, so daß nur planmäßige Versuche Klarheit schaffen können. Aus diesem Grunde haben sich die führenden Isolatorenfabriken schon frühzeitig elektrische Versuchsfelder angliedern müssen, deren Aufgabenkreis — vornehmlich im Laufe des letzten Jahrzehnts — immer größer und vielseitiger geworden ist. So sind z. B. außer den Untersuchungen mit technischem Wechselstrom, auf die man sich noch bis vor kurzem beschränkte, in neuerer Zeit vor allem eingehende Untersuchungen mit elektrischem Spannungsstoß

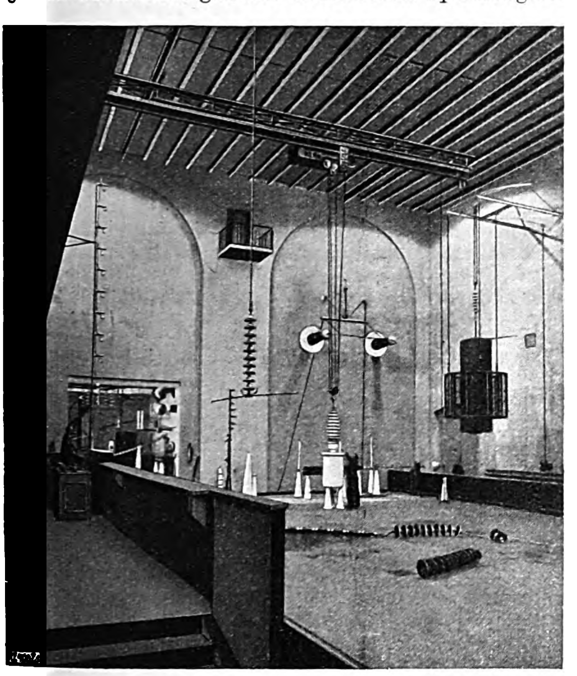


Abb. 1
Blick gegen den hängenden Tesla-Transformator für 1,4 Mill. V und Verbindungstür zum 500000 V-Versuchfeld

Abb. 1 und 2
Neues Höchstspannungs-Versuchfeld der Porzellanfabrik Hermsdorf i. Thür.

und Hochfrequenz erforderlich geworden. Maßgebend hierfür war die Erkenntnis, daß Überschläge an Isolatoren im praktischen Betrieb hauptsächlich auf derartige schnell veränderliche Beanspruchungen zurückzuführen sind.

In diesem Zusammenhang ist ein neues, Anfang 1927 in Betrieb genommenes Höchstspannungs-Versuchsfeld besonders bemerkenswert, das die Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren G. m. b. H. in ihrem Werke Hermsdorf (Thür.) errichtet hat. In seinem gegenwärtigen Ausbau ermöglicht dieses Versuchsfeld die Durchführung von Versuchen mit Hochfrequenz bis 1 400 000 V, mit Spannungstoß bis 700 000 V und mit technischem Wechselstrom bis 500 000 V gegen Erde. Nach Aufstellung eines zweiten Transformators, die aus wirtschaftlichen Gründen noch nicht erfolgen konnte, sollen Versuche mit technischem Wechselstrom von 1 000 000 V und großen Leistungen vorgenommen werden, wofür von vornherein alle Einrichtungen vorgesehen worden sind.

Abb. 1 und 2 lassen die gewaltigen Abmessungen des von einer freitragenden Decke überspannten Versuchsraumes erkennen, der 12,5 m hoch, 18 m breit und 23 m lang ist. Eine Beeinflussung der Versuche durch Schirmwirkungen

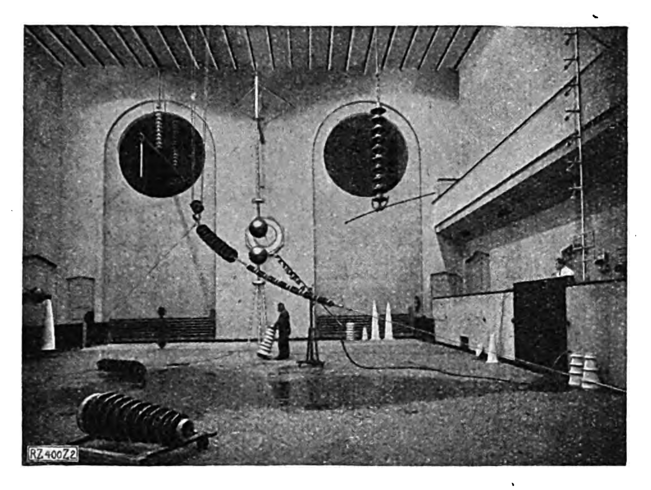


Abb. 2
Blick gegen die Kugelfunkenstrecke und die Beobachtungsbühne mit Schaltpult

der Wände, des Fußbodens und der Decke ist somit nicht zu befürchten, und anderseits können auch die größten Isolatorenketten in einer dem betriebsmäßigen Einbau entsprechenden Anordnung aufgehängt werden. Der Versuchsraum ist im übrigen fensterlos und wird nur durch künstliches Licht erhellt, da die meisten Versuche Beobachtungen der Glimm- und Strahlungserscheinungen im Dunkeln oder bei Dämmerlicht erfordern.

Zur Erzeugung der Hochfrequenzspannungen dient ein Tesla-Transformator, der an der einen Längsseite des Versuchsraumes so aufgehängt ist, Abb. 1, daß zur Erzielung verschiedener Kopplungsgrade Ober- und Unterspannungsspule gegeneinander verstellt werden können. Die Unterspannungsspule ist auswechselbar und mit zahlreichen An-

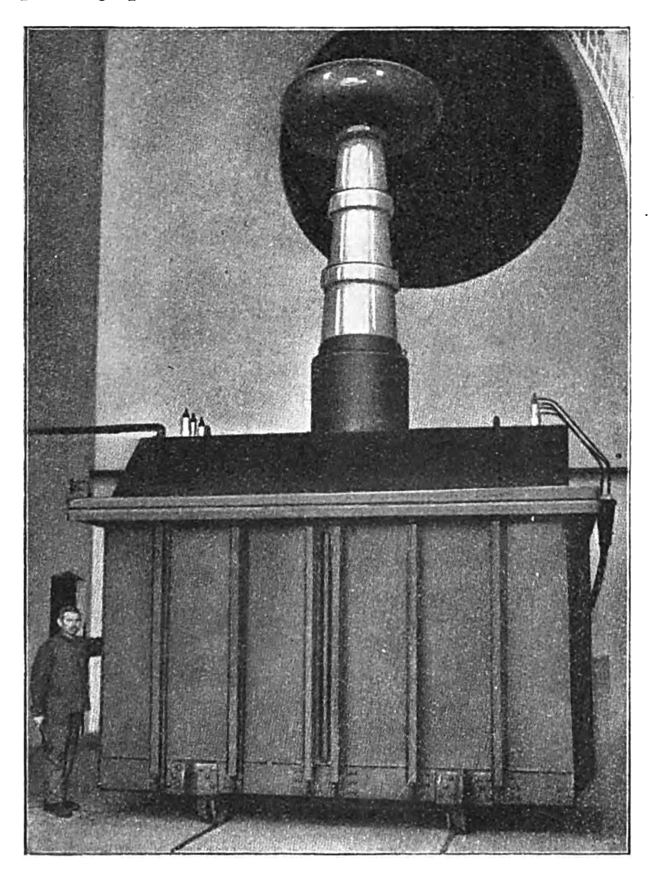


Abb. 3
Wechselstrom-Transformator für 500 000 V gegen Erde und 800 kVA Leistung



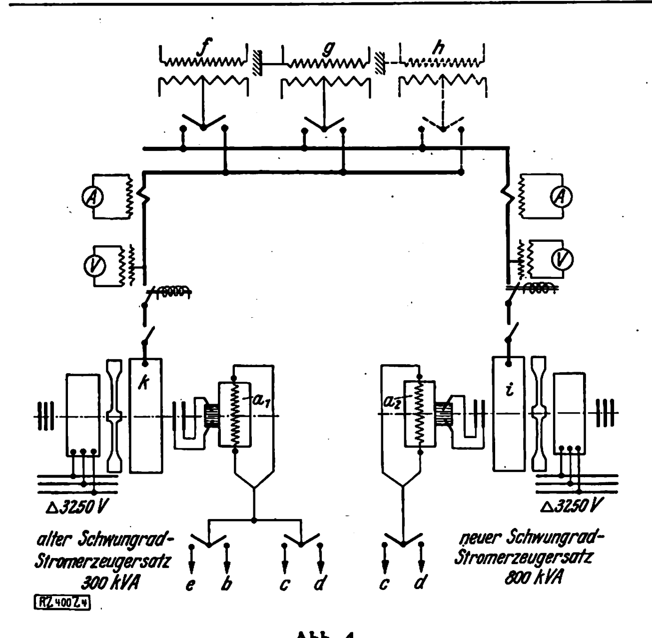


Abb. 4
Schaltplan der beiden 500000 V-Transformatoren

a_1 a_2	Erregermaschinen	*f*	Transf. f. 500 kV zwischen den Polen
b	Versuchraum	*g*	" " " " gegen Erde
c	Neues Versuchfeld	*h*	" " " " " " geplant
d	Freiluft-Versuchfeld	*i*	1250-2500-5000 V-Einph.-Masch. 50 Per./s
e	Oelprüfraum	*k*	2500 V-Einph.-Masch. 50 Per./s.

zapfungen versehen, so daß je nach der Versuchsanordnung und dem Versuchstück auf Resonanz eingestellt werden kann.

Der Wechselstrom-Transformator für 500 000 V gegen Erde und 800 kVA Leistung, Abb. 3, der in dem an den Versuchsraum unmittelbar angrenzenden Transformatorenraum aufgestellt ist, hat das für einen Prüftransformator stattliche Gewicht von rd. 50 t und bedeckt bei 6,5 m Höhe (bis zur Durchführung) eine Grundfläche von 3 × 4 m². Seine aus zwei Hälften bestehende Unterspannungswicklung kann in Reihen- oder Nebenschlußschaltung mit 5000 oder 2500 V gespeist werden, wodurch der Anschluß an verschiedene Stromerzeuger ermöglicht wird. Zum Speisen des Transformators ist ein Schwungrad-Stromerzeuger vorgesehen, bestehend aus einem Drehstrom-Induktionsmotor für 315 kW Dauerleistung, einem Synchron-Einphasenstromerzeuger für 5000 V und 800 kVA, einer Erregermaschine und einer Hilfssynchronmaschine. Der Stromerzeuger hat unterteilte Wicklungen und ist auf 1250, 2500 und 5000 V umschaltbar, so daß der Transformator mit 125 000, 250 000 und 500 000 V

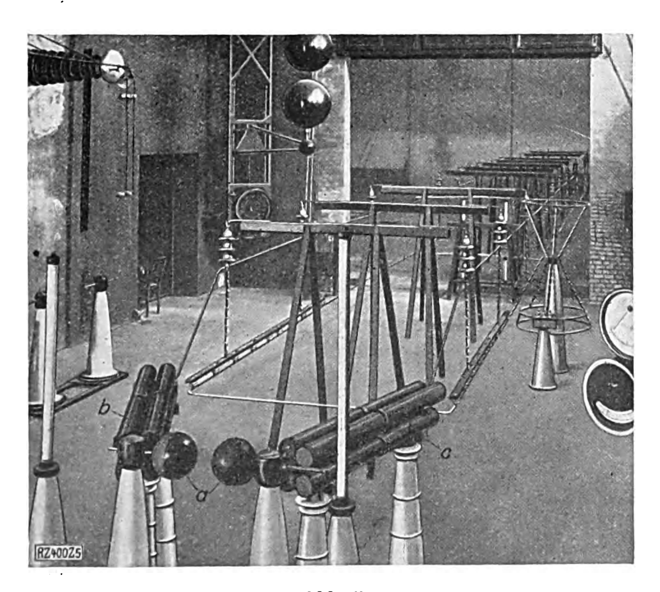


Abb. 5
54 m lange Doppelleitung für Wanderwellen-Versuche (Durchblick vom 500 kV-Versuchfeld zum neuen Höchstspannungs-Versuchfeld)

a Zündfunkenstrecke *b* und *c* Energiequellen zur Auslösung des Wanderwellen-Vorganges, bestehend aus je 5 Kondensatoren von je 900 cm (Gesamtkapazität jeder Seite 4500 cm) für rd. 150 kV

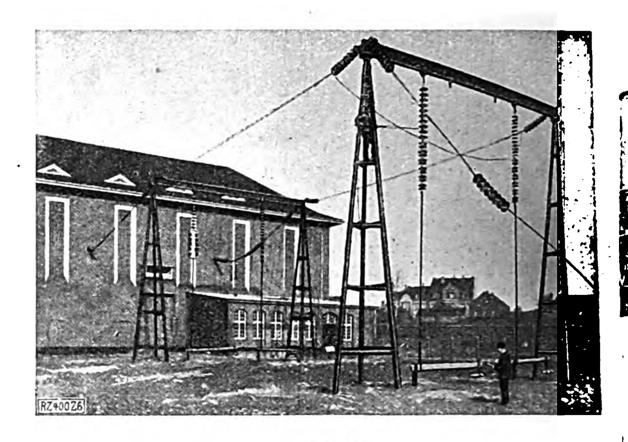


Abb. 6
Neues Freiluft-Versuchfeld für Dauerversuche unter gleichzeitiger elektrischer und mechanischer Belastung, Überschlagversuche usw.

bei gleicher anteiliger Meßgenauigkeit betrieben werden kann. Bis zu der in der allernächsten Zeit stattfindenden Aufstellung dieses Satzes wird der Transformator von dem 300 kVA-Schwungrad-Stromerzeugersatz des bereits seit 1913 bestehenden 500 000 V-Versuchsfeldes gespeist, wie dies der Schaltplan, Abb. 4, der beiden zur Zeit vorhandenen 500 000 V-Transformatoren zeigt.

Der neue Versuchsraum grenzt mit einer Schmalseite an das vorerwähnte 500 000 V-Versuchsfeld, mit dem er auch durch eine große, mittels Rollwand verschließbaren Tür unmittelbar verbunden ist. Infolgedessen können Wanderwellenversuche, die zur Klärung der an Freileitungen auftretenden Störungen besonders wichtig sind, an einer für alle in Frage kommenden Verhältnisse ausreichenden 54 m langen Doppelleitung vorgenommen werden, Abb. 5, die unter Inanspruchnahme beider Versuchsräume schnell aufgebaut werden kann. Die zur Erzeugung der Wanderwellen erforderliche Gleichspannung wird einer großen Kondensatorbatterie für hohe Spannung entnommen. Die Kondensatoren werden von dem Transformator des alten 500 000 V-Versuchsfeldes über einen mechanischen Gleichrichter aufgeladen. Durch Reflexion der Wanderwellen am offenen Ende der Leitung können hierbei Stoßspannungen bis zu 700 000 V erzeugt werden.

Zur Beobachtung der Versuche dienen zwei Beobachtungsbühnen, Abb. 1 und 2, von denen die untere 0,75 m, die obere 6 m über dem Fußboden liegt. Auf der unteren Bühne ist das Schaltpult aufgestellt, in dem außer den Regel- und Meßeinrichtungen für die Transformatoren und die Funkenstrecke die Schalter für den Laufkran, die Schalter für die Beleuchtung und die Klemmen zur Entnahme der verschiedenen Spannungsarten eingebaut sind.

Vom Schaltpult aus wird auch die Meßfunkenstrecke gesteuert, die an der gegen den Transformatorenraum grenzenden Wand des neuen Versuchsraumes angeordnet ist, Abb. 2. Die obere Kugel der Funkenstrecke wird durch einen kleinen Motor mit Schneckenvorgelege in Leonardschaltung verstellt, wodurch eine äußerst genaue Einstellung und ein sofortiges Halten im Augenblick des Funkenüberschlages ermöglicht werden. Bei gröberen Messungen wird der Kugelabstand durch die in Abb. 2 sichtbare Uhr angezeigt, die eine Ablesung mit 0,5 cm Genauigkeit gestattet. Bei feineren Messungen kann mittels einer im Schaltpult eingebauten elektrischen Anzeigevorrichtung der Kugelabstand auf 1 mm genau abgelesen werden.

Um die Versuche in Übereinstimmung mit den natürlichen Witterungsverhältnissen vornehmen zu können, hat man das Versuchsfeld mit den bekannten Einrichtungen zur Erzeugung von künstlichem Regen, Nebel und Wind ausgestattet.

Besonders zu erwähnen ist schließlich noch das im Zusammenhang mit dem neuen Höchstspannungs-Versuchsfeld errichtete Freiluft-Versuchsfeld, Abb. 6, das sich über eine Fläche von 35 × 50 m² erstreckt. Die Versuchstücke können hier an vier je 10,5 m hohen Masten, von denen je zwei durch starke T-Träger verbunden sind, unter Belastungen bis zu 6 t einer gleichzeitigen elektrischen und mechanischen Dauerprüfung unterzogen werden. Weiter können hier Versuche über Spannungsverteilung, Überschlagversuche und dergleichen unter natürlichen Witterungsverhältnissen ausgeführt werden.

[M 400] **Wallich**

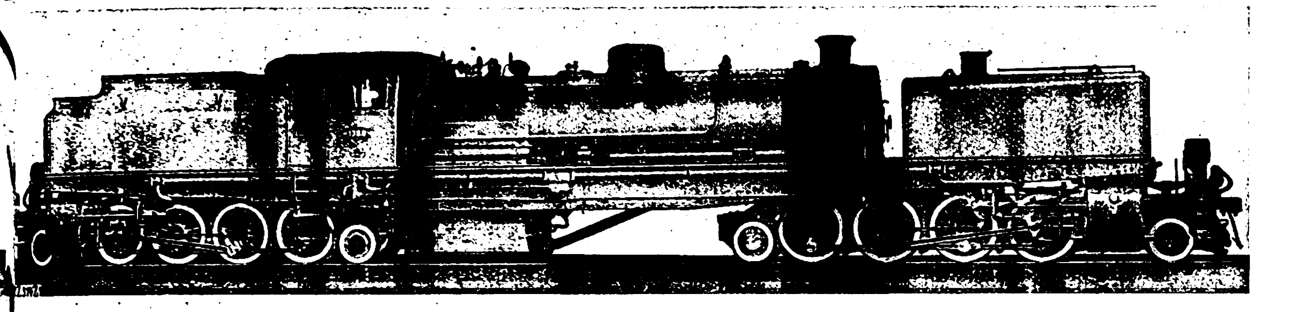


Abb. 7

1 D 1 + 1 D.1 - Fairlie-Heißdampflokomotive für Südafrika

Spurweite	1067	mm
Zyl.-Dmr. (d)	4×457	„
Kolbenhub (h)	610	„
Dmr. der Treibräder (D)	1156	„
„ „ Laufräder	724	„
Fester Radstand	2×3887	„
Gesamtradstand	21 285	„
Zahl der Heizröhren	169	
Dmr. „ „	45	„
Zahl der Rauchröhren	34	
Dmr. „ „	130	„
Größte l. W. des Kessels	1841	„

Länge der Heizröhren zwischen den Rohrw.	4572	mm
Höhe der Kesselmitte über S.-O.	2412	„
Heizfläche der Heiz- und Rauchrohre, feuerberührt	176	m²
Heizfläche der Feuerbüchse, feuerberührt	16	„
Heizfläche des Kessels, feuerber.	192	„
„ „ „ wasserber.	209,5	„
Ueberhitzerheizfläche	67,5	„
Gesamtheizfläche einschl. Ueberhitzer	277	„

Rostfläche	4,93	m²
Dampfüberdruck (p)	12,65	at
Wasservorrat rd.	21	m³
Kohlenvorrat	11,5	„
Leergewicht	115,8	t
Dienstgewicht	154,9	„
Reibungsgewicht	106	„
Länge über die Puffer	23 640	mm
Größte Breite	3 090	„
„ Höhe	3 950	„
Zugkraft $0{,}75 \times p \frac{d^2 h}{D}$	21 000	kg

Eisenbahnwesen

1D1+1D1-Lokomotive für Südafrika

Die 1D1+1D1-Gelenklokomotive, Bauart „Fairlie", Abb. 7, ist für die mit scharfen Krümmungen und starken Neigungen ausgestattete sogen. Kapspur von 3′ 6″ = 1067 mm bestimmt; die schärfsten Krümmungen haben 92 m Halbmesser bei nur 20 mm Spurerweiterung, dabei aber eine Überhöhung der äußeren Schiene bis zu 127 mm. Es erhellt daraus, daß die Lokomotive besonders ausgebildet sein muß, um diesen Anforderungen zu entsprechen, während sie anderseits wiederum eine sehr starke Zugkraft entwickeln muß, um Vorspann und damit doppelte Besatzung zu ersparen. Es wurde daher hier die „Fairlie-Bauart" gewählt, die der Mallet-Bauart unter diesen Verhältnissen überlegen ist, da sie sich in den scharfen Krümmungen ungezwungener einstellt als diese. Der verlangte große Wasser- und Kohlenvorrat würde bei der Mallet-Lokomotive einen besonderen Tender erforderlich machen, so daß die Lokomotive nicht unabhängig von Drehscheiben wäre, während die Fairlie-Lokomotive in jeder Fahrtrichtung gleich gut fährt.

Die Bezeichnung Fairlie-Lokomotive trifft für die Lokomotive in ihrer jetzigen Gestalt nicht mehr ganz zu, da die mit diesem Namen bezeichnete Bauart ursprünglich einen Doppelkessel hatte, während die neuere Anordnung nur einen Kessel aufweist, doch ist dieser Ausdruck immerhin wegen der Laufeigenschaften der neuen Bauart berechtigt.

Die Lokomotive besteht aus drei Gruppen, und zwar einem oberen, sich fast über die ganze Länge der Maschine erstreckenden Hauptrahmen, der den Kessel, die Vorratsräume und das Führerhaus trägt, und aus den beiden Triebgestellen. Am vorderen Ende des Hauptrahmens befindet sich zunächst ein Wasserkasten, hinter diesem ist der Kessel angeordnet; an ihn schließt sich das Führerhaus an, das sich nach hinten in einen zweiten Wasserkasten, verbunden mit Kohlenkasten, fortsetzt. Die beiden Wasserkasten sind miteinander durch ein geräumiges Rohr verbunden, das an der rechten Seite des Hauptrahmens entlangläuft. Der Hauptrahmen selbst besteht aus zwei durch starke Winkel versteiften Blechplatten, die ihrerseits durch eine ausreichende Anzahl von Querverbindungen ausgesteift sind; zwei dieser Querverbindungen tragen große Drehzapfen, mit denen der Hauptrahmen auf den Drehgestellen aufliegt.

Der Kessel hat die übliche Bauart der Lokomotivkessel, der Stehkessel hat runde Decke und Stahl-Feuerbüchse mit ebenfalls gewölbter Decke; innere und äußere Feuerbüchse sind durch Stahl- Stehbolzen verbunden. In der gefährdeten Zone sind diese Stehbolzen als sogenannte Gelenkstehbolzen ausgebildet. Die Feuerbüchse durchziehen vier Wasserumlaufrohre, die gleichzeitig Träger des Feuergewölbes sind. Der dem Kessel entnommene Dampf strömt zunächst durch den Überhitzerkasten der bekannten Schmidtschen Bauart und wird von da nach dem vorderen und hinteren Drehgestell geleitet. Es ist Vorsorge getroffen, daß die Dampfleitung zu jedem Drehgestell abgesperrt werden kann. Da die beiden Drehgestelle einen ziemlich großen Ausschlag in den Kurven ausüben, so sind die Dampfleitungen sowohl zu als von den Zylindern mit Kugelgelenken und Stopfbüchsen versehen, die auch eine erhebliche Ausdehnung der Rohre zulassen.

Der Abdampf von den Zylindern des vorderen Gestelles wird auf dem kürzesten Wege nach dem Rauchkammerboden geleitet und tritt dort in das Blasrohr ein; der Abdampf der Zylinder des hinteren Gestelles wird zunächst außerhalb der Hauptrahmen auf deren linke Seite geführt und tritt dann neben der Rauchkammer wieder in das Innere des Rahmens und von dort in das Blasrohr, so daß das Blasrohr zwei getrennte Ausblasöffnungen hat, eine kreisförmige und eine ringförmige.

Die Zylinder haben Kolbenschieber mit innerer Einströmung, jeder Zylinder trägt zwei getrennte Druckausgleichventile nach der Sonderbauart der Südafrikanischen Eisenbahn; außerdem ist auf dem Überhitzerkasten noch ein ausreichend großes Luftsaugventil vorgesehen. Die Kreuzköpfe sind eingleisig, sämtliche Stangen, auch die Treibstangen, haben geschlossene Büchsen. Die Steuerung ist nach Bauart Heusinger ausgeführt und gibt Füllungen bis zu 80 vH; ihre Einstellung wird vom Führerstand aus durch eine Dampfumsteuerung, Bauart Hendrie, bewirkt. Die Zylinder werden durch zwei Detroit-Öler mit je vier Schmierstellen geschmiert. Weiter sind noch zwei kleine Schmierapparate, Bauart Wörner, für die Drehzapfen und die beweglichen Dampfrohrleitungen vorgesehen.

Die beiden Drehgestelle sind fast vollkommen gleich gehalten und können nach Vornahme einer ganz geringen Änderung der Dampfrohrführung gegeneinander vertauscht werden. Die Rahmen der Drehgestelle sind als Barrenrahmen ausgebildet; sie sind in weitestem Maße gegeneinander durch Querstreben versteift. Die vier gekuppelten Achsen sind in der üblichen Weise fest im Rahmen gelagert; die Federn liegen über den Achslagern. Die vordere Laufachse ist in einem Bisselgestell geführt, worin sie außerdem noch 20 mm seitliches Spiel hat. Die hintere Laufachse ist im Drehgestell je 20 mm seitlich verschiebbar. Die Federn jedes Gestelles sind in zwei Gruppen durch Ausgleichstangen verbunden. Starke seitliche Ausschläge der Drehgestelle gegen den Hauptrahmen werden durch Spiralfedern gedämpft, Winkelausschläge der Drehgestelle begrenzt.

Jedes Drehgestell wird durch einen Dampfzylinder gebremst, und zwar selbsttätig gemeinsam mit der Bremsung durch die Saugluftbremse, die im übrigen allein für den Zug bestimmt ist. Das hintere der beiden Drehgestelle kann außerdem auch noch vom Führerstand aus durch Hand-Spindelbremse gebremst werden. Von weiteren erwähnenswerten Einrichtungen sind noch zu nennen:

Sandstreuvorrichtung, Bauart Lambert, von acht Sandkästen aus geführt und in jeder Fahrtrichtung vier Rädern Sand streuend.

Siederohr-Ausblasvorrichtung, Bauart Parry, die jederzeit während der Fahrt, ohne daß die Feuertür geöffnet wird, in Tätigkeit treten kann.

Elektrische Beleuchtungseinrichtung, Bauart Pyle, mit je einem großen Scheinwerfer für jede Fahrtrichtung; der erforderliche Strom wird durch eine auf dem Kessel sitzende Turbodynamo erzeugt.

Amerikanische Mittelpufferkupplung, Bauart Henricot, am Ende jedes Gestelles; die Kupplung ist durch Gummipuffer abgefedert.

Die sonstige Ausbildung der Lokomotivausrüstung ist die allgemein übliche, entsprechend geändert nach den Vorschriften der Südafrikanischen Bahn. [M 554]

Gießerei

Verein Deutscher Eisengießereien, Gießereiverband

Die 57. Hauptversammlung des Vereins Deutscher Eisengießereien, Gießereiverband, fand unter starker Beteiligung vom 1. bis 3. Juni in Stuttgart statt.

Den ersten Teil der Tagung bildeten die Sitzungen der Ausschüsse und Organe des Vereins, in denen unter dem Vorsitz von Dr.-Ing. Werner, Düsseldorf, die heute im Vordergrund des Fachinteresses stehenden Fragen und Aufgaben wirtschaftlicher und technischer Art behandelt wurden. Es wurden drei technische Vorträge gehalten. Als erster sprach Prof. Dr.-Ing. Heidebroek, Darmstadt, über

Grundfragen für Rationalisierung und Fließarbeit im deutschen Gießereiwesen.

Er führte aus, daß eine planmäßige Betrachtung der zur Fließarbeit führenden Grundlagen der Arbeitsvorbereitung erforderlich sei, um die Bedeutung des Arbeitsflusses für die Gießerei richtig würdigen zu können. Die Arbeitsvorbereitung bestehe darin, die nach Zeitelementen aufgelöste Gesamtleistung im Hinblick auf den Arbeiter, den Arbeitsplatz und das Werkstück zu ordnen.

Für die arbeitende Person gruppieren sich die Arbeitselemente zu Lohnsätzen, Akkordzeiten, Arbeitspensum usw. Der Weg der Entwicklung geht mit zunehmender Einschränkung der Zeitbeweglichkeit des Arbeiters vom reinen Zeitlohnverfahren über den Stücklohn, den Zeitakkord zum sogenannten Pensumverfahren mit genau festgelegter Arbeitsdauer. Damit wird die Initiative zur Verkürzung der Arbeitsdauer nicht mehr dem Arbeiter oder der Werkstatt überlassen, sondern auf die Arbeitsvorbereitung übertragen.

Die Ordnung der Arbeitselemente hinsichtlich des Arbeitsplatzes hat die planmäßige Arbeitsverteilung auf sämtliche vorhandenen Arbeitsgelegenheiten zur Folge mit dem Ziel eines möglichst vollständigen Beschäftigungsgrades.

Mit Bezug auf das Werkstück muß die Arbeitsvorbereitung auf einen ununterbrochenen Arbeitsfluß abzielen, und zwar in dem Sinn einer ununterbrochenen Aufeinanderfolge der verschiedenen Fertigungsstufen des Werkstücks. Wenn auch die Bandarbeit die höchste Form der Fließarbeit darstellt, so ist letztere doch auch ohne ein sichtbares Fördermittel durchführbar.

Aus der folgerichtigen Durchführung des Fließgedankens ergibt sich die Beseitigung der Arbeitspausen am Werkstück sowie der Lagerzeiten.

An sich bringt die Eigenart des Gießereibetriebes schon von selbst einen ziemlich geschlossenen Arbeitsfluß mit sich, der sich aber noch an einzelnen Stellen, insbesondere bei den Hilfsbetrieben, wie Kernmacherei, Putzerei usw., vervollkommnen läßt. Größte Bedeutung besitzt aber die Durchführung des Fließgedankens für die Gießereibetriebe bei der Mechanisierung der Fördervorgänge. Hier veranlaßt er eine Änderung der räumlichen Anordnung der Gießereiwerkstätten, sobald es sich um eine einigermaßen nennenswerte Massenfertigung handelt. Es gibt hierfür verschiedene technische Lösungen, bei denen vorzüglich die mechanische Bewegung des Formkastens am Formplatz vorbei zur Gießstelle, zum Ausleerplatz und zum Formplatz zurück eine Rolle spielt.

Namentlich die Ausnutzung der neuzeitlichen Schnellformmaschinen drängt zu solchen Maßnahmen. Von nicht geringerer Bedeutung für sie ist aber auch die Notwendigkeit der Beseitigung aller unnötigen Hilfsarbeiten. Endlich ergibt sie die beste Lösung der Arbeitsverteilung, weil sie zu einer gleichmäßigen Besetzung der Arbeitsplätze zwingt.

Zusammengenommen kann von der Durchführung einer planmäßigen Arbeitsvorbereitung nach allen drei Richtungen auch für die Gießereitechnik eine wesentliche Verbesserung des Betriebes erwartet werden, ganz abgesehen von der erzieherischen Bedeutung, die der Fließarbeit zukommt.

Prof. Dr. Keßner, Karlsruhe, machte Ausführungen über

Sandverdichtung und Sandfestigkeit unter besonderer Berücksichtigung neuerer Formverfahren.

Ausgehend von der neueren Entwicklung, die in den letzten Jahren das Gießereiwesen infolge wissenschaftlicher Forschung und allmählichen Eindringens der Fließarbeit genommen hat, beschäftigte sich der Vortragende vorwiegend mit neuen Versuchen über die mechanische Prüfung fertiger Gußformen in Eisen- und Stahlgießereien. Die Untersuchungen wurden nicht mit besonders vorbereiteten Probekörpern vorgenommen, sondern an fertigen Gußformen, in denen der Sand nach verschiedenen in der Praxis üblichen Verfahren verdichtet worden war.

Im Gegensatz zu den bisher geübten Prüfverfahren wurde ein neues an Hand von Lichtbildern erläutert, bei dem ein frei fallendes Gewicht einen bestimmten Eindruck in der fertigen Gußform hinterläßt. Als Maßstab für diese spezifische Sandverdichtung dient die Eindringungstiefe bei gegebener Fallarbeit.

Um die Bindefestigkeit des nach irgendeinem Verfahren verdichteten Formsandes zu bestimmen, sticht man mit einer an einem Ende zugeschärften Blechröhre eine Sandprobe aus dem Formkasten aus und drückt sie aus der Hülse mittels einer Schraubspindel langsam so weit heraus, bis der herausstehende Sandzylinder abbricht. Die Bindefestigkeit wird dann nach den Gesetzen der Biegefestigkeit in derselben Weise wie bei einem durch sein Eigengewicht belasteten freitragenden Balken ermittelt. Die Ergebnisse lassen den Zusammenhang zwischen der spezifischen Sandverdichtung, der Bindefestigkeit und der Gasdurchlässigkeit erkennen.

Die angegebenen Prüfverfahren wurden in verschiedenen Gießereien angewendet. Dabei bot besonders Interesse ein von der Badischen Maschinenfabrik in Durlach neuerdings ausgebildetes Verfahren zum Verdichten von Sa[nd] mit einer Druckluft-Sandschleuder-Formmaschine, die d[er] Vortragende eingehend besprach. Bei ihr wird durch e[in] frei bewegliches Strahlrohr in Verbindung mit einer ne[uartigen] Blasdüse der Sand über der Modellplatte in d[en] Formkasten hineingeblasen.

Als letzter Redner behandelte Direktor Sipp, Mannheim, die

Gußputzverfahren in ihrer Entwicklung bis zur Gegenwa[rt].

Unter Gußputzen werden die Arbeitsvorgänge versta[n]den, die, wie der Vortragende einleitend ausführt, zur Rei[ni]gung der aus der Form kommenden Gußstücke von de[m] auf den Außenflächen anhaftenden Formsand und von Rü[ck]ständen der Kernmaße im Innern sowie zur Beseitigung d[er] Eingüsse, Gußnähte und Grate nötig sind.

Die erstgenannten Arbeiten werden durch Scheuern o[der] Erschüttern der Stücke in umlaufenden Trommeln vorg[e]nommen, während man sich für die letztgenannten schn[ei]dender Werkzeuge bedient.

Mit steigenden Ansprüchen hinsichtlich der Saub[er]keit der Gußoberfläche entwickelte sich das Putzen mitt[els] Sandstrahlgebläse, das von dem Amerikaner Tilghmann [er]funden, aber in Deutschland zuerst gebaut und vorbildl[ich] entwickelt wurde.

Die erste Erfindung arbeitete nach dem Saugve[r]fahren, das darauf beruht, daß die Luft ein Rohr durc[h]strömt, an dessen düsenartiger Verengung den Sand a[us] einem andern Rohr im Vorbeistreichen ansaugt und i[hn] dann auf das zu putzende Stück schleudert.

Das Druckverfahren unterscheidet sich v[om] Saugverfahren dadurch, daß der Sandbehälter un[ter] Druck gesetzt wird, so daß der Sand durch Löcher in d[en] der Strahldüse zuströmenden Luftstrom hineingedrückt wi[rd].

Das Schwerkraftverfahren schließt sich [als] letztes diesen beiden an. Bei ihm fällt der Sand in frei[em] Fall von oben in den Luftstrom.

Je nach Bauart werden folgende Arten von Sandstra[hl]gebläsen unterschieden: Freistrahl, Drehtisch, Sprossentis[ch], Rollbahntisch, Kastengebläse und Trommelgebläse, w[o]noch Sonderausführungen für bestimmte Zwecke komm[en].

Als wichtigstes Schneidwerkzeug kommt heute [der] Druckluftmeißel in Frage, während Trichter und Eing[üsse] durch Kreissägen[1]) entfernt werden.

Eingehend besprach der Vortragende anschließend [ein] seit vielen Jahren in Amerika geübtes Putzverfahren m[it]tels Wasserstrahles[2]). Die dazu benutzte Einrichtung [be]steht aus einem Raum, in dessen Wand eine Anzahl Düs[en] angeordnet sind, durch die der Wasserstrahl von allen Seit[en] gegen das auf einem Tisch liegende Gußstück geschleud[ert] wird, wodurch Form- und Kernsand ab- oder ausgesp[ült] werden. Planmäßige Versuche bei der Firma Lanz, Mar[n]heim, mit Düsengrößen von 10 mm an abwärts und Drück[en] von 20 at bis 50 at ergaben mit zunehmendem Wasserdru[ck] und geringem Düsenquerschnitt eine sehr günstige W[ir]kung. Durch Formgebung der Düsen, gerade und gebog[en], ist die Möglichkeit gegeben, in alle Hohlräume des putzenden Stückes hineinzukommen. So können auch [die] verwickeltsten Gußstücke mit Erfolg gesäubert werden. [Je] verwickelter sie sind, um so wirtschaftlicher ist die Anwe[n]dung des Wasserstrahlputzens. Die Kerneisen können [aus] ihm ohne Beschädigung entfernt und nachher wieder [be]nutzt werden. Der größte Vorzug dieses Putzverfahre[ns] aber ist der, daß es sich ohne jede Staubentwicklung vo[ll]zieht. [N 598]

Hamburg Lohse

[1]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 1700.
[2]) Z. Bd. 70 (1926) S. 240.



Wirtschaft

Die deutsche Maschinenindustrie in der Weltwirtschaft[1])

Die Außenhandelsstatistik, die die Verflechtungen in er Weltwirtschaft und die Abhängigkeiten der einzelnen olkswirtschaften voneinander anzeigt, meldete für 1913 ine deutsche Maschinenausfuhr in Höhe von 38,4 Mill. ℳ gegenüber 721,3 Mill. ℳ aus England und 30,6 Mill. ℳ aus den Vereinigten Staaten von Amerika. iese drei Zahlen kennzeichnen treffend die Stellung der utschen Maschinenindustrie auf dem Weltmarkt, insbe- ndere wenn man berücksichtigt, daß alle übrigen Länder usammen damals Maschinen im Werte von nur 396,9 Mill. ark ausführten. Die Folgen der Krieg- und Nachkrieg- it haben diese Reihenfolge zwar bedauerlicherweise ge- idert, so daß Deutschland 1925 mit 734,9 Mill. ℳ[2]) erst an ritter Stelle hinter den Vereinigten Staaten mit 1279,8 Mill. nd England mit 898,2 Mill. ℳ kam, während alle übrigen ınder für 762,5 Mill. ℳ ausführten. Die deutsche aschinenindustrie hat aber gleichwohl ihre bedeutende ellung auf dem Maschinenmarkt beibehalten, zumal da s Jahr 1926 erfreulicherweise eine Steigerung der deut- hen Maschinenausfuhr auf 798 Mill. ℳ gebracht hat.

Die Verteilung der deutschen Ausfuhr an aschinen auf die einzelnen Erdteile zeigt Zahlentafel 1.

Zahlentafel 1
eutsche Maschinenausfuhr nach Erdteilen

Erdteil	1913 vH	1925 vH	1926 vH
uropa	79,5	72,0	70,0
ien	4,5	6,3	7,0
rika	1,4	1,8	1,5
r. Staaten und Kanada	2,6	2,8	4,7
tein-Amerika	9,5	13,4	11,6
stralien	0,5	0,3	0,7
cht erfaßte Länder	2,0	3,4	4,5
Insgesamt	100,0	100,0	100,0

[1]) Nach der Denkschrift des Vereines deutscher Maschinenbau- stalten über die Maschinenindustrie der Welt für die Weltwirtschafts- nferenz und seinem Bericht über die deutsche Maschinenindustrie die Jahre 1925 und 1926.
[2]) RM nach der Festigung der Währung.

Aus dem überwiegenden und fast gleich gebliebenen Anteil Europas ergibt sich die große Bedeutung der europäischen Zollverträge für den deutschen Maschinenbau.

Die wichtigsten deutschen Absatzmärkte für 1913 und 1926, nach der Reihenfolge des Ausfuhrwertes 1926 geordnet, sind in Zahlentafel 2 aufgeführt:

Zahlentafel 2
Die wichtigsten Absatzmärkte des deutschen Maschinenbaues

	1913[3])	1926
Rußland	1	1
Italien	5	2
Niederlande	7	3
Großbritannien	4	4
Brasilien	10	5
Vereinigte Staaten	13	6
Tschechoslowakei	—	7
Spanien	8	8
Argentinien	11	9
Schweiz	9	10
Österreich	2	11
Frankreich, Elsaß-Lothringen und Saargebiet	3	12
Schweden	16	13
Polen und Danzig	—	14
Rumänien	12	15
Belgien, Luxemburg	6	16
Niederländisch-Indien	17	17
Japan	15	18
Dänemark	14	19
Britisch-Indien	20	20
Ungarn	—	21
Türkei	22	22
Südslavien	—	23
Chile	18	24
Finnland	21	25
China	24	26
Griechenland	25	27
Norwegen	19	28
Lettland	—	29
Ägypten	23	30

[3]) Alter Gebietsumfang.

Zahlentafel 3
Die deutsche Maschinenausfuhr nach Fachgruppen geordnet

Fachverbands-gruppe	Erzeugnisse	Gewichte in t 1913	Gewichte in t 1925	Gewichte in t 1926	Werte in 1000 ℳ 1913	Werte in 1000 ℳ 1925	Werte in 1000 ℳ 1926
1	Werkzeugmaschinen	90 279	58 155	72 775	98 272	95 751	109 821
2	Textilmaschinen und Zubehör	79 867	58 258	57 918	116 521	144 432	154 324
3	Landwirtschaftliche Maschinen und Geräte	80 820	73 380	82 119	56 544	61 227	72 177
4	Dampflokomotiven und Tender	54 445	22 573	17 128	55 224	27 171	25 065
5	Kraftmaschinen	100 262	49 954	53 691	117 655	86 436	95 456
6	Arbeitsmaschinen	22 683	17 193	16 317	29 723	36 536	40 191
7	Hütten-, Stahl- und Walzwerksanlagen und -maschinen	—	—	—	—	—	—
8	Mechanische Fördermittel und Wagen	39 601	20 234	25 289	32 682	24 229	30 093
9	Maschinen für die Papierindustrie und das graphische Gewerbe	29 098	25 769	24 029	42 810	60 118	57 387
10	Maschinen für die Nahrungs-, Genußmittel und chemische Industrie	40 501	17 314	16 459	39 357	25 502	25 077
11	Maschinen für die Aufbereitung von Kohlen, Erzen, Steinen und Erden	32 614	11 486	11 925	24 039	11 703	12 642
12	Sonstige Maschinen und Maschinenteile, Verschiedenes	96 279	82 128	89 076	125 614	161 796	175 511
1 bis 12	Insgesamt	666 449	436 444	466 726	738 441	734 901	797 744

Zahlentafel 4
Erzeugung und Leistungsfähigkeit

Land	1913 Erzeugung[4]) Mill. ℳ	1913 Erzeugung[4]) vH	1925 Vorkriegswerte Erzeugung Mill. ℳ	1925 Vorkriegswerte Erzeugung vH	1925 Vorkriegswerte Leistungsfähigkeit Mill. ℳ	1925 Vorkriegswerte Leistungsfähigkeit vH	Beschäftigungsgrad vH	1925 Zeitwerte Erzeugung Mill. ℳ	1925 Zeitwerte Leistungsfähigkeit Mill. ℳ
Vereinigte Staaten	6 775	50,0	8 465	57,6	11 330	57,1	74,5	12 697	17 000
Großbritannien	1 602	11,8	2 007	13,6	2 307	11,6	87,4	3 010	3 460
Deutschland	(2 700)[5])	20,6	1 933	13,1	3 359	16,9	(72,4)[6])	2 900	5 038
Übrige Länder	(2 478)[5])	17,6	2 300	15,7	2 860	14,4	80,0	3 452	4 280
	13 555	100,0	14 705	100,0	19 856	100,0	74	22 059	29 778

[4]) Die Leistungsfähigkeit im Jahre 1913 ist gleich der Erzeugung; der Beschäftigungsgrad kann mit 100 vH angenommen werden.
[5]) Die eingeklammerten Zahlen geben die Erzeugung in den heutigen Grenzen wieder.
[6]) Die Leistungsfähigkeit wurde nicht mit Hilfe dieses Beschäftigungsgrades berechnet, da im Jahre 1925 die Arbeitzeit im deutschen Maschinenbau vielfach stark verkürzt war.

Rußland steht nach wie vor an erster Stelle, ein Umstand, der angesichts des englisch-russischen Konfliktes besondere Beachtung verdient und die deutsche Stellungnahme in den kommenden Wirtschaftsverhandlungen nicht unwesentlich beeinflussen dürfte. Der erhebliche anteilige Rückgang in der Ausfuhr nach Frankreich und Belgien fällt auf, während die gleiche Erscheinung Österreich gegenüber durch die besonders aufgeführten Anteile der Tschechoslowakei und Ungarns so ziemlich ausgeglichen ist.

Bemerkenswert ist weiter die Aufteilung der deutschen Maschinenausfuhr auf die einzelnen Fachgruppen des Verbandes, Zahlentafel 3.

Dem Gewichte nach hat lediglich die Ausfuhr an landwirtschaftlichen Maschinen und Geräten eine erfreuliche Steigerung gegenüber der Vorkriegzeit zu verzeichnen. Sie steht dem Gewichte nach heute auch an der Spitze der Maschinenausfuhr, während 1913 die Kraftmaschinen diesen Platz einnahmen.

Wertmäßig (man beachte die Wertverminderung der Mark) überflügelte 1926 die Ausfuhr von Textilmaschinen und Zubehör alle Maschinengruppen erheblich. Die Textilmaschinenindustrie hatte auch mit 120,4 Mill. ℳ den größten Ausfuhrüberschuß.

In der Welterzeugung an Maschinen standen auch schon vor dem Kriege die Vereinigten Staaten von Amerika an der Spitze. Zahlentafel 4 gibt hierfür eine Übersicht, die weiter auch Angaben über die Leistungsfähigkeit sowie über den Beschäftigungsgrad enthält.

Vergleicht man diese Zahlen mit denen des Außenhandels, so ergibt sich, daß der Anteil des Weltaußenhandels an der Welterzeugung trotz der Steigerung der Erzeugung von einem Fünftel auf ein Sechstel zurückgegangen ist. Dieser Rückgang ist lediglich darauf zurückzuführen, daß sich der Austausch zwischen den Maschinenerzeugungsländern vermindert hat; denn die Ausfuhr in die zu Industrieländern gewordenen Rohstoffländer ist gestiegen. D[illegible] ist ein bedauerliches Zeichen für die Vernachlässigung d[illegible] internationalen Arbeitsteilung, der Grundlage jeder g[illegible]sunden weltwirtschaftlichen Entwicklung. Erst eine B[illegible]seitigung der vielfachen internationalen Handelserschwerungen kann hier zum Segen der ganzen Welt Wand[illegible] schaffen. [N 595] Fr.

Kleine Mitteilungen

Einheits-Tenderlokomotiven der Deutschen Reichsbahn

Kürzlich sind von der Firma Henschel & Sohn, Kassel, die ersten Tenderlokomotiven nach der Einheitsbauart fertiggestellt worden, die die Achsfolge 1 C 1 haben. Die Leistung wird von den beiden Zylindern auf die mittlere Kuppelachse übertragen. Beide Laufachsen sind in Bisselgestellen gelagert. Bei 74,3 t Dienstgewicht und 45,5 t Reibungsgewicht beträgt die Zugkraft 9250 kg. Der Kessel arbeitet mit 14 at Überdruck. Diese Lokomotive, deren Treibräder 1500 mm Dmr. haben, ist im wesentlichen für den Nahzugverkehr bestimmt. [N 661 a] Gs.

Eisenbahnbrücke über den Mississippi

Die Atchison-, Topeka- und Santa Fe-Eisenbahn baut gegenwärtig bei Ft. Madison, Iowa, eine Eisenbahnbrücke aus Parallelträgern, deren Stromteil aus vier feststehenden Öffnungen von je 82 m sowie einer Drehbrücke mit zwei Armen von je rd. 81 m Länge, gemessen von Pfeilermitte zu Pfeilermitte, besteht. Die lichte Höhe der Brücke über Hochwasser beträgt 3 m. Über der zweigleisigen Eisenbahnbrücke ist eine Fahrbahn für Straßenverkehr angeordnet.

Zum Antrieb der Drehbrücke dienen vier unabhängig voneinander über Vorgelege auf Zahnstangen von je 73 cm Dmr. arbeitende Drehstrommotoren von je 75 PS bei 440 V und 25 Per./s. Die Motoren machen 475 Uml./min bei einem Anfahrdrehmoment von 265 kgm. Ein größtes Drehmoment von 345 kgm kann 1 h lang innegehalten werden. Die vier Zahnstangen arbeiten gleichzeitig auf einen Zahnkranz von 14 m Dmr. mit Außenverzahnung, der auf dem Drehpfeiler fest angebracht ist. Die Motoren liegen unmittelbar unter den Gleisen; die Anlage wird von einem Führerhaus auf dem Drehturm oberhalb der Straßenfahrbahn betätigt. („Railway Age“ 9. Juli 1927 S. 47*) [N 661 b] Sd.

Gladstone-Dock in Liverpool

Neben dem älteren Hornby-Dock gelegen, hat das Gladstone-Dock, das am 19. Juli d. J. eröffnet worden ist, mit seinen beiden 122 m breiten Becken vier Kais von 387 bis 457 m Länge und insgesamt 22,35 ha überdeckter Lagerfläche. Eine Schleuse von 196,6 m Länge und 27,4 m Breite verbindet den neuen mit den älteren Dockhäfen, die dadurch auch bei Niedrigwasser für größere Schiffe erreichbar sind. In dem zugehörigen Trockendock können Schiffe von 320 m Länge und 36,6 m Breite gedockt werden. Die Wassertiefe beträgt höchstens 14,02 m.

Die Einfahrt zum Gladstone-Dock bildet eine Schleuse von 326 m Länge und 39,6 m Breite mit 8,5 bis 14,9 m Wassertiefe über dem Drempel. Die Schleusenstemmtore wiegen je rd. 500 t und sind 21,94 m lang, in der Mitte 2,53 m und an den Enden 0,86 m breit und rd. 17 m hoch. Tragrollen, die viel Unterhalt beanspruchen, sind vermieden worden. Der Tragzapfen hat rd. 40 und der Halszapfen rd. 57 cm Dmr. Das Halslager ist als Rollenlager mit Rollen von 75 mm Dmr. ausgebildet und durch 180 mm dicke Stangen in der Betonmauer verankert.

Auf dem Nordkai des Trockendocks sind einstöckige Lagerschuppen gebaut und elektrische Halbportalkrane von 1,5 t Tragkraft aufgestellt worden. Die übrigen Kaischuppen sind dreistöckig, auf der Wasserseite mit Portalkranen von 3 t, auf der Landseite mit Dachkranen von je 1 [illegible] 1,5 t Tragkraft ausgerüstet. Sämtliche Schuppen sind [illegible] Eisenbeton gebaut. („Engineering“ 15. Juli 1927 S. 7[illegible]) [N 661 c] Ls

Überhitzer für Heizkessel

Die meisten in der Industrie und auch im Schiff[illegible] verwendeten Heizdampfkessel erzeugten Sattdampf, der [illegible] Raumheizung oder auch zum Antrieb von Hilfsmaschi[illegible] dient. Da aber bei den oft sehr langen Heizdampfleitung[illegible] die Wärmeverluste sehr groß sind und der Heizdampf m[illegible] in sehr feuchtem Zustande zu seinem Bestimmungsort [illegible]langt, so versucht man neuerdings, durch geringe Üb[illegible]hitzung die Wärmeverluste zu verringern, damit man [illegible] der Verwendungsstelle über völlig trockenen Dampf verf[illegible].

Die Firma T. Sugden & Co., London, hat einen Üb[illegible]hitzer für kleine Heizdampfkessel entworfen, der seit kur[illegible] bei den Kesseln mit senkrechten Rohren, Bauart Cochran, [illegible]nutzt wird und auch bei älteren Kesseln dieser Bauart o[illegible] Schwierigkeiten eingebaut werden kann. Versuche an ei[illegible] kleinen Cochran-Kessel von 1,8 m Dmr. und 4,2 m Höhe [illegible] 32 m² Heizfläche bei 10 at Betriebsdruck hatten günst[illegible] Ergebnisse. Der am oberen Teile des Kessels in einem [illegible] genieteten Stahlkasten untergebrachte Überhitzer best[illegible] aus mehreren, in Gruppen zu vieren angeordneten St[illegible]rohren, deren Zahl je nach der gewünschten Dampftem[illegible]ratur vermehrt oder vermindert werden kann. Die Ü[illegible]hitzerrohre sind so angeordnet, daß sie leicht zugängl[illegible] sind und gut gereinigt werden können. („The Engine[illegible]“ 15. Juli 1927 S. 78) [N 661 d] P

Kohlenverschwelung in England

Dem Bericht des Fuel Research Board für das J[illegible] 1926 ist zu entnehmen, daß die Regierung mit der [illegible] Light & Coke Co. ein Abkommen über die weitere Du[illegible]führung der in der Versuchsanstalt des Fuel Research Bo[illegible] entwickelten Schwelverfahrens für die Gewinnung von K[illegible] für Hausbrandzwecke getroffen hat. Nach diesem Abk[illegible]men wird die Regierung auf dem Gelände der Gesellsc[illegible] eine Anlage für rd. 100 t Tagesdurchsatz errichten, die [illegible] der Gesellschaft auf ihre eigene Gefahr betrieben wer[illegible] soll. Nach Verlauf von drei Jahren soll die Gesellsc[illegible] berechtigt sein, die Anlage käuflich zu erwerben. Die n[illegible] Anlage soll nächstes Jahr in Betrieb kommen. Das [illegible]kommen, für dessen Durchführung eine neue Gesellsc[illegible] begründet wurde, stellt das Ergebnis umfangreicher Stu[illegible] des Vorsitzenden der Gasgesellschaft, Sir David Milne W[illegible]son, über den Stand der Schwelverfahren im In- und A[illegible]lande dar, die zu dem Ergebnis geführt haben sollen, [illegible] das Verfahren der englischen Versuchsanstalt, das ber[illegible] in einer Anlage von praktischen Abmessungen erprobt [illegible] für die Durchführung im Rahmen eines Gaswerks die meis[illegible] Aussichten biete. („Engineering“ 15. Juli 1927 S. [illegible]) [N 661 e] F

Schleuderguß-Stahlblöcke

Die bisher ohne Erfolg durchgeführten Versuche, St[illegible]blöcke in Schleudergußformen herzustellen, sind in Amer[illegible] von L. Cammen wieder aufgenommen worden. Die [illegible] ihm konstruierte Schleudergußform besteht aus einem [illegible]



laufenden liegenden Zylinder, dessen eine Grundfläche geschlossen ist, während am andern Ende ein kegeliges in einen Zylinder auslaufendes Mundstück eingesetzt ist, in das der flüssige Stahl hineinläuft. Die so hergestellten Stahlblöcke haben je nach der Form 1250 bis 2500 mm Dmr. und 2000 bis 4200 mm Länge. Die Blöcke haben fast keine Seigerungen; die Zeit des Erstarrens ist sehr gering. („The Iron Age" 7. Juli 1927 S. 6*) [N 661 f] Gw.

Kabelprüfung mittels Röntgenstrahlen

Die Puget Sound Power & Light Co. hat über ein Jahr lang Versuche mit Röntgenstrahlen zur Kabelprüfung ausgeführt, die so erfolgreich waren, daß die Gesellschaft jetzt alle Spleißstellen an Seekabeln mittels Röntgenstrahlen untersucht. Die Röntgenbilder lassen jede schlechte Verbindung oder Verlagerung der Leiter, Gaseinschlüsse und ungleichmäßige Stellen in der Isoliermasse deutlich erkennen. An den Spleißstellen, die mit Röntgenstrahlen geprüft und für gut befunden wurden, hat sich bisher noch keine Störung gezeigt. Das Verfahren ist natürlich nur anwendbar bei bleilosen Kabeln oder bei Bleikabeln an Spleißstellen, die noch nicht mit einem Bleimantel versehen sind. („Electrical World" 9. Juli 1927 S. 71)
[N 661 g] Pa.

BÜCHERSCHAU

Amerikas Dampfturbinenbau. Von E. A. Kraft. Berlin 1927, VDI-Verlag. 115 S. m. 125 Abb. Preis 14 M.

In diesem Buch, das sich als Ergebnis einer Amerikareise darstellt, werden die meisten heute Entwurf und Ausführung der Turbinen berührenden Fragen erörtert. In einem ersten Teil behandelt der Verfasser die im Vordergrund stehenden Fragen der Betriebsicherheit und der Wirtschaftlichkeit. Ein zweiter Teil geht auf die Ausbildung der einzelnen Turbinen, unter Verwendung zahlreicher Abbildungen ein. Es handelt sich hierbei um einen bei der Größe des Absatzgebietes überraschend kleinen Kreis von Turbinenbauanstalten. Neben der General Electric Co., die die Bauart der Kammerturbinen auf eine hohe Stufe entwickelt hat, pflegt die Westinghouse Electric & Mfg. Co. erfolgreich den Trommelturbinenbau. Außerdem ist die Allis-Chalmers Mfg. Co., die ebenfalls Trommelturbinen herstellt, an der Versorgung des Marktes beteiligt, während die Ford Motor Co. den Turbinenbau lediglich für den eigenen Bedarf aufgenommen hat. Die Ausführungen über diese Bauart erwecken besonderes Interesse, da sie von den sonst üblichen Konstruktionsgrundsätzen erheblich abweicht.

Anschließend an die Beschreibung der Turbinenbauarten werden die Baustoffe, die ihnen zugemuteten Beanspruchungen und die Herstellverfahren einer kürzeren Betrachtung unterzogen. In einem letzten Kapitel, das die Überschrift „Turbinenbetrieb" trägt, und in einer darauf folgenden Zusammenfassung werden noch einmal die Hauptgrundsätze, die den amerikanischen Dampfturbinenbau in der letzten Zeit so wesentlich gefördert haben, besprochen.

Wenn wir auch zugeben müssen, daß bei uns der Dampfturbinenbau von der geraden Linie, die die Betriebsicherheit in den Vordergrund stellt, in der Nachkriegzeit da und dort unter fremdem Einfluß abgewichen ist, so kann doch ohne Überhebung festgestellt werden, daß sich der europäische Turbinenbau neben dem amerikanischen sehen lassen kann. Immerhin bietet das Studium dieses Werkes, das eine sorgfältige, von großer Sachkenntnis getragene kritische Behandlung eines überaus reichhaltigen Stoffes darstellt, für jeden mit Entwurf oder Betrieb von Dampfturbinen beschäftigten Ingenieur eine Menge von wertvollen Anregungen. [E 581] Dr. Röder

Die Grundzüge des Eisenbetonbaues. Von M. Foerster. 3. verb. u. verm. Aufl. Berlin 1926, Julius Springer. 569 S. m. 183 Abb. Preis 25,50 M.

Das Erscheinen dieser Neuauflage ist besonders deshalb sehr erfreulich, weil hier erstmalig in einem umfassenden Werk über den Eisenbetonbau die Vorschriften vom September 1925 den Ausführungen zugrundegelegt sind. Das bedingte eine Umarbeitung wesentlicher Abschnitte.

Hierzu gehören auch die Kapitel über den Baustoff im allgemeinen und besonderen (Zement, Sand, Eisen). Sie wurden erweitert im Hinblick auf die Verbesserungen, die in den letzten Jahren erreicht und in den Bestimmungen vom Jahre 1925 festgelegt wurden (hochwertiger Baustahl St. 48, hochwertige Portlandzemente). Daneben sind auch die neueren Versuche über die Einflüsse chemischer Natur, denen der Beton unterliegt, ausführlich berücksichtigt worden. Besonders wesentlich sind die Zusammenstellungen über Zusammensetzung des Betons (Korngröße, Wasserzusatz usw.).

In den Kapiteln über die Ermittlung der inneren Spannungen sind vor allem die Untersuchungen über mehrseitig aufliegende oder an einzelnen Punkten gestützte Platten stark erweitert worden. Die neuen Bestimmungen für diese Konstruktionsglieder werden ausführlich erläutert. Weiterhin ist die Berechnung der Steineisendecken, die in den letzten Jahren besondere Verbreitung gefunden haben, aufgenommen worden. Auch die Kapitel über exzentrischen Druck und Zug sind erweitert worden. Besonders ist die Aufnahme des graphischen Verfahrens von Spangenberg dankenswert, das alle früheren Verfahren an Einfachheit übertrifft, aber heute durchaus noch nicht allgemein bekannt ist.

Zusammenfassend ist zu sagen, daß die neue Auflage, wie die alte, sich unter Studenten und Ingenieuren bald viele Freunde erwerben wird.
[E 332] F. Samuely

Personenbahnhöfe. Grundsätze für die Gestaltung großer Anlagen. Von W. Cauer. 2. Aufl. Berlin 1926, Julius Springer. 306 S. m. 142 Abb. Preis 22,50 M.

Das rühmlichst bekannte Werk Cauers liegt in der zweiten Auflage vor. Die erste Auflage ist bei ihrem Erscheinen von der Fachwelt mit großer Freude begrüßt worden und hat im In- und Ausland allgemein höchste Anerkennung gefunden. Auch in der zweiten Auflage hat der Verfasser allenthalben das Grundsätzliche scharf herausgearbeitet; er hat bewußt auf ausgeführte Beispiele vielfach verzichtet, dafür aber alle wichtigen Bahnhofformen mit den verschiedenen möglichen Lösungen unter eingehender Würdigung der Vorzüge und Nachteile eingehend untersucht.

Der erste Abschnitt behandelt die „Rücksichten auf den Verkehr", wobei namentlich Empfangsgebäude und Bahnsteige besprochen werden. Der zweite, umfangreichste Abschnitt untersucht die „Rücksichten auf den Betrieb", wobei u. a. die Wahl der Bahnhofform, die Einführung der Streckengleise, die Bahnsteiggleise, die Trennung von Fern- und Nahverkehr und die Leistungsfähigkeit behandelt werden. Die beiden letzten, kürzeren Abschnitte sind den „äußeren Verhältnissen" und der „Ausführbarkeit" gewidmet.

Einer besonderen Empfehlung bedarf die zweite Auflage nicht; denn schon die erste Auflage ist anerkanntermaßen das grundlegende Werk über die Gestaltung der größeren Personenbahnhöfe. Jeder Eisenbahner, der mit der Erforschung der Verkehrs- und Betriebsvorgänge, der Erhöhung der Leistungsfähigkeit, der Verbesserung und Erweiterung und dem Neubau von Personenbahnhöfen beschäftigt ist, findet in diesem Werk den besten und sichersten Ratgeber.
[E 307] Blum

Einführung in die Elektrizitätslehre. Von R. W. Pohl. Berlin 1927, Julius Springer. 256 S. m. 393 Abb. Preis 13,80 M.

Der Verfasser hat in dem Buche den Stoff seiner Vorlesung über Experimentalphysik niedergeschrieben. Ausgehend von den Begriffen Strom und Spannung, behandelt er das elektrische und das magnetische Feld, die Verkettung beider und ihre Anwendung, weiter veranschaulicht er die Vorgänge beim Strömen von Elektrizität in gasförmigen, flüssigen und festen Leitern. Der Schluß ist der Radioaktivität und dem Wesen der elektrischen Wellen gewidmet. Das Bestreben des Verfassers, alle Freunde von Naturwissenschaft und Technik mit den Erscheinungen und den Gesetzen der Elektrizität vertraut zu machen, geht aus jedem Kapitel hervor. Die Ausdrucksweise ist klar und verständlich, und die bildlichen Darstellungen der Versuchsanordnungen — vielfach als Schattenrisse gewählt — sind äußerst übersichtlich und einfach gehalten. Das vorliegende Buch wird daher nicht nur Lernenden ein Führer, sondern auch wegen seiner wohlgetroffenen Auswahl und Anordnung des Stoffes Lehrenden ein Berater sein.
[E 597] Zn.

Der phasenverschobene Strom, seine Messung und seine Verrechnung. Von Richard F. Falk. Berlin 1927, Julius Springer. 92 S. m. 52 Abb. Preis 6,60 *M*.

Die Elektrizitätswerke wenden der Messung des Blindstromes immer größere Aufmerksamkeit zu, da der Blindverbrauch großen Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit der Werke hat. Der Verfasser schildert in dem vorliegenden Buch die wissenschaftlichen Grundlagen der Blindverbrauchzähler und erläutert die Vor- und Nachteile der verschiedenen Verfahren, den Preis des Blind- oder des Scheinverbrauchs zu berechnen; er kommt zu dem Schluß, daß der Blindverbrauchzähler dem Scheinverbrauchzähler vorzuziehen ist. [E 594] Pa.

Handbuch der angewandten physikalischen Chemie. Herausgeg. von Georg Bredig. 14. Bd.: **Die Verwendung der Röntgenstrahlen in Chemie und Technik.** Von Hermann Mark. Leipzig 1926, Joh. Ambrosius Barth. 528 S. m. 328 Abb. Preis 50 *M*.

Wer sich mit der praktischen Durchführung von Kristallstrukturbestimmungen beschäftigen muß, wird das umfangreiche Werk von Mark als die beste und gründlichste Anleitung hierzu mit Freude begrüßen. Die langjährige praktische Erfahrung des Verfassers macht ihn zu einem berufenen Lehrer, der auch dem Anfänger Schritt für Schritt dieses schwierige Gebiet erschließt. Darüber hinaus bringt das Buch eine ausführliche Beschreibung der allgemeinen Röntgeneinrichtungen und des Inhalts der Röntgenspektroskopie nebst der darauf beruhenden qualitativen und quantitativen Analyse. Diese letzten Abschnitte sowie ein kurzes Kapitel über die Bestimmung der Kristallanordnungen und Teilchengrößen sind die einzigen Teile, die sich unmittelbar mit der weiteren praktischen Anwendung der Röntgenstrahlen in der Technik beschäftigen. Auch geben sie nur einen allgemeinen Überblick über die Verfahren und keine eingehende Anleitung zu ihrer Durchführung. Sonstige technische Anwendungen, wie die Werkstoffdurchleuchtung mittels Röntgenstrahlen und die Strukturbestimmung von Legierungen sind kaum gestreift. Es wäre daher wünschenswert, daß der Titel entsprechend geändert würde. Den großen Wert des Buches für jede Forschungsanstalt macht der (einschließlich der Röntgeneinrichtungen und Tabellen) etwa zwei Drittel des Inhalts umfassende Teil über Strukturbestimmungen aus. [E 387] G. Sachs

Die Forstwirtschaft. Lage und Aufgaben in der deutschen Volkswirtschaft. Von R. Ortegel. 2. Aufl. Neudamm 1926, J. Neumann. 95 S. m. 6 Taf. u. 4 Tab. Preis 3,60 *M*.

Von besonderer Wichtigkeit für den Ingenieur sind die im ersten Teil: Aufgaben der Forstwirtschaft, enthaltenen Zahlen über den Anteil des Holzes an der gesamten deutschen Gütererzeugung und die Zusammensetzung des Preises von Holzwaren. Ortegel berechnet für Nutzholz im Durchschnitt einen Holzwert im Wald auf dem Stock von 15,26 *M*, für Fällung und Aufbereitung 1,64 *M*, für Nahbeförderung 2,74 *M*, für Weiterbeförderung mit Bahn 2,72 *M*, auf Wasserstraßen 0,27 *M*, für Holzhandel und Holzbearbeitung 80,5 *M*, alles auf 1 m^3 bezogen. Allein die Förderkosten betragen also rd. 35 vH des Holzwertes im Walde.

Der zweite Abschnitt, Grundlagen der Forstwirtschaft in Deutschland, gibt besonders in den Angaben über Wirtschaftlichkeit der Forstwirtschaft ein sehr wenig erfreuliches Bild. Die Hebung der Forstwirtschaft, zu der der dritte Teil Wege zeigen will, ist zu einem sehr großen Teil eine technische Aufgabe; leider geht der Verfasser über die Verbesserung der forstlichen Technik recht kurz hinweg.

Der gebotene Stoff ist in sehr klarer und auch dem Laien verständlicher Weise dargestellt; die Anfügung vieler Zahlenangaben ist besonders zu begrüßen. Die Wichtigkeit des Holzes und die technischen Aufgaben, die dieser Werkstoff stellt, werden heute in Ingenieurkreisen nicht im gebührenden Maß gewürdigt; schon aus diesem Grunde wäre eine Beschäftigung der Ingenieure mit dem hier behandelten Gegenstande zu begrüßen.
[E 308] Hä.

Anleitung zur Durchführung von Versuchen an **Dampfmaschinen, Dampfkesseln,** Dampfturbinen und **Verbrennungskraftmaschinen.** Von Franz Seufert. 8. Aufl. Berlin 1927, Julius Springer. 161 S. m. 55 Abb. Preis 3,60 *M*.

Wegweiser für die vorschriftsgemäße Ausführung von **Starkstromanlagen.** Herausgeg. von G. Dettmar. Berlin 1927, Julius Springer. 302 S. m. Abb. Preis 8,75 *M*.

Sammlung Göschen, 958. Bd.: **Elektrische Bahnen.** Von A. Schwaiger. Leipzig und Berlin 1927, W. de Gruyter & Co. 116 S. m. 45 Abb. Preis 1,50 *M*.

Handbuch für Eisenbetonbau. 3. Bd.: Der Baustoff und seine Verarbeitung. 4. Aufl. Berlin 1927, Wilhelm Ernst & Sohn. 427 S. m. 605 Abb. Preis 28,50 *M*.

Beton. Anregungen zur Verbesserung des Materials, Ergänzungsheft zu den Vorlesungen über Eisenbeton. 1. Bd. 2. Aufl. Von E. Probst. Berlin 1927, Julius Springer. 54 S. m. 7 Abb. Preis 3 *M*.

Jahrbuch der Hafenbautechnischen Gesellschaft. 8. Bd. 1925. Hamburg 1927, Verlag der Hafenbautechnischen Gesellschaft. 170 S. m. Abb. u. versch. Landkarten. Preis 20 *M*.

Flugzeugbau und Luftfahrt, 3. H.: **Der Bau des Flugzeuges.** Von E. Pfister. 3. T.: Rumpf und Fahrwerk. Berlin-Charlottenburg 1926, C. J. E. Volckmann Nachf. 64 S. m. 133 Abb. Preis 2 *M*.

Motorschiff- und Yacht-Bibliothek, 1. Bd.: **Bootsmotoren.** Konstruktion, Einbau und Behandlung. Von Walther Isendahl. 3. durchges. und erw. Aufl. Berlin 1927, Rich. Carl Schmidt & Co. 288 S. m. 133 Abb. Preis 4 *M*.

Die zentrale Wasserversorgung von Ortschaften. Von E. Grohnert. Berlin-Hohen-Neuendorf 1927, W. Säuberlich. 224 S. m. 274 Abb. Preis 4 *M*.

Repertorium der höheren Mathematik. Von Pascal. 1. Bd. Repertorium der höheren Analysis. Herausgeg. von E. Salkowski. 2. Aufl. 2. Teilband. Berlin und Leipzig 1927, B. G. Teubner. S. 529 bis 1023 m. Abb. Preis 18 *M*.

Denkschrift über **Die Maschinenindustrie der Welt.** Bestimmt für das Komitee B des vorbereitenden Ausschusses der internationalen Wirtschaftskonferenz des Völkerbundes. Berlin-Charlottenburg 1926, Verein Deutscher Maschinenbauanstalten (VDMA). 194 S. Preis 7,50 *M*.

Jahresbericht des Badischen Gewerbeaufsichtsamtes und Badischen Bergamtes für das Jahr 1925. Erstattet vom Ministerium des Innern. Karlsruhe i. B. 1926, Macklotsche Druckerei A.-G. 226 S. Preis 3 *M*.

Der Angestellten-Tarifvertrag für die Reichs- und für die Preußische Staatsverwaltung. Von W. Kschischo und Fr. Odzuck. Berlin 1927, Georg Bath. 336 S. Preis 5,80 *M*.

Wie beherrscht man die Konjunktur? Von Rudolf Wedemeyer. Essen/Ruhr 1927, A. Kerksieck & Co. 176 S. Preis 5,80 *M*.

Begrenzung des Rechts an technischen Schöpfungen. Von Werner Hensel. Berlin 1927, Carl Heymann. 56 S. Preis 3 *M*.

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS
BD. 71 SONNABEND, 6. AUGUST 1927 NR. 32

Die Grundlagen des Schleifens

Von Dr.-Ing. Carl Krug, Frankfurt am Main[1])

Grundbegriffe und Begriffsbestimmungen — Das Gefüge der Schleifscheibe: Raumbeziehungen, Festigkeitsbeziehungen — Der Schleifvorgang: Spanbildung, Schleifdruck und Spanquerschnitt, Schleifdruck und Schleifgeschwindigkeit, günstigste Schleifgeschwindigkeit, Umfangskraft und Beistelldruck, Schneidziffer, Güteziffer, Grundgleichung für den Schleifvorgang, Einfluß der einzelnen Betriebsgrößen — Zusammenfassung der zu lösenden Aufgaben und Schlußbetrachtung

Grundbegriffe und Begriffsbestimmungen

Was ist Schleifen? Das Merkblatt „Die Schleifscheibe" des AWF setzt fest: Unter Schleifen versteht man in der Technik die Erzeugung oder Fertigstellung von ebenen oder gekrümmten Flächen durch gleichzeitiges Abtrennen feiner Späne mittels einer Vielheit von verhältnismäßig kleinen, scharfen Schneidkanten oder Schneidspitzen, die sich an dem Schleifkorn befinden. Unter diese Begriffsbestimmung fällt eine große Anzahl von Arbeitsverfahren der spanabnehmenden Formung, die in ihrer Gesamtheit das Gebiet der Schleiftechnik bilden.

Der Versuch, diese Arbeitsverfahren in Gruppen einzuteilen, führt zu folgender Unterscheidung nach:

Beschaffenheit der Arbeitsfläche
- a) Schruppschleifen (Grobschleifen)
- b) Schlichtschleifen
- c) Feinschleifen (Ausschleifen)

Einfluß der Schleifwärme
- a) Trockenschleifen
- b) Naßschleifen

Angriffsweise des Schleifwerkzeuges
- a) Umfangs-, Peripherie-, Stirnschleifen
- b) Seitlichschleifen

Werkstoffart
- a) Glasschleifen
- b) Holzschleifen
- c) Gesteinschleifen usw.

Werkstückart
- a) Zylinderschleifen
- b) Fräserschleifen
- c) Kugelschleifen
- d) Kurbelwellenschleifen
- e) Messerschleifen
- f) Walzenschleifen
- g) Zahnradschleifen usw.

Festhaltung des Werkstückes
- a) Freihandschleifen
  1. Abgraten, Bestoßen
  2. Abziehen
  3. Blankschleifen
  4. Feuern
  5. Schärfen

[1]) Vorgetragen auf der Betriebstechnischen Tagung, Leipziger Frühjahrsmesse 1927.

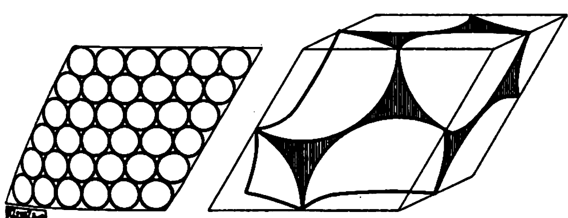


Abb. 3 Engste Lagerung der Schleifkörner

Abb. 4 Leerraum bei engster Lagerung der Schleifkörner

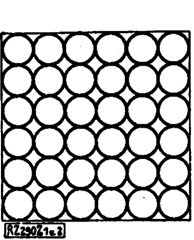


Abb. 1 Kubische Lagerung der Schleifkörner

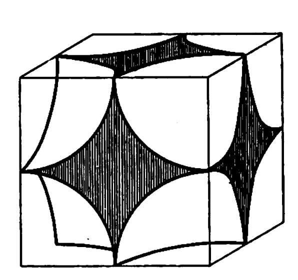


Abb. 2 Leerraum bei kubischer Lagerung der Schleifkörner

- b) Maschinenschleifen
  1. Rundschleifen
  2. Flächenschleifen
  3. Innenschleifen
  4. Werkzeugschleifen
  5. Spitzenloses Schleifen
  6. Formschleifen
  7. Tiefenschleifen, Einstechschleifen
  8. Hinterschleifen
  9. Hohlschleifen
  10. Ziehschleifen
  11. Spiegeln oder Feinen
  12. Schneiden oder Trennen

Im Grenzgebiet befindet sich das Polieren, das mit seinen Vorstufen noch in das Gebiet des Schleifens fällt, in seinen Hauptteilen ihm aber nicht mehr angehört. Wenn wir uns vor Augen halten, daß hinter jeder dieser Bezeichnungen ein besonderes Schleifwerkzeug, eine oder eine ganze Gruppe von Sonderschleifmaschinen, ja vielfach eine ganze Industrie steht, dann wird die große Bedeutung des Schleifens in technischer wie wirtschaftlicher Beziehung klar.

Das Gefüge der Schleifscheibe

R a u m b e z i e h u n g e n. Das Gefüge der Schleifscheibe baut sich aus Korn und Bindung auf. Die Bindungsfestigkeit, die die einzelnen Schleifkörner zusammenhält und dem Angriff der reißenden oder stoßenden Kräfte Widerstand zu leisten hat, heißt „Härtegrad" oder „Härte" der Schleifscheibe. Zwischen den einzelnen Schleifkörnern muß für die Bildung des Spanes genügend Raum: der Spanraum oder Porenraum, vorhanden sein. Der Einfachheit halber setzen wir voraus, daß die einzelnen Schleifkörner die Gestalt gleich großer Kugeln haben. Nun sind zwei Fälle einfachster Lagerung dieser Kugeln im Raume denkbar. Abb. 1 und 2 zeigen den Fall der kubischen Lagerung, Abb. 3 und 4 den Fall der engsten Lagerung. Im ersten Fall ist der Leerraum rund so groß, wie der von den Kugeln erfüllte. Er ist unabhängig von der Zahl und Größe der Kugeln, also in unserm Fall von der Korngröße. Beim Fall der engsten Lagerung verkleinert sich der Hohlraum bis auf nahezu die Hälfte des vorangehenden Hohlraumes. Er ist nicht mehr unabhängig von der Zahl

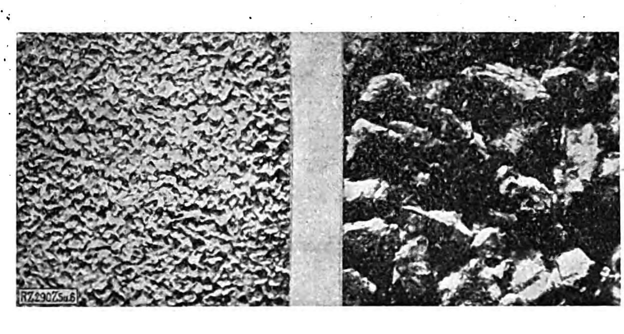


Abb. 5 Vergrößerung **Abb. 6** Sehr starke Vergrößerung

Abb. 5 und 6 Oberfläche einer Schleifscheibe

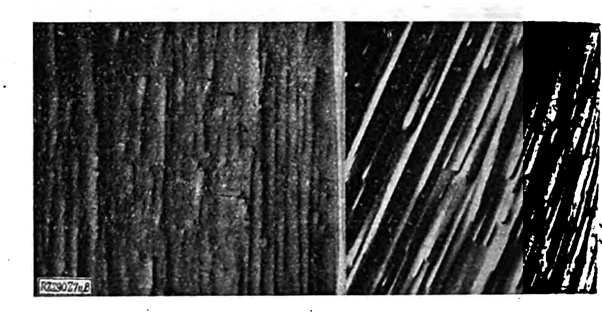


Abb. 7 und 8 Schleifspuren am Werkstück

und Größe der Kugeln, sondern verkleinert sich mit ihrer Zahl bis zu dem eben genannten Grenzwert. In Wirklichkeit wird sich ein zwischen beiden Fällen liegender Zustand ausbilden. Es ist aber immer zu beachten, daß mit sinkender Korngröße, also bei feinen Scheiben, der Porenraum sich rascher vermindert. Man wird also beim Schruppschliff von Werkstoffen, die einen fließenden Span bilden, beachten müssen, daß man bei mittel- und feinkörnigen Scheiben bald in das Gefahrgebiet kommt, wo nicht mehr genügender Spanraum zur Bildung des Spanes zur Verfügung steht und die Scheibe zum Zusetzen oder Verschmieren neigt[2]). Abb. 5 zeigt die Oberfläche einer zum Schruppen bestimmten Schleiffläche. Die hellen Teile zeigen die Vielzahl der regellos verstreuten Schneidspitzen und Schneidkanten, die dunkleren Teile sind die dazwischen liegenden Vertiefungen, die Spanräume. Abb. 6 gibt einen Teil der Oberfläche in stärkerer Vergrößerung. Jeder im Schnitt befindlichen Schneidspitze oder Schneidkante entspricht am Werkstück eine Schleifspur. Abb. 7 und 8 zeigen in 320facher Vergrößerung diese Schleifspuren am Werkstück. Sehr deutlich sind in Abb. 8 die Bruchstellen der Späne zu sehen.

Während des Schleifvorganges ist nun die Schleiffläche, die beim Beginn eine sehr genau laufende Umfläche hatte — sie sei mit Hilfe des Diamant-Abrichtwerkzeuges auf hundertstel oder Bruchteile von hundertstel Millimetern abgerichtet —, in fortwährender Umbildung begriffen. Unter der Einwirkung der vom Werkstück ausgeübten Kräfte, die in reißender oder stoßender Wirkung auftreten, stumpfen sich die einzelnen Schleifkörner oder splittern an den beanspruchten Spitzen und Kanten ab oder brechen in sich zusammen oder werden ganz aus ihrer Bettung herausgerissen. Wir stellen uns schematisch den Beanspruchungsvorgang am Schleifkorn gemäß Abb. 9 vor. Je stärker das Korn beansprucht wird, etwa durch eine große Spandicke oder durch einen Werkstoff von hoher Bearbeitungsfestigkeit, um so stärker muß es in seiner Bettung festgehalten werden. Dies kann man dadurch erreichen, daß man die Körner dicht aneinanderpreßt und sie gegeneinander abstützt, auch durch Zugabe von Stütz- oder Füllkörnern geringeren Durchmessers, oder dadurch, daß mehr von dem Bindemittel verwendet oder diesem eine erhöhte Festigkeit gegeben wird. Immer aber muß darauf Bedacht genommen sein, daß für die Spanbildung genüg freier Raum zur Verfügung steht. Damit ist nicht ges daß keine größere Gesamtschnittiefe, als etwa der hal Korngröße entspricht, bei einem Arbeitsgang verwe werden kann; denn wir müssen beachten, daß beim Sch pen in der Regel die seitlichen Teile der Schleifscheibe Hauptspanarbeit leisten, und hier kommen die einze Schneidspitzen in Reihen übereinander zum Schnitt, Abb

In Wirklichkeit hat das Schleifkorn keine Kugelge sondern ist zur Erzielung einer Schneidwirkung mit e Anzahl von Schneidspitzen und Schneidkanten mit oder ausgebuchteten, mehr oder minder wohl ausgebild kleinen Schneidflächen versehen.

Festigkeitsbeziehungen. Welche Bezie gen herrschen zwischen dem Span- oder Schleifdruck dem Korn hinsichtlich seiner Gestalt und seines Gefü Auf das in Abb. 11 und 12 dargestellte Kornstück von Breite 1 und der Länge x entfällt bei einer gleichm verteilten Pressung von p kg auf die Flächeneinheit Schnittdruck

$$R = 1\,x\,p \text{ kg} \quad \ldots\ldots$$

angreifend in der Entfernung $\frac{x}{2}$ von der Kornspitze. den durch Biegung gefährdeten Querschnitt mit Hö ergibt die Biegungsgleichung für den Schnittwinkel Beziehung

$$\operatorname{tg} \alpha = 1{,}732 \sqrt{\frac{p}{k_b}} \quad \ldots\ldots$$

wenn k_b die Biegungsfestigkeit des Kornes ist, d. h Kornwinkel ist abhängig von dem Verhältnis $\frac{p}{k_b}$. Er w um so mehr, je mehr die spezifische Kantenpressung Biegungsfestigkeit k_b überwiegt. Die spezifische K pressung p ist nun unmittelbar abhängig von de schaffenheit des Werkstoffes. Je größer die K pressungen werden, etwa beim Schleifen von Sta desto größere Kornwinkel sind erforderlich. Aber bei Werkstoff geringerer Festigkeit, der wie Gußeise geringe Fließ- und Dehnbarkeit aufweist, kann, wen der Schnittdruck nahe der Kornspitze oder -schneid eine geringe Fläche verteilt, die Kantenpressung wa und damit die Gefahr der Zerstörung der Schnit

[2]) Eine eingehendere Darstellung findet sich in meiner Veröffentlichung: „Beiträge zur Kenntnis des Schleifens", Maschinenbau Bd. 4 (1925) S. 875.

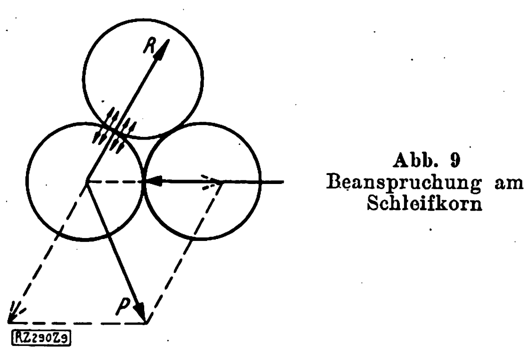


Abb. 9 Beanspruchung am Schleifkorn

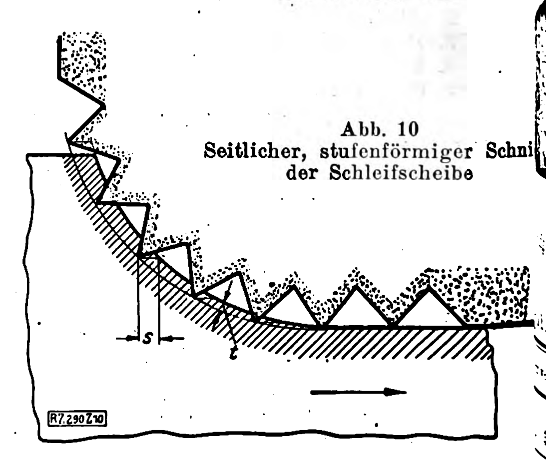


Abb. 10 Seitlicher, stufenförmiger Schni der Schleifscheibe

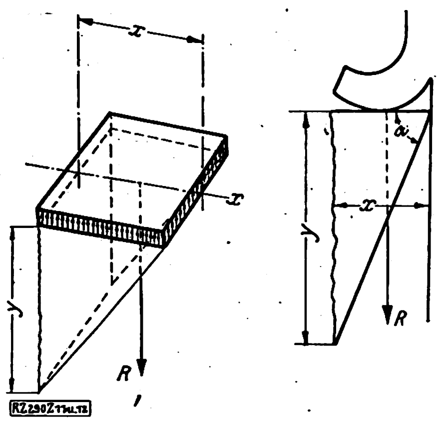


Abb. 11 und 12
Beanspruchung einer Kornspitze

durch Absplittern bei zu spitzigem Kornwinkel entstehen lassen.

Das Bruchgefüge eines Schleifkornes, d. h. seine Eigenschaft, mehr oder minder spitzige Kornwinkel zu bilden, und der Grad seiner Zähigkeit (Biegungsfestigkeit), allgemeiner seine Widerstandfähigkeit gegenüber reißenden oder stoßenden Kräften, sind somit entscheidend bei der Auswahl der für die einzelnen Werkstoffarten bestgeeigneten Schleifmittel. Die Klarstellung der hier obwaltenden Beziehungen, die bis jetzt meist unbeachtet geblieben sind, wird bei der Erzeugung bestimmter Eigenschaften bei den künstlichen Schleifmitteln eine erhebliche Bedeutung gewinnen.

Mit der Frage: Welcher Art und wie groß ist die Beanspruchung des Schleifkornes im Verbande seiner Nachbarkörner, und wie wird sie aufgenommen? kommen wir zu der brennenden Frage nach der Bestimmung des Härtegrades einer Schleifscheibe. Bis jetzt dürfte sie noch keine einwandfreie Lösung gefunden haben, zum mindesten keine für die Werkstatt brauchbare. Ich habe deshalb versucht, diese Frage zu lösen, und glaube eine Lösung in dem in Abb. 13 bis 15 gezeigten Härteprüfer gefunden zu haben.



Abb. 13
Härteprüfgerät für Schleifscheiben

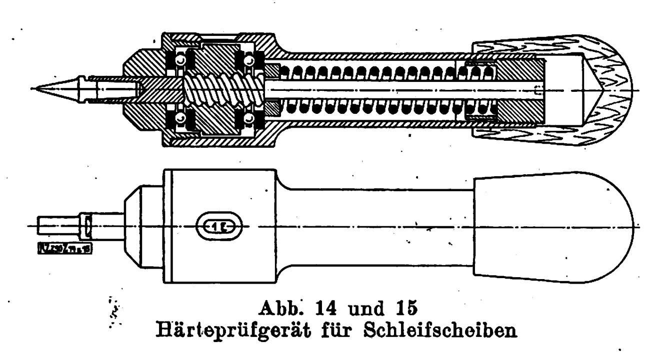


Abb. 14 und 15
Härteprüfgerät für Schleifscheiben

Der Konstruktionsgedanke geht von der einzig zuverlässigen Art und Weise, Scheiben zu prüfen, aus. Man drückt eine meißelförmige Schneide von Hand gegen die zu prüfende Schleifscheibe und sucht unter Hin- und Herdrehen einzelne Schleifkörner aus ihrer Bettung zu lösen. Die Größe des auf die Hand ausgeübten Widerstandes dient hierbei als Maßstab im Vergleich zu Musterstücken, die in ihrer Härteabstufung bekannt sind. Von dieser bekannten Prüfweise unterscheidet sich die vorgezeigte dadurch, daß die Größe der Kraftwirkung nicht gefühlsmäßig bestimmt, sondern durch die Zusammendrückung einer Feder und ihre Übertragung auf eine Meßtrommel unmittelbar gemessen wird. Selbstverständlich gibt diese Anordnung keine absoluten Werte, die Abstufung ändert sich schon unter dem Einfluß der verschiedenen Korngrößen, aber immerhin lassen sich mit dem Meßgerät nach einiger Einübung für die Praxis hinreichend genaue Ergebnisse erzielen.

Dieses Gerät wird neuerdings von den Diskus-Werken, Frankfurt a. M., in den Handel gebracht. Wenn es nun noch gelingt, ein Verfahren zu finden, das es ermöglicht, die Angaben des Härteprüfers auf ein Standmaß zu beziehen und zu prüfen — und es scheint, daß diese Aufgabe in Jena einer Lösung entgegenreift —, dann ist die Möglichkeit vorhanden, der Frage der Vereinheitlichung und Normung des Härtegrades von Schleifscheiben näherzutreten. Dann ist weiterhin die Möglichkeit gegeben, eine international gültige Härteskala aufzustellen.

Für diesen Fall schlage ich vor, die allgemein übliche Buchstabenbezeichnung zu verlassen zugunsten einer Zahlenreihe, Zahlentafel 1, von 24 Stufen derart, daß durch Stufen von 1 bis 4 das Gebiet der sehr weichen, von 5 bis 8 das Gebiet der weichen, von 9 bis 12 das Gebiet der mittelweichen, von 13 bis 16 das Gebiet der mittelharten, von 17 bis 20 das Gebiet der harten und von 21 bis 24 das Gebiet der sehr harten Schleifscheiben bezeichnet wird.

Der Schleifvorgang

Spanbildung. Im Gegensatz zu der Arbeitsweise des Stahlwerkzeuges erfolgt die Spanabnahme beim Schleifen durch das gleichzeitige Einschneiden einer Vielheit regellos gelagerter, kleiner Spitzen oder Schneiden in das Werkstück unter großer Geschwindigkeit.

Die mikroskopische Untersuchung der Spanbilder einer Reihe von spanbildenden wie von spröden Werkstoffen führt zu dem Ergebnis, daß die Schleifspäne eine überraschende Übereinstimmung mit Dreh-, Fräs- oder Hobelspänen zeigen. In Abb. 16 sind in natürlicher Größe die Späne dargestellt, wie sie beim Schleifen von Schmiedeeisen anfallen. Dieselben Späne sind in Abb. 17 und 18 mit 12facher und rd. 20facher Vergrößerung wiedergegeben. Abb. 19 und 20 zeigen einzelne gut entwickelte Schleifspäne, desgleichen Abb. 21 eine kennzeichnende Form in

Zahlentafel 1
Härtezahlenreihe, vorgeschlagen für die Normung von Schleifscheiben

	Sehr weich				Weich				Mittelweich				Mittelhart				Hart				Sehr hart			
Allgemeine Härteskala	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Norton	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	—	—



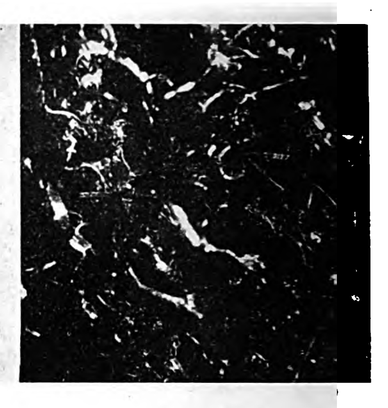
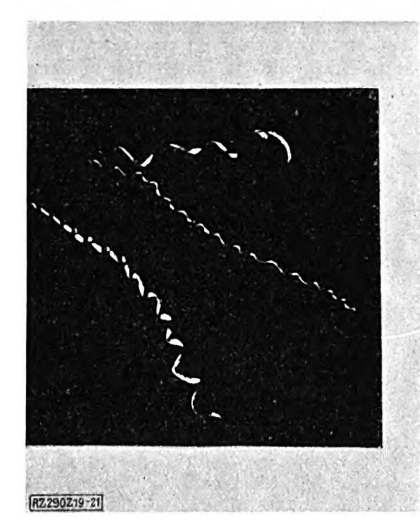


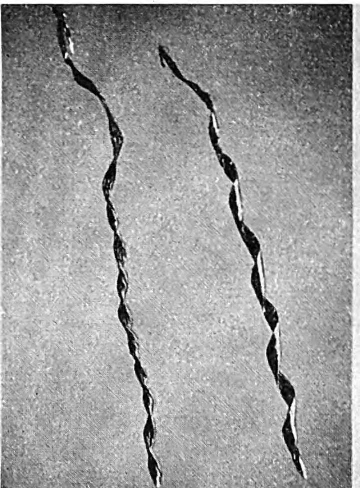
Abb. 16 Natürliche Größe

Abb. 17 12fache Vergrößerung

Abb. 18 20fache Vergrößerung

Abb. 16 bis 18 · Schleifspäne von Schmiedeisen





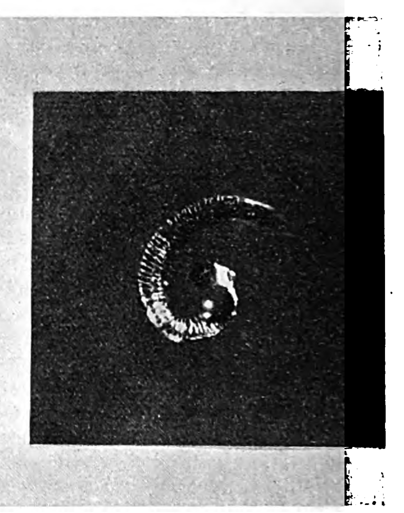


Abb. 19 **Abb. 20** **Abb. 21**

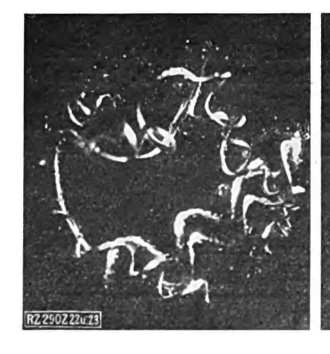
Abb. 19 bis 21
Einzelne, gut entwickelte Schleifspäne von Schmiedeisen

stärkerer, 30facher Vergrößerung. Lehrreich ist der Vergleich mit Schmiedeisenspänen, die mit dem Drehstahl gewonnen wurden, gemäß Abb. 22 und 23.

Schleifspäne von Gußeisen in Abb. 24 und 25, von Messing in Abb. 26 zeigen jeweils die kennzeichnenden Spanformen.

Schon Codron[3]) hat den tatsächlich sich abspielenden Schneidvorgang richtig erfaßt und beschrieben. In neuerer Zeit hat H. Klopstock sich mit der Untersuchung des Schneidvorganges bei der Dreh- und Hobelarbeit befaßt und Spanbilder veröffentlicht. Die Übereinstimmung mit den Spanbildern beim Schleifen ist

[3]) Codron, Expériences sur le travail des machines-outils pour les métaux, 1906 Bd. II.



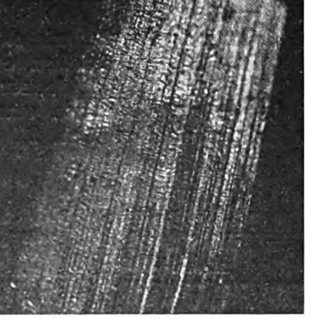


Abb. 22 und 23
Drehspäne von Schmiedeisen

so groß, daß man die verschiedenen Bilder nur durch Größe des verwendeten Bildmaßstabes unterscheiden mö

Es ist somit zu vermuten, daß für den Schleifvorg dieselben oder ähnliche Gesetze gelten, wie für den Schr vorgang beim Stahlwerkzeug.

Das Gesetz für den Schneidvorgang beim Dreher nach Klopstock ein Potenzgesetz, das innerhalb des ha sächlichsten Gebrauchgebietes einen sehr flachen Ver d. h. eine angenäherte Proportionalität zwischen Sch druck und Spanquerschnitt zeigt.

Schleifdruck und Spanquerschnitt. Betrachtung werde gemäß Abb. 27 ein von einer senk zur Papierebene sich bewegenden Kornspitze abgetren Spanelement unterworfen. Nach dem Vorgange Friedrich[4]) ist die Schnittarbeit für ein bestim Spanvolumen nicht nur von dem Spanquerschnitt, son auch von der Summe der Spanschnittflächen abhängi

Die Rechnung führt den Schleifdruck P und den S querschnitt f zu der Beziehung

$$P = k f + \varkappa \sqrt{f} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; .$$

hierin ist k eine Ziffer, die den Widerstand für 1 Spanquerschnitt mißt, und $\varkappa$ eine Ziffer, die von der S gestalt abhängig ist, d. h. dem Verhältnis zwischen schub und Schnittiefe und von dem Widerstand für 1 Spanschnittfläche.

Man erkennt, daß diese Gleichung eine Kurve dars die durch den Ursprung geht und ihre hohle Seite Abszissenachse zuwendet. Sie kann auch durch die gende Form ersetzt werden:

$$P = a f^m = a (s t)^m \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; .$$

[4]) Vergl. Z. Bd. 52 (1909) S. 860





Abb. 24 und 25
Gußeisen

Abb. 26
Messing

Abb. 24 bis 26. Schleifspanformen von Gußeisen und Messing

Wir finden also für das Schleifen dasselbe Gesetz, das en Schneidvorgang beim Stahlwerkzeug regelt. Gleicherveise erhält man für die Schnittleistung N bei der Schleifeschwindigkeit v

$$N = a' v f^m = a' v (s t)^m \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (5).$$

Die Größen von k und $\varkappa$, m und a sind unbekannt. Es äßt sich aber schon jetzt sagen, daß der sehr flache Veruf der Schnittdruckkurven beim Schneidstahl, so daß ohne u großen Fehler innerhalb des Gebrauchsgebietes Verältnisgleichheit zwischen Schnittdruck und Spanquerchnitt zugrunde gelegt werden kann, beim Schleifen nicht orhanden ist.

Die Spanabnahme durch ein Stahlwerkzeug erfolgt in er Praxis vielfach mit großer Spantiefe und kleinem Vorchub. Dies gilt beim Schleifen nur für Gußeisen und ähnche Stoffe, nicht für Schmiedeisen und Stahl, wie schon chlesinger festgestellt hat[5]). Die Erfahrung lehrt (die neoretische Begründung wird nachher gebracht), daß chmiedeisen und alle Werkstoffe, die einen fließenden pan bilden, am günstigsten mit Geschwindigkeiten in der egel von 30 bis 35 m/s geschliffen werden, während man r Gußeisen und die spröden Werkstoffe nur etwa 18 bis m/s wählen kann. Soll die Schleifmaschine in beiden ällen voll belastet werden, so geht damit die Spantiefe r Schmiedeisen entsprechend der erhöhten Geschwindigit etwa auf die Hälfte zurück. Da nun Schmiedeisen, h genommen, den doppelten spezifischen Bearbeitungsiderstand ausübt, wie Gußeisen, so ist wiederum die Spanfe um den entsprechenden Betrag zu ermäßigen, für den all, daß man beidemal denselben seitlichen Vorschub beihält. Überschlägig ist somit unter der Voraussetzung oller Belastung beim Schleifen von Schmiedeisen der der chleifscheibe sekundlich zugeführte Spanquerschnitt auf en vierten Teil des für Gußeisen zulässigen Spanquerhnittes herabzusetzen. Da nun die Erwärmung der chneidenden Spitze mit zunehmender Schleifgeschwindigeit und besonders bei Werkstoffen, die bei der Spanbilung eine erhebliche Verfestigung erleiden, verhältnismäßig asch ansteigt, so ist es mit Rücksicht auf eine raschere Wärmeabfuhr notwendig, den seitlichen Vorschub bei Schmiedeisen zu erhöhen und dafür mit der Spantiefe noch weiter herunter zu gehen. So erklärt es sich, daß beim Schruppen, also bei voller Belastung der Schleifmaschine, die Spandicken bei Schmiedeisen und dergleichen nur ¼ bis $^1/_{10}$ derjenigen bei Gußeisen sind.

S c h l e i f d r u c k u n d g ü n s t i g s t e S c h l e i f g e s c h w i n d i g k e i t. Während bei der Spanabnahme durch ein Stahlwerkzeug Taylor und seine Nachfolger das Vorhandensein einer Beziehung zwischen Schnittdruck und Schnittgeschwindigkeit leugnen — auch Klopstock hat nur eine ganz geringe Beeinflussung festgestellt —, könnte doch bei den sehr erheblichen Geschwindigkeiten beim Schleifen ein merkbarer Einfluß auf den Schleifdruck vorliegen. Die Verhältnisse sind noch nicht klargestellt.

[5]) Vergl. Schlesinger, Forschungsarbeiten des V. d. I., Heft 43.

Die günstigste Schleifgeschwindigkeit ist in erster und ausschlaggebender Linie abhängig von der Stoffart des Werkstückes. In zweiter Linie sind Beschaffenheit des Schleifkornes und der Querschnitt des abgenommenen Spanes maßgebend. Während bei der Spanabnahme durch ein Stahlwerkzeug die Schneidenbelastung gleichbleibend ist, treten beim Schleifen zusätzliche Beanspruchungen der Kornschnittkanten auf, weil die mit großer Geschwindigkeit bewegte Kornspitze rasch wechselnden Beanspruchungen unterliegt. Je nach den Festigkeits- und Zähigkeitseigenschaften, d. h. je nach der Härte und der Dehnung oder dem Vermögen, einen Span zu bilden, können sehr hohe Kantenbeanspruchungen auftreten, die sehr rasch das Schleifkorn und die Bindung zerstören und einen frühzeitigen Verschleiß der Schleifscheibe zur Folge haben. Eine zu hohe Schnittgeschwindigkeit kann sowohl ein Stumpfwerden der Körner bei kleinen Spänen als ein Zertrümmern des Kornes und der Bindung und damit eine erhebliche Beeinträchtigung der Schleifarbeit zur Folge haben. Besonders bei der Bearbeitung von spröden Stoffen sind der Erhöhung der Schnittgeschwindigkeit, wenigstens bei den zur Zeit bekannten Schleifmitteln, recht enge Grenzen gezogen. Eine zu niedrige Umfangsgeschwindigkeit dagegen führt bei gleichbleibender Größe der zugeführten Leistung zu erhöhten Spandrücken, d. h. zur Überlastung von Korn oder Bindung oder von beiden zusammen und damit zu frühzeitigem Verschleiß der Schleifscheiben.

Die weiteren Untersuchungen erstrecken sich auf die Kraftwirkung, die das Schleifwerkzeug als Ganzes auf das Werkstück nach Größe und Richtung ausübt.

B e i s t e l l d r u c k u n d U m f a n g s k r a f t. Soweit mir bekannt, hat der französische Ingenieur Codron 1902 erstmals das Ergebnis eingehender Versuche auf wissenschaftlicher Grundlage über die beim Schleifen auftretenden Fragen veröffentlicht. Er untersuchte als erster das Verhältnis zwischen Umfangskraft und Beistelldruck und bezeichnete den Wert

$$f = \frac{T}{Q} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (6)$$

Abb. 27
Kornspitze im Eingriff am Werkstück

Abb. 28
Kornspitze im Eingriff am Werkstück

als „coefficient d'attaque", als „Schneidzahl", um die Schneidfähigkeit oder das Angriffsvermögen von Schleifscheiben untereinander vergleichen zu können.

Die Schneidzahl. Die für die Schneidzahl f zu erwartenden Größen ergeben sich aus folgender Betrachtung: Gemäß Abb. 28 schneide eine Kornspitze mit dem Spitzenwinkel α in das Werkstück ein. Aus Abb. 28 ergeben sich unmittelbar die Kornkräfte T, Q und R, wenn R die vom Werkstück unter Berücksichtigung der Spanreibung ausgeübte Kraft ist. ϱ sei der Reibungswinkel.

Es ist

$$f = \frac{T}{Q} = \operatorname{cotg}\left(\frac{\alpha}{2} + \varrho\right) \quad \ldots \ldots \ldots (7).$$

Mit $\varrho = 16°$ finden wir:

für die Kornwinkel	$\alpha =$ 30°	60°	90°	120°
	$f =$ 1,664	0,966	0,554	0,249.

Für die Kornwinkel 60 bis 120° sind also Werte zwischen 1,0 und 0,25 zu erwarten. Im Gegensatz zu den Drehstählen werden beim Schleifen somit die Beistelldrücke ein Mehrfaches der Schnittdrücke betragen können.

Die Schneidzahl gibt jedoch kein zuverlässiges Mittel, um die für die jeweilige Bearbeitungsaufgabe bestgeeignete Schleifscheibe festzustellen, und keine Auskunft, mit welchem Verbrauch an Schleifmitteln eine hohe Schleifleistung erkauft wird. Und dies ist letzten Endes die wichtigste Frage für den Betriebsmann.

Güteziffer. Nach dem heutigen Stand der Technik läßt sich die Frage nach der wirtschaftlichsten Schleifscheibe, also die Bestimmung der Gütezahl einer Schleifscheibe, nur auf Grund folgender Überlegung lösen: Man wird einer Schleifscheibe eine um so höhere Wirtschaftlichkeit zuschreiben, je größer die Schleifleistung S in der Zeiteinheit, je geringer der Schleifmittelverbrauch V in der Zeiteinheit und je kleiner der Arbeitsaufwand A für Zerspanung in der Zeiteinheit ist. Man wird also, wenn man das Maß für die Wirtschaftlichkeit einer Schleifscheibe oder ihre Gütezahl mit η bezeichnet, schreiben können:

$$\eta = c\,\frac{S}{V\,A} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (8).$$

Wir nehmen nun an, daß entsprechend den Versuchen der Firma Mayer & Schmidt, Offenbach a. M., irgend eine Beziehung zwischen Schleifmittelverbrauch und -arbeitsaufwand besteht, und setzen also:

$$V = f(A).$$

Damit wird

$$\eta = c\,\frac{S}{f(A)\,A}.$$

Legen wir nun in erster Annäherung ein Hyperbelgesetz — mit wachsendem V werde A kleiner — zwischen den Größen V und A zugrunde, schreiben wir also:

$$V\,A^n = k$$

oder

$$V = \frac{k}{A^n},$$

so wird

$$\eta = \frac{c\,S}{\frac{k}{A^n}\,A} = c'\,S\,A^{n-1} \quad \ldots \ldots \ldots (9).$$

Entscheidend ist in dieser Gleichung der Exponent n.

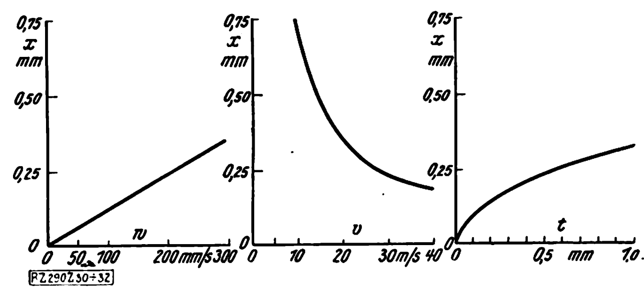


Abb. 30 Abb. 31 Abb. 32

Abb. 30 bis 32
Veränderlichkeit der Spandicke mit Werkstückgeschwindigkeit w, Umfangsgeschwindigkeit der Schleifscheibe v und Zustellung der Schleifscheibe t

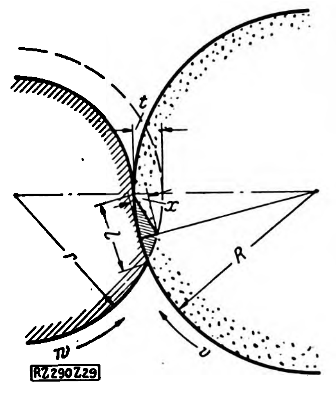


Abb. 29
Rundschleifscheibe im Eingriff am Werkstück

Grundgleichung für den Schleifvo gang. Während der sehr kurzen Zeit, in der sich Span bildet, beim Rundschliff etwa in $^1/_{10000}$ Sekunde, wa sen die Schnitt- und Beschleunigungsarbeiten, bezogen die Gewichteinheit der Werkstoffe, zu hohen Beträgen Da außer dem spezifischen Druck auch die Geschwind keit, mit der der Span abfließt, sehr viel höher ist als b Stahlwerkzeug, so werden auch die Reibungsarbeiten, die Kornflächen auf Abnutzung beanspruchen, sehr höher als beim Stahlwerkzeug sein. Dabei ist ganz gesehen von dem Einfluß einer etwaigen Materiali festigung beim Schleifen.

Wir sehen also, daß sowohl hinsichtlich der statisc und dynamischen Festigkeit, der Wärmeverhältnisse der Oberflächenbeanspruchung eine sehr hohe sp fische Anstrengung des Kornes vorhanden ist. Diese in erster Linie abhängig von der Spandicke. Wir k men also dazu, der Spandicke eine überragende R beim Schleifvorgang zuzuschreiben. Welche Größen einflussen nun maßgebend die Spandicke?

Bezeichnet in Abb. 29 (für den Rundschliff gültig

- R den Halbmesser der Schleifscheibe in mm,
- r den Halbmesser des Werkstückes in mm,
- s den seitlichen Vorschub für eine Werkstück drehung in mm,
- t die Zustellung in mm,
- w die Werkstückgeschwindigkeit in m/s,
- v die Schleifscheibengeschwindigkeit in m/s,
- x die Spandicke in mm,

so gilt für die Spandicke die Beziehung

$$x = \left(\frac{2\,R}{\sqrt{r}} + \sqrt{r}\right)\sqrt{1 + \left(\frac{s}{2\,\pi\,r}\right)^2}\,\sqrt{t}\,\frac{w}{v} \quad \ldots$$

Aus dieser Grundgleichung für den Schleifvorgan gibt sich eine Reihe wichtiger Erkenntnisse und stellungen für den Betrieb über den Einfluß der zelnen Betriebsgrößen.

Werkstückgeschwindigkeit. Steigt sonst gleichen Verhältnissen die Werkstückgeschwindi so wächst im selben Verhältnis die Spandicke, wie Ab zeigt. Es liegt nahe, zu glauben, daß, um zu größte zeugung zu gelangen, man nur die Werkstückgeschwi keit zu steigern brauche. Diese Voraussetzung würde da im selben Verhältnis ja auch die Anstrengung des nes und damit der Bindung wächst, zu sehr harten Sc scheiben führen, die erfahrungsgemäß einen Größ brauch an Kraft zeigen und die Maschine am höchste anspruchen. In der Regel ist die Leistungsteigerung scheinbar, da der Vorteil beim Schruppen durch den aufwand beim Schlichten, durch den erhöhten Kraftb und die erhöhte Abnutzung der Maschine in sein G teil verkehrt wird. Hier sind also Grenzen gezogen. wird die größte Erzeugung eher mit weicheren Sc scheiben und mittlerer Werkstückbewegung erreiche

[6] Vergl. den Aufsatz des Verfassers: Beiträge zur Kenntn Schleifens, „Maschinenbau" Bd. 4 (1925) S. 875 u. f.

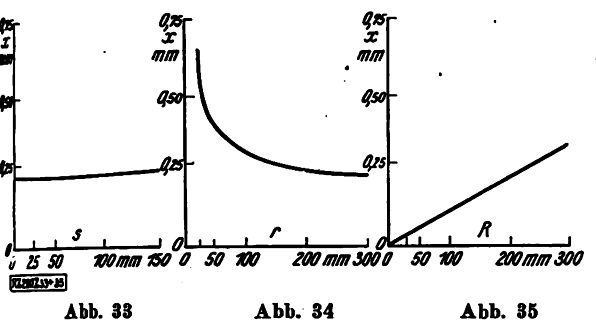


Abb. 33 Abb. 34 Abb. 35

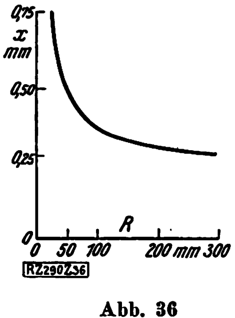


Abb. 36

Abb. 33 bis 36
Veränderlichkeit der Spandicke mit Seitenverschub s, Werkstückhalbmesser r, Schleifscheibenhalbmesser R sowie mit abnehmendem Schleifscheibenhalbmesser R und gleichzeitig abnehmender Schleifscheibengeschwindigkeit v (Abb. 36)

Ist die Werkstückgeschwindigkeit und damit die Span-
cke zu groß, so kann der Span nicht entweichen, er preßt
ch in den Poren fest, die Schleiffläche ist verschmiert und
n Schneiden unmöglich gemacht. Die Schleifscheibe
rennt", d. h. sie erzeugt vorwiegend Reibungswärme,
stet aber keine Schneidarbeit. Ist die Werkstückge-
windigkeit und damit die Spandicke zu klein und das
leifkorn nicht zäh genug, so bricht bei diesem die Spitze,
Kornrest wird bald stumpf geschliffen, die Schleif-
eibe zeigt einen stumpfen Glanz und brennt ebenfalls,
h. sie erzeugt vorwiegend Reibungswärme ohne Schneid-
eit. Zu hohe Werkstückgeschwindigkeit bei weicher
eibe verursacht außerordentlich raschen Scheibenver-
uch.

Beim Feinschleifen sind die abzunehmenden Spänchen
r gering. Es ist deshalb verständlich, daß die die Span-
ke beeinflussenden Faktoren hier wirkungslos bleiben.
n kann deshalb feine Schleifarbeit erzielen mit ganz
samen und ganz raschen Werkstückgeschwindigkeiten,
ganz groben und ganz feinen, breiten und schmalen
leifscheiben; sie hängt in erster Linie von der Ge-
icklichkeit des Arbeiters und seiner Sorgfalt beim Ab-
ten seiner Schleifscheibe ab.

Die Regelung der Werkstückgeschwin-
keit ist das wichtigste Mittel zur Beeinflussung des
neidvorganges und hat den größten Einfluß auf die
schaftliche Ausnutzung der Schleifmaschine. Es ist
halb notwendig, daß diese mit einer rasch zu betätigen-
, innerhalb weiter Grenzen möglichst feinstufigen Ein-
tung zur Regelung der Werkstückgeschwindigkeit ver-
en ist.

Schleifscheibengeschwindigkeit. Die
läufige Meinung ist, daß mit wachsender Umlaufzahl
Schleifscheibe die Schleifleistung steigt. Dies ist wenig-
s für das maschinelle Schleifen irrig. Die Größe der
nabnahme in der Zeiteinheit beim Rundschliff ist nur
ängig von der Größe der Zustellung, der Schleifscheiben-
ite, der Werkstückgeschwindigkeit und dem seitlichen
rschub in der Zeiteinheit. Die Größe der Schleifschei-
geschwindigkeit hat nichts unmittelbar mit der Größe
Schleifleistung zu tun. Sie beeinflußt in erster Linie
Dicke der Einzelspäne, und zwar derart, daß mit zu-
mender Schleifscheibengeschwindigkeit die Spandicke
kt, und zwar nach dem Gesetz einer Hyperbel, Abb. 31.

Es ist uns jetzt verständlich, warum man Werkstoffe
höherer Bearbeitungsfestigkeit wie Schmiedeisen und
hl mit erhöhten Geschwindigkeiten schleift und am
ten mit Korund, der noch genügend Zähigkeit hat, um
n Spandruck zu widerstehen, wo das spröde Silizium-
rbid, das an sich eine größere Oberflächenhärte haben
g, zusammenbricht.

Mit der fortschreitenden Abnutzung der Schleifscheibe
tt eine erhebliche Verringerung der Scheibengeschwin-
keit und damit Zunahme der Spandicke und Beanspru-
ung der Schleifscheibe ein[7]). Wird dieser Umstand nicht
rch Erhöhung der Umlaufzahl oder eine der Maßnahmen,
ie eine Verminderung der Spandicke hervorrufen, aus-
glichen, so kann ein erheblicher Scheibenverbrauch ein-
reten. Es ist deshalb vorzuziehen — und die Entwick-
ng der Schleiftechnik scheint diese Richtung zu nehmen
—, das Scheibenmaterial nahe dem Umfange zusammenzu-
ängen und die Kranzschleifscheiben zu entwickeln. Da-
mit ist auch eine Vereinfachung im Antrieb und Bau der
Maschine verbunden, da nunmehr eine einzige Schleifgeschwindigkeit genügt.

Schnittiefe[8]). Wachsender Schnittiefe entsprechen nicht im gleichen Verhältnis, sondern gemäß Abb. 32 langsamer wachsende Spandicken. Die Spanabnahme ist also nicht der Zustellung verhältnisgleich — wir sehen dabei ab von dem Einfluß der elastischen Nachgiebigkeiten in der Maschine —, und es ist damit unmöglich, die Erzeugung durch Erhöhung der Schnittiefe über ein gewisses Maß noch weiter steigern zu wollen.

Seitenvorschub. In der Grundgleichung bringt der Wurzelwert

$$\sqrt{1+\left(\frac{s}{2\pi r}\right)^2}=\sqrt{1+\left(\frac{n\,b}{2\pi r}\right)^2} \quad . \; . \; . \; . \; . \; (11),$$

worin b die Breite der Schleifscheibe in mm ist und n ein Bruchteil der Scheibenbreite, der zur Zeit bis 1 gewählt wird, den Einfluß des Seitenvorschubes und der Schleifscheibenbreite zum Ausdruck. Er ist bei großen Werkstückdurchmessern und schmalen Schleifscheiben recht gering, wächst aber bei kleinen Werkstückdurchmessern und breiten Schleifscheiben. Abb. 33 gilt für ein Arbeitsbeispiel von $r = 50$ mm und $n = 1$. Beim Schruppen arbeitet man mit möglichst großen Seitenvorschüben unter Verwendung von breiten Schleifscheiben, was natürlich entsprechend kräftig gebaute Maschinen voraussetzt. Die wirtschaftlichste Ausnützung der Schleifmaschine erreicht man mit einem Seitenvorschub, der der vollen Scheibenbreite nahezu gleich ist, und einer entsprechenden Werkstückgeschwindigkeit. Dies gilt für das Schruppen wie für das Feinschleifen, soweit unter letzterem eine handelsübliche Güte des Schliffes verstanden wird. Für sehr feine Schleifarbeiten bedarf diese Regel einer Berichtigung durch Verkürzen des Seitenvorschubes.

Werkstückdurchmesser. Der Einfluß der Veränderlichkeit des Werkstückdurchmessers ist überraschend. Wie aus Abb. 34 hervorgeht, nehmen die Spandicken mit zunehmendem Durchmesser ab, und zwar nach einer Hyperbel, so daß im Gebiete der kleinen und kleinsten Werkstückdurchmesser kleinen Durchmesseränderungen sehr große Änderungen der Spandicke entsprechen, während umgekehrt im Gebiete der großen Werkstückdurchmesser die Durchmesseränderungen nur einen geringen Einfluß ausüben. Im Gebiete der mittleren Durchmesser nehmen die Spandicken mehr gleichmäßig mit zunehmendem Werkstückdurchmesser ab. Wir begreifen jetzt, daß bei großen Werkstückdurchmessern, wie wir sie beim Schleifen von Walzen, Kalandern und dergleichen haben, die Durchmesseränderungen einen geringen Einfluß auf den Schleifvorgang, damit auf die richtige Scheibenwahl haben, während umgekehrt für das Gebiet der sehr kleinen Durchmesser, etwa bei dünnen Wellen, Spindeln, Stiften, Nadeln und dergleichen, die bekannte Empfindlichkeit in der Wahl der richtigen Schleifscheibe und die Störungen bei einer nicht ständig gleichbleibenden Scheibengüte nunmehr klargestellt sind.

[7]) Vergl. Werkstattstechnik Bd. 20 (1926) S. 810.

[8]) Den vom Drehen übernommenen Begriff „Schnittiefe" gibt es bei der Schleifmaschine eigentlich gar nicht. Es sollte nur von „Spandicke" im Sinne dieser Abhandlung und von „Zustellung" gesprochen werden. (Vergl. Maschinenbau Bd. 4 (1925) S. 878 u. f.) Man hat zu unterscheiden zwischen der
Spandicke als Dicke des Einzelspanes,
„ „ Größe der Durchmesserverminderung bei einem Arbeitsgang der Schleifscheibe,
„ „ Größe der Durchmesserverminderung vom Schleifbeginn bis zum Ausschleifen. Sie ist gleich der „Zustellung" der Schleifscheibe und gleich dem „Uebermaß".

Schleifscheibendurchmesser. Abb. 35 zeigt, daß die Spandicken im gleichen Verhältnis zunehmen, wie die Schleifscheibe größer wird, und umgekehrt nehmen die Spandicken mit abnehmendem Schleifscheibendurchmesser ab. Es ist vorteilhaft, mit großem Scheibendurchmesser zu arbeiten[9]).

Mit fortschreitender Scheibenabnutzung nimmt auch die Scheibenumfangsgeschwindigkeit ab. Wir sehen, daß dadurch die Spandicken steigen. Beide Faktoren, Durchmesserverminderung und Scheibengeschwindigkeitsabfall, wirken also einander entgegen. Es ist nun die Frage, welcher Einfluß überwiegt. Die Rechnung führt zu einer Kurve mit hyperbolischem Charakter. Den Verlauf dieser Gleichung zeigt Abb. 36. Nutzt sich also eine Schleifscheibe fortschreitend ab und wird diese Durchmesserverminderung nicht durch die entsprechende Erhöhung der Umlaufzahl der Schleifscheibe ausgeglichen, so ist eine fortschreitende Zunahme der Spandicke und damit der Beanspruchung der Schleifscheibe die Folge. Die Beanspruchungssteigerung und damit auch der Scheibenverbrauch verläuft bei großen Schleifscheibendurchmessern erst langsam, im Mittelgebiet rascher und sehr rasch bei kleinem Scheibendurchmesser.

Zusammenfassung der zu lösenden Aufgaben

I. Aufgabengruppe der Schleifmittel
- a) Klasseneinteilung der einzelnen Schleifmittel hinsichtlich
  1. Stofflichen Aufbaues und Reinheitsgrades
  2. spezifischen Gewichtes
  3. Bruchform
  4. Kristallsystems
  5. Oberflächenbeschaffenheit
  6. Oberflächenhärte
  7. Festigkeit, Zähigkeit, Spaltbarkeit
  8. optischer Eigenschaften, Farbe
  9. Wärmeleitfähigkeit und spezifischer Wärmeaufnahme
  10. Herstellverfahren
  11. Verhalten beim Aufbereiten
  12. Eignung für die verschiedenen Bearbeitungsweisen und Werkstoffe.
- b) Entwicklung von Prüfverfahren für:
  1. das Verhalten des Schleifkornes gegenüber der Einwirkung von stoßenden oder reißenden Kräften, Festigkeit, Zähigkeit, Sprödigkeit, Spaltbarkeit, Härte;
  2. die Oberflächenbeschaffenheit: Glätte, Oberflächenhärte, Spitzen- und Kantenentwicklung;
  3. die Raumfüllungsziffer im losen und gebundenen Zustande, für den Spanraum.
- c) Beeinflussung des Korngefüges hinsichtlich seiner Kristallisationsform, seiner Kohäsionseigenschaften hinsichtlich einer Anpassung an den Schleifzweck.
- d) Beeinflussung der Korngestalt hinsichtlich der Erzeugung rundlicher Kornformen, glatter Flächen, scharfer Schneiden und Kanten, Anpassung der Kornformen an verschiedene Werkstoffe durch chemische und physikalische Mittel.
- e) Schaffung neuer Schleifmittel in dem Gebiet zwischen Korund und Diamant.
- f) Untersuchung der mechanischen Aufbereitverfahren (Brechen, Mahlen, Pochen) zwecks Erhaltung günstigster Korngrößen und Korngrößenanteile.
- g) Untersuchung der Vorgänge beim Sieben und Schlämmen.
- h) Normung der Korngrößen.

II. Aufgabengruppe des Schleifwerkzeuges
- a) Technologie der Bindungen:
  1. Zementbindung
  2. Silikatbindung
  3. Harz- und Gummibindung
  4. keramische Bindungen.
- b) Frage der Spannungsermittlung in Schleifscheiben Betriebsicherheit der Schleifscheiben, Aufspann mittel und Schutzvorrichtungen.
- c) Härtegrad, Untersuchungsmittel, allgemeine Härte skala.
- d) Schleifräder als Ersatz für Sandsteine.
- e) Konstruktive Entwicklung der Schleifwerkzeuge.
- f) Normung der Schleifwerkzeuge.

III. Aufgabengruppe der Schleifmaschin
- a) Ausbildung des elektrischen Einzelantriebes.
- b) Ausbildung der Antriebmittel für die Werkstück bewegung.
- c) Schaffung von Auswuchtmitteln während des B triebes.
- d) Untersuchung der Starrheit und Schwingung festigkeit bei Schleifmaschinen.
- e) Aufstellung von Energiebilanzen für die einzeln Schleifmaschinenarten.
- f) Entwicklung von halb- und vollautomatisch Schleifmaschinen für Sonderzwecke.
- g) Entwicklung von Meßgeräten und Abrichtwe zeugen in dauernder oder loser Verbindung der Maschine.
- h) Kritik der Spannmittel für die Schleifwerkze und der Schutzvorrichtungen.
- i) Entwicklung der Aufspannmittel für die We stücke.

IV. Aufgabengruppe bei der Anwendu von Maschine und Werkzeug, d. bei dem Schleifvorgang
- a) Vorgänge bei der Spanbildung.
- b) Feststellung der beim Schleifen auftreten Kräfte nach Größe und Richtung beim Rundsch und Flächenschliff.
- c) Einfluß des Schleifdruckes auf das Gefüge Korn und Schleifscheibe, Vorgänge bei der nutzung der Schleifscheibe.
- d) Ermittlung der günstigsten Schleifgeschwindig für die verschiedenen Werkstoffarten.
- e) Gibt es eine Gütezahl für Schleifscheiben?
- f) Läßt sich für den Schleifvorgang eine Gru gleichung aufstellen, in der die hauptsächlich Betriebsgrößen maßgebend auftreten? Na prüfung dieser Gleichung.
- g) Vorbereitung der Werkstücke für das Schlei Wirtschaftlichkeit des Schleifens.
- h) Genauigkeits- und Feinheitsgrade geschliffe Flächen, Untersuchungsmittel.
- i) Frage der Bearbeitungsfestigkeit der verschiede Werkstoffe, Werkstoffverfestigung beim Schlei
- k) Einfluß der Kühlmittel.

Schlußbetrachtung

Zum Schluß bleibt noch eine mit der wichtig Aufgabengruppen übrig: Die Aufgabengrup des Menschen. In keinem Zweige des We zeugmaschinenbaues sind die zu lösenden Aufga so zahlreich, so schwierig, so vielfältig und so k spielig wie beim Schleifen. Einzelne oder einige kön sie nicht lösen. Es bedarf der Zusammenarbeit a beteiligten Kreise, der Erzeuger so gut wie der V braucher. Vor dem Anwenden, d. h. dem Anwenden seiner wirtschaftlichsten Form, muß immer das Erken stehen. Deshalb können wir der Forschung und der kenntnis der Wissenschaft nicht entbehren, weder der beit in den Materialprüfanstalten, in den Laborato und auf den Versuchständen der Technischen Hochschu noch an den Forschungsstätten der Universitäten. Die triebe müssen mit ihren Erfahrungen herauskommen Kleinlichkeit und Geheimniskrämerei abtun. Fachpre und Fachorganisationen müssen den Ring schließen mit noch fehlenden fachwissenschaftlichen Zusammenarbeit deutschen Schleiftechniker. [B 290

[9]) Vergl. den Aufsatz des Verfassers: Abnutzungsverhältnisse einer Schleifscheibe, „Werkstattstechnik" Bd. 20 (1926) S. 310 u. f.

Massenfertigung von Holzersatzteilen in Eisenbahnwerken

Von Werkdirektor Bardtke, Wittenberge

Vorgetragen in der Fachsitzung „Betriebstechnik" anläßlich der 66. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure, Mannheim-Heidelberg am 30. Mai 1927

Die Umstände, die zum Übergang von handwerksmäßiger auf fabrikartige Arbeit in den Eisenbahnwerkstätten geführt haben — Holzvorratbau, verschiedene Beispiele für die frühere und die jetzige Arbeitsweise und die erzielten Ersparnisse — Die bei der maschinellen Herstellung der Holzvorratsteile verwendeten Schablonen, Lehren und Vorrichtungen aller Art — Förderwesen und Vorrichtung für Stapelung der Bretter — Anstreichmaschine

Die Werkstätten der Reichsbahn sind reine Ausbesserungswerkstätten, in denen die Fahrzeuge, Lokomotiven und Wagen, nicht neu hergestellt, sondern nur unterhalten und instandgesetzt werden. Die große Verschiedenheit der auszubessernden Einzelteile, von denen selten größere Mengen gleicher Bauart gleichzeitig zu bearbeiten sind, hatte zur Folge, daß früher die Arbeit in den Eisenbahnwerken mehr handwerksmäßig als fabrikartig war. Die Teile wurden einzeln ausgebaut, bearbeitet oder neu angefertigt und dann wieder an demselben Fahrzeug eingebaut. Dies verursachte nicht nur lange Ausbesserzeiten, in denen die Fahrzeuge dem Betrieb entzogen wurden und nutzlos Verzinsung und Abschreibung kosteten, sondern bewirkte auch höchst unwirtschaftliches Arbeiten der Arbeiter und der Maschinen.

In den letzten Jahren hat sich eine vollkommene Umwandlung der Arbeitsverfahren in den Eisenbahnwerken vollzogen. Durch Normung der Einzelteile und durch Verteilung der Fahrzeuge auf die einzelnen Werke derart, daß ihnen immer nur bestimmte Bauarten von Lokomotiven und Personenwagen oder nur Güterwagen zugeteilt wurden, erzielt man, daß Einzelteile gleicher Art in größerer Menge auszubessern oder zu erneuern waren. Infolgedessen konnte man auch zum Vorratbau von Ersatzteilen übergehen. Die Fahrzeuge brauchten nicht mehr auf die Wiederherstellung oder Erneuerung der ausgebauten Teile zu warten, sondern konnten in kürzester Zeit mit Vorratsteilen aus den Lagern wieder betriebfähig gemacht werden. Anderseits war es auch nicht mehr nötig, die ausgebauten Teile einzeln in Arbeit zu nehmen, sondern es wurde möglich, Reihen- und Fließarbeit einzuführen und die Arbeitsverfahren durch Unterteilung der Arbeiten und Sonderausbildung der Arbeiter wirtschaftlicher zu machen. Als man schließlich die Bearbeitung bestimmter Teile für mehrere Werke in einzelnen Zentralwerkstätten, z. B. Rotgußgießereien, Kupplungswerkstätten, Bremsventilwerkstätten und Holzbearbeitungswerkstätten zusammenfaßte, gelangte man zu Massenfertigungen, die außerordentlich wirtschaftliche fabrikmäßige Arbeitsverfahren zuließen.

Ganz besonders großen Umfang nahm die Massenfertigung in den Holzbearbeitungswerkstätten an, weil Holzteile und einbaufertige Bretter am häufigsten ersatzbedürftig sind. So verarbeitet zum Beispiel das Eisenbahn-Ausbesserungswerk Wittenberge monatlich etwa 2500 Festmeter Holz für Holzersatzteile und einbaufertige Bretter, mit denen es fünf andre Ausbesserwerke und eine größere Anzahl von Betriebwagenwerken und Bahnmeistereien außer dem eigenen Bedarf beliefert. Der Monatsbedarf wird von diesen nach einer Liste aller Vorratsteile angefordert. Im Laufe der Zeit hat sich hierbei eine gewisse Regelmäßigkeit eingestellt, so daß es der Holzbearbeitungswerkstatt möglich wurde, die verschiedenen Teile in größeren Mengen, wie sie dem mittleren Bedarf entsprachen, in Arbeit zu nehmen und einem Vorratlager zuzuführen, von dem aus die Belieferung der andern Werke erfolgte, ohne daß dies Vorratlager zu groß und unwirtschaftlich wurde. Auf diese Weise können z. B. 1000 bis 1200 Fensterrahmen, 200 bis 300 Dachspriegel, 1200 bis 1500 Rungen für Heu- und Strohwagen usw. gleichzeitig in Arbeit gegeben werden.

Der Erfolg war beste Ausnutzung der Rohstoffe durch Verminderung des Abfalls, bedeutende Verringerung der Lohnkosten, beste Ausnutzung der Maschinen und größte Genauigkeit der Arbeit. Die Mittel hierzu waren gänzliche Ausschaltung aller Handarbeit außer beim Zusammenbau und Übergang zu reiner Maschinenarbeit durch Anwendung von Lehren und Schablonen, Vereinfachung und Verringerung der Arbeitsvorgänge durch Bau geeigneter Vorrichtungen, genaue Festlegung der Arbeitsverfahren durch umfassende Arbeitsvorbereitung, Vereinfachung der Handgriffe zur Bedienung der Maschinen, Fließarbeit und genaue Zeitermittlungen mittels Stoppuhr.

Während früher der Arbeiter die Stücke für den Ersatzteil aus den vollen Bohlen und Brettern der Rohware

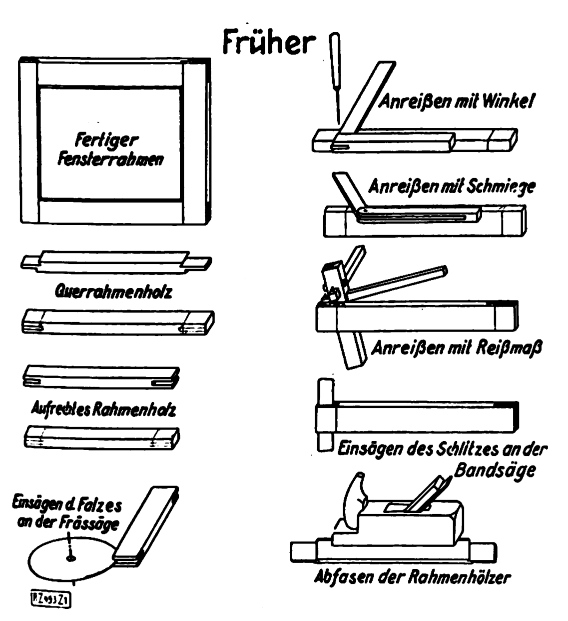


Abb. 1
Früher erforderliche Arbeitsvorgänge

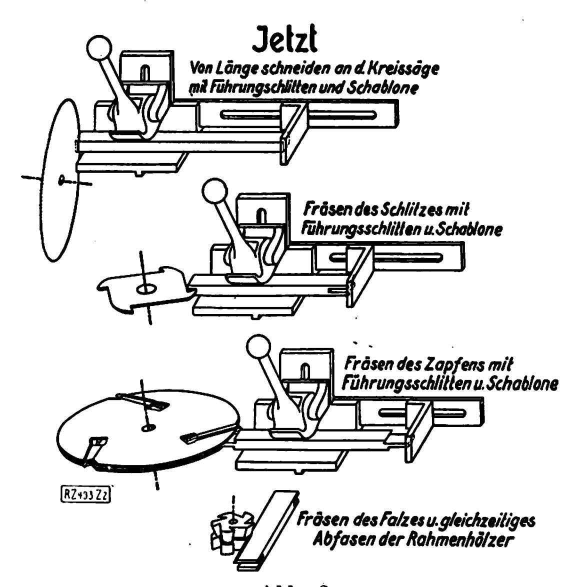


Abb. 2
Heutiges Arbeitsverfahren

Abb. 1 und 2
Herstellung von Fensterrahmen für Eisenbahnwagen

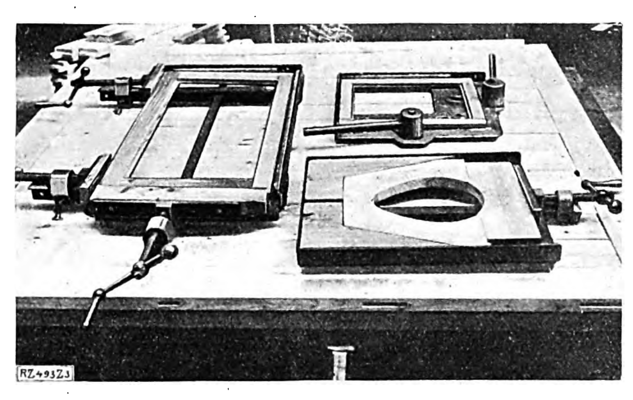


Abb. 3
Spannrahmen für Fenster und Abortdeckel

oder aus dem verwertbaren Abfall früherer Arbeiten herausschnitt, wird jetzt die Rohware nach bestimmten Normen so aufgeschnitten, daß nur wenig Abfall entsteht. Es wird schon bei der Beschaffung der Hölzer versucht, sich den Normen der Sägewerke für die Rohware anzupassen, um diese Handelsware preiswert einzukaufen. Wenn das nicht immer möglich ist, so liegt es an der Eigenart der Abmessungen für Eisenbahnzwecke. Es wäre deshalb zu wünschen, daß die Sägewerke sich bei dem Einschnitt auf diese Anforderungen einrichten, was bei dem großen Bedarf der Reichsbahn wohl möglich erscheint.

Die aufgeschnittenen Hölzer werden ohne das früher übliche Vorzeichnen den Maschinen unmittelbar zugeführt und nach Schablonen so bearbeitet, daß höchste Genauigkeit der Arbeit erzielt wird und Fehlstücke, die früher häufig durch ungenaues Anreißen oder durch mangelhafte Angaben über die Ausführung entstanden, vollkommen vermieden werden. Wie die Arbeit auf den Maschinen im Fließgang bis zur Fertigstellung oder bis zum Zusammenbau der Einzelteile vor sich geht und welche verschiedenartigen Vorrichtungen sich dabei erfolgreich anwenden lassen, soll an einigen Beispielen gezeigt werden. Dabei soll gleichzeitig angegeben werden, in welchem Ausmaß sich die Lohnkosten infolge der neuen Arbeitsverfahren verringert haben. Leider ist es nicht möglich, die nicht geringeren Ersparnisse zu erfassen, die durch bessere Ausnutzung der Rohstoffe und der Maschinen erzielt werden.

Als Beispiel sei zunächst die Herstellung von Fensterrahmen gewählt, die für die Eisenbahnwagen viel gebraucht werden. Abb. 1 zeigt die früher erforderlichen Arbeitsvorgänge. Man sieht links den fertigen Fensterrahmen und die Rahmenhölzer, aus denen er zusammengesetzt wird. Die Zapfen, Schlitze und Einschnitte wurden mit Winkelmaß, Schmiege und Reißmaß angerissen, dann wurden die Schlitze mit der Bandsäge eingesägt, der Falz auf der Fräsmaschine wurde ausgeschlagen und die schräge Kante mit dem Handhobel angestoßen, worauf die Rahmen auf der Hobelbank zusammengespannt, mit dem Winkelmaß ausgerichtet, verleimt und mit dem Handhobel verputzt wurden. Die Lohnkosten betrugen im Mittel 1,50 ℳ für die verschiedenen Größen.

Nach dem heutigen Arbeitsverfahren werden die Rahmenhölzer mit Lehren genau auf die Länge zugeschnitten, maßhaltig gehobelt und erhalten den Schlitz nach einstellbaren Lehren auf einer Schlitzmaschine, worauf der Zapfen in einem Arbeitsgang auf der folgenden Maschine ausgearbeitet wird, Abb. 2. In gleicher Weise erfolgt das Fräsen des Falzes und das Abfasen der Rahmenhölzer in einem einzigen Arbeitsgang auf der Fräsmaschine mit mehreren aufeinandergesetzten Fräsern. Zusammengespannt werden die Fenster in besondern Spannvorrichtungen, mit denen man durch Umlegen exzentrischer Hebel oder durch Spannschrauben die Rahmen ohne Ausrichten winkelrecht zusammenspannen kann, Abb. 3. Nach dem Verleimen werden sie auf einer Schleifmaschine abgeputzt. Die Lohnkosten haben sich um etwa 87 vH auf 0,20 ℳ ermäßigt.

Ähnlich werden Fenster andrer Art, Bremsersitze und dergl. hergestellt; auch hier beträgt die Lohnersparnis durchschnittlich 80 bis 85 vH.

Ein andrer Ersatzteil, der früher sehr zeitraubendes Anreißen und umständliche Bearbeitung mit der Hand erforderte, Abb. 4, ist der Abortsitz. Er wird aus einem Querstück und zwei Seitenstücken zusammengesetzt. Das Anreißen erfolgte mit Winkel, Schmiege und Reißmaß; der Zapfen wurde auf der Fräsmaschine mit dem Sägeblatt angeschnitten und mit der Bandsäge ausgesägt. Die Zapfenlöcher wurden auf der Langlochbohrmaschine ausgebohrt, nachgestemmt wurden sie mit der Hand; die Gehrungsfuge wurde mit der Bandsäge angeschnitten. Nun folgte das Aussägen der äußeren Form mit der Bandsäge und das Ausrunden der Kanten mittels Fräsers, bevor die Stücke zusammengesetzt und verleimt wurden. Schließlich mußte die innere Form angerissen, ausgeschnitten und mit der

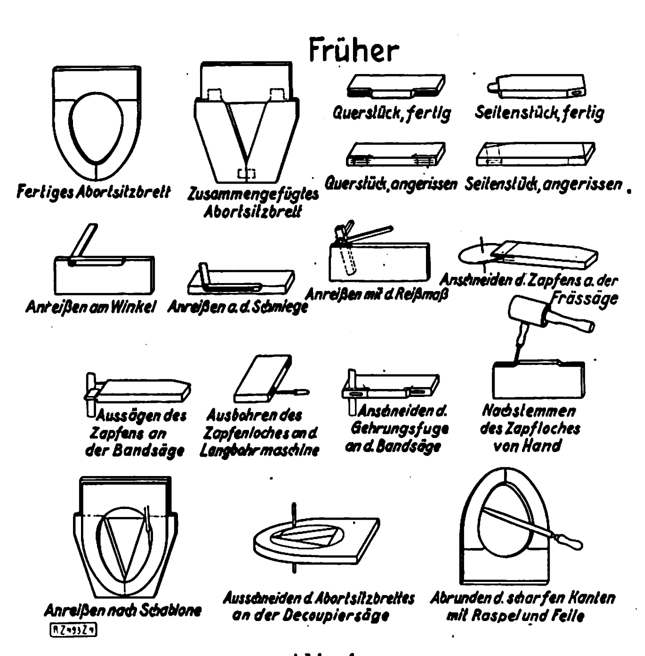


Abb. 4
Früher erforderliche Arbeitsvorgänge

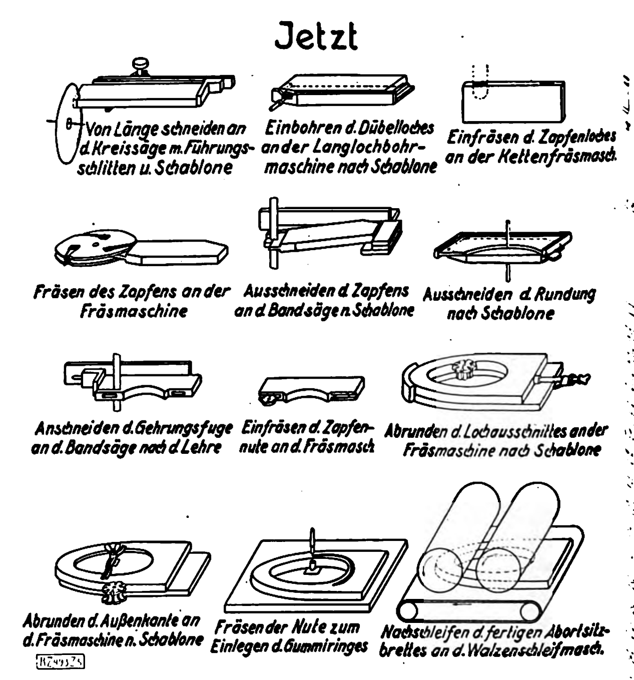


Abb. 5
Heutiges Arbeitsverfahren

Abb. 4 und 5
Herstellung von Abortsitzen für Eisenbahnwagen

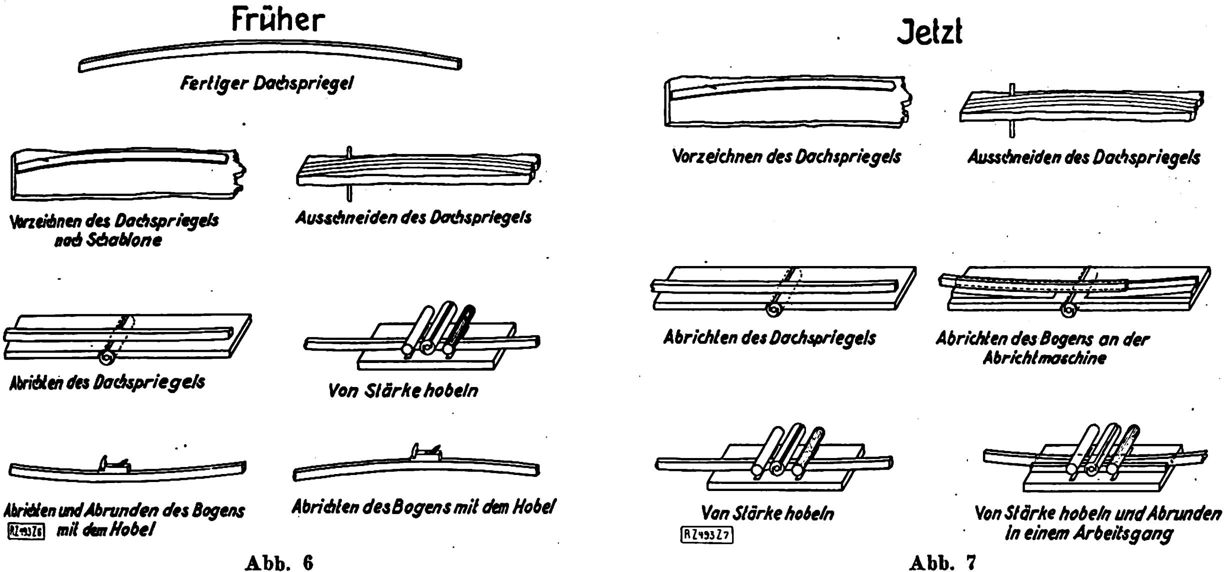


Abb. 6
Früher erforderliche Arbeitsvorgänge

Abb. 7
Heutiges Arbeitsverfahren

Abb. 6 und 7
Herstellung der Dachspriegel für Eisenbahnwagen

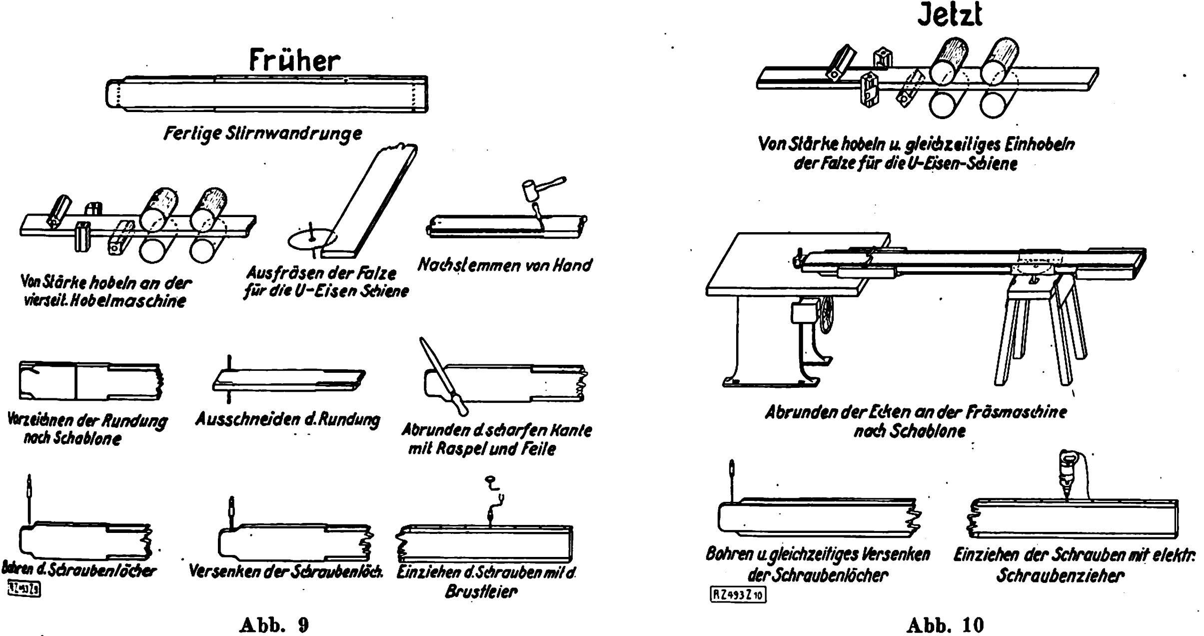


Abb. 9
Früher erforderliche Arbeitsvorgänge

Abb. 10
Heutiges Arbeitsverfahren

Abb. 9 und 10
Herstellung für Einsteckrungen für R-Wagen

Hand zur Abrundung der Kanten bearbeitet werden. Die Lohnkosten betrugen hierbei 4,50 *M* für den Abortsitz.

Bei dem neuen Verfahren, Abb. 5, entfällt das Anreißen und Vorzeichnen. Die Zapfen und Gehrungsfugen werden wie bei den Fensterrahmenstücken mit Fräsmaschinen und Bandsägen nach Schablonen, die Dübel und Zapfenlöcher nach Lehren durch Langlochbohrmaschinen und Kettenfräsmaschinen ohne Nacharbeit mit der Hand herausgearbeitet. Die innere Ausrundung wird hergestellt, bevor die Einzelteile auf der Spannvorrichtung, Abb. 3, zusammengesetzt werden. Die äußere Form wird mit dem Abrunden der Kanten in einem Arbeitsgang auf der Fräsmaschine nach Schablone bearbeitet. Zum Schluß wird für den Gummiring noch eine schmale Schwalbenschwanznut nach Schablone eingefräst. Diese Nut konnte früher nur in sehr mühsamer Handarbeit hergestellt werden, weshalb der Gummiring meist nur aufgeleimt wurde; dabei fand er natürlich keinen festen Halt. Das neue Verfahren ist besser und beansprucht doch nur 0,98 *M* Lohnkosten.

Umfangreiche Handarbeit erforderte früher die Herstellung der Dachspriegel, Abb. 6. Nach dem Vorzeichnen

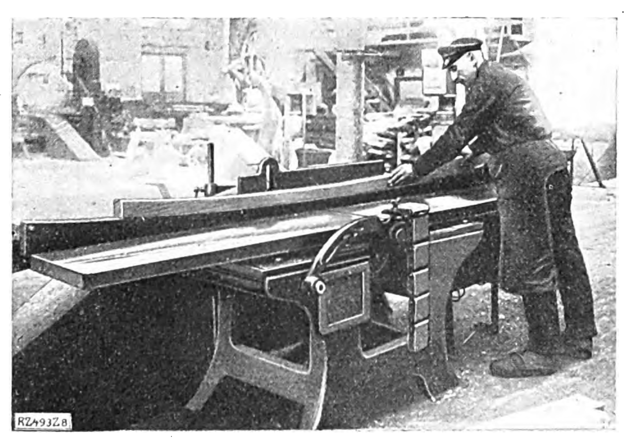


Abb. 8
Abrichten des äußeren Bogens des Dachspriegels auf der Fräsmaschine

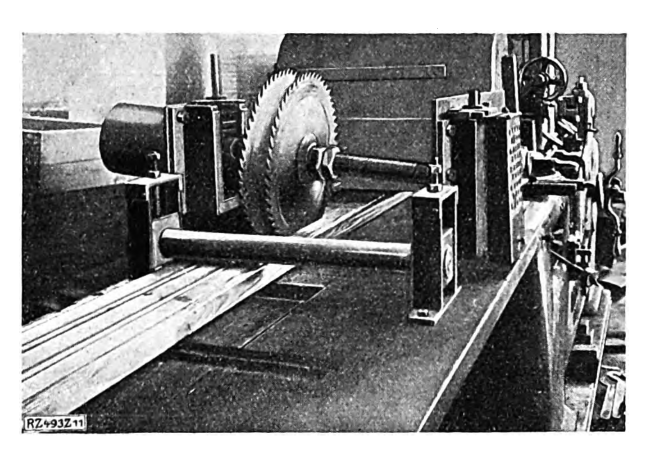


Abb. 11
Herstellung von Leisten für Wagentüren in Massenfertigung

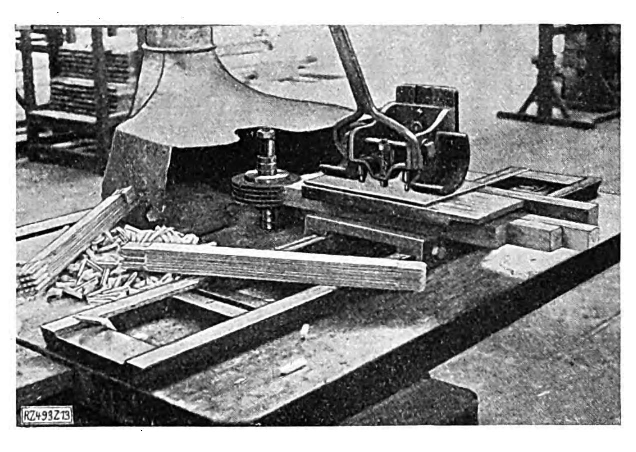


Abb. 13
Herstellung von Pflöcken zum Verpflocken von Holzschraubenlöchern

und Ausschneiden aus der Bohle konnte maschinell nur das Hobeln und Abrichten der beiden ebenen Seiten stattfinden, während das Abrichten des Innen- und Außenbogens und das Abrunden der Kanten mit der Hand ausgeführt werden mußte. Die Lohnkosten betrugen 1,80 ℳ.

Nach dem heutigen Arbeitsverfahren, Abb. 7, wird auch der innere und der äußere Bogen maschinell nach Schablone bearbeitet, die andern Arbeitsvorgänge sind geblieben, erfordern aber bei Massenfertigung viel weniger Zeit als früher bei Einzelfertigung, so daß die Lohnkosten auf 0,16 ℳ gesunken sind. Hier tritt ganz besonders der Vorteil der Massenfertigung und sein Einfluß auf die Preisbildung in Erscheinung neben dem Erfolg der Verbesserung des Arbeitsverfahrens. Abb. 8 läßt die Form der Schablone mit Führungsflächen deutlich erkennen.

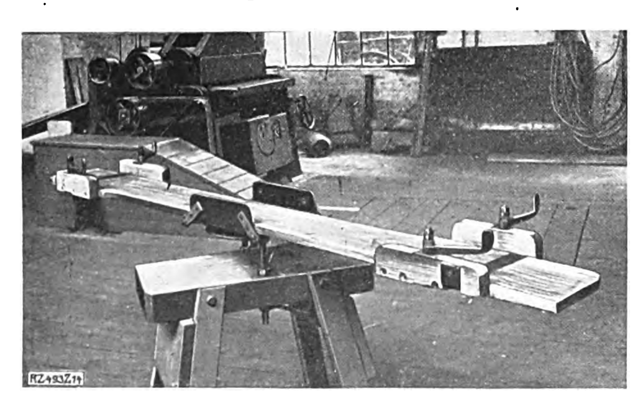


Abb. 14
Vorrichtung und Schablone zur Herstellung der Abrundung an den Köpfen von Einsteckrungen

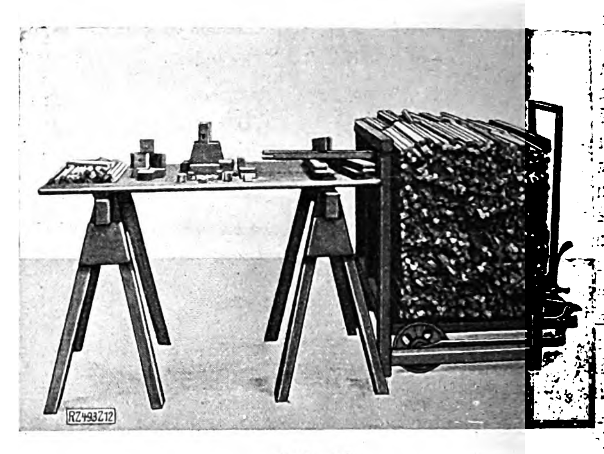


Abb. 12
Kleine Ersatzteile aus Abfallstücken

Abb. 9 und 10 stellen das frühere und das gege- wärtige Verfahren der Herstellung von Einsteckrunge für R-Wagen dar, auf denen Heu und Stroh verladen wir Die Arbeitsvorgänge sind aus den Skizzen zu erkenne Hier waren besonders zeitraubend und kostspielig die A rundungen an den Enden der Rungen, die mit der Ban säge ausgeschnitten und an den Kanten von Hand m Raspel und Feile bearbeitet werden mußten. Heute werd diese Arbeiten in einem Arbeitsgang auf der Fräsmaschi nach Schablone ausgeführt. Die Löcher für die Sicherung schrauben und die Versenkungen für die Schraubenköp und Muttern wurden früher in zwei Arbeitsgängen h gestellt, während heute nur einer erforderlich ist infol Verwendung eines vereinigten Bohrers und Fräsers. Zu Einziehen der Schrauben dienen jetzt überall Elekt schraubenzieher. Bei den durch U-Eisen verstärkten Ru gen wird der Falz für das Eisen nicht mehr auf der Fr maschine, sondern bereits schon auf der Vierseitenhob maschine ausgearbeitet. Die Lohnkosten für eine Run betrugen früher 0,80 ℳ, jetzt sind sie auf 0,17 ℳ gesunk

In ähnlicher Weise wurden die Verfahren für Herstellung von Leisten aller Art, Wagentüren, Brems haustüren und ganzer Bremserhäuser verbessert. Leis werden nicht mehr einzeln aus dem Rohholz geschnit und bearbeitet, sondern in einem Arbeitsgang in größe Anzahl fertiggestellt, indem das Hobeln auf Dicke, das E hobeln von Nuten und Auseinanderschneiden von 3 6 Leisten in Gerade- oder Schrägschnitt auf einer schine bei einem Durchgang erfolgt, Abb. 11.

Wie erwähnt, entsteht bei dem sorgfältigen Aufschn den des Rohstoffes nur wenig Abfall. Bei einer umfa reichen Massenfertigung ist die Gesamtmenge des Abfa aber immer noch so groß, daß man auch die kleins Stücke wirtschaftlich wieder verwerten kann. Alle Abf stücke werden deshalb sorgfältig gesammelt und n Größen gesondert. Sobald genügend Vorrat vorhanden wird ähnlich wie bei den großen Stücken ein Arbeitsgang die Massenfertigung von kleinen und kleinsten Teilen,



Abb. 15
Schlitzscheiben und Fräser für die Herstellung von Holzersatzteilen in Massenfertigung

bei der Wiederherstellung von Wagen gebraucht werden, eingeschoben. Es sind dies z. B. Kittfalzleisten für Oberlichtfenster, Abb. 12, Rahmenhölzer für Reinigungsklappen der Wagentüren, Unterlagklötze verschiedener Art für Rohre u. a. Pflöcke zum Auspflocken von Holzschraubenlöchern werden bei Auswechslung der Blechbekleidungen von Personenwagen viel gebraucht. Diese kleinsten Teile werden immer zu 16 Stück auf einmal aus Abfalleisten, Abb. 13, mittels mehrerer auf eine Welle aufgesteckter Scherenblätter und Fräser in einem Arbeitsgang herausgeschnitten und zugespitzt und hierauf durch eine Säge abgetrennt; die Abfallstücke werden weiter benutzt.

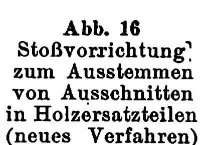
Alle Arbeitsvorgänge finden in ununterbrochener Fließarbeit statt. Zwar hat sich Bandarbeit nicht durchführen lassen, ohne den Maschinenpark unwirtschaftlich zu vermehren, da die Zeitdauer der einzelnen Arbeitsvorgänge zu verschieden ist; man hätte sonst für Arbeitsvorgänge längerer Dauer mehrere gleichartige Maschinen nebeneinander in Betrieb nehmen müssen. Deshalb werden die bearbeiteten Teile an den einzelnen Maschinen auf Gestelle gelegt, die sich durch untergeschobene Hubkarren verfahren lassen, Abb. 12 rechts. Bei Arbeitsvorgängen kürzerer Dauer bedient ein Arbeiter mehrere Maschinen.

Ganz besonders vereinfacht wurde die Arbeit durch Verwendung von Schablonen, Lehren und Vorrichtungen aller Art. Abb. 14 zeigt die Schablone zur Herstellung der Abrundungen an den Köpfen der Einsteckrungen. Sie ist in einem drehbaren Bocke gelagert, so daß ein Arbeiter die unhandlichen Rungen leicht und schnell umwenden kann. Solche Dreh- oder Rollenböcke werden in vielseitigen Ausführungen bei sperrigen Teilen verwendet, damit an jeder Maschine nur ein Mann nötig ist.

Die Maschinenbedienung durch einen Mann hat sich bei Massenfertigung als besonders wirtschaftlich erwiesen. Sie setzt aber voraus, daß der Arbeiter Stück für Stück von dem ankommenden Stapel abnehmen und nach Fertigstellung auf den abgehenden legen kann, ohne große Bewegungen machen zu müssen. Es kommt also darauf an, alle Vorkehrungen so zu treffen, daß die Griffzeiten kürzer werden als die Maschinenzeiten. Wo das Zuführen, Zurechtlegen und Ablegen der Arbeitsstücke mehr Zeit erfordert als die Maschinenarbeit, ist es besser, die Rüstarbeit durch einen zweiten Mann ausführen zu lassen. Es ist ein wesentlicher Vorteil der Massenfertigung, daß alle Vorbedingungen für die Besetzung der Maschinen mit nur einem Mann gegeben sind.

Abb. 15 zeigt die verschiedenen Schlitzscheiben und Fräser und den mit einem Fräser vereinigten Bohrer für die Löcher der Sicherungsschrauben.

Das Stemmeisen nach Abb. 16 hat sich vorzüglich für Ausschnitte bewährt, die bei den Seitenwänden der G-Wagen nötig sind, um die Wände mit einer Brechstange anheben zu können. Diese Ausschnitte werden mit einem Flacheisen ausgekleidet, das genau passen muß. Früher wurde der Ausschnitt von Hand mit der Säge ausgesägt; das neue Verfahren mittels Stemmmaschine arbeitet wesentlich rascher und genauer.



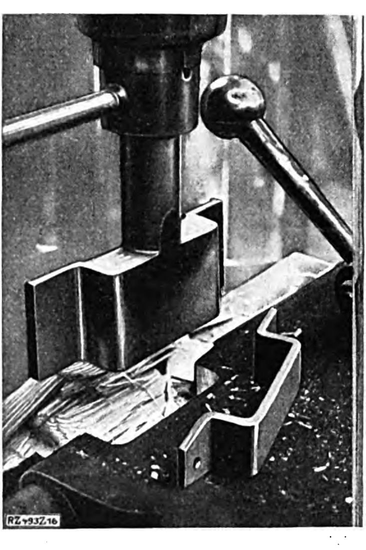


Abb. 16
Stoßvorrichtung zum Ausstemmen von Ausschnitten in Holzersatzteilen (neues Verfahren)

Bei der Massenfertigung spielt das Förderwesen eine große Rolle. Wo so gewaltige Mengen von Holz zu stapeln und zu fördern sind, können umständliche Fördermittel die Ersparnisse zum großen Teil wieder aufzehren. Deshalb ist der Vereinfachung des Förderwesens die größte Sorgfalt gewidmet.

Die Arbeitstücke werden von Maschine zu Maschine in einfachster Weise auf Gestellen mittels untergeschobener Hubkarren ohne besondere Hilfskräfte befördert, Abb. 12. Vom Stapelplatz zur Holzbearbeitungswerkstatt wird das Holz mit Elektrokarren auf Anhängewagen gefahren, die eigens für diesen Zweck gebaut sind. Für das Stapeln und Verladen der fertigen Bretter sind besondere Vorrichtungen gebaut worden, die zur Arbeitsersparung wesentlich beitragen und sich bewährt haben.

Abb. 17 und 18 zeigen die Stapelvorrichtung. Sie besteht aus einem Paternosterwerk, das auf einem Wagenhebebocke drehbar gelagert ist. Die Vorrichtung ist auf

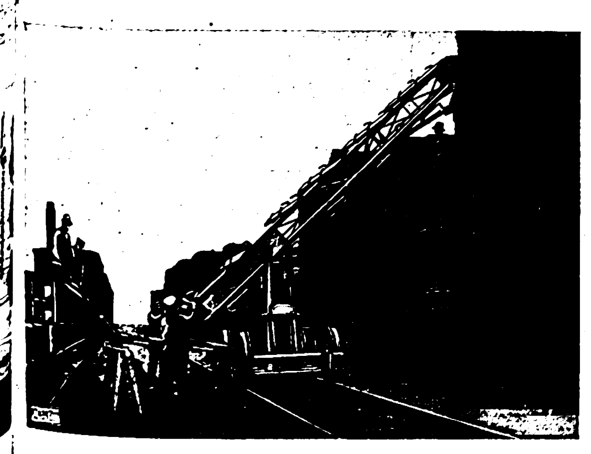


Abb. 17
Stapelvorrichtung für Bretter

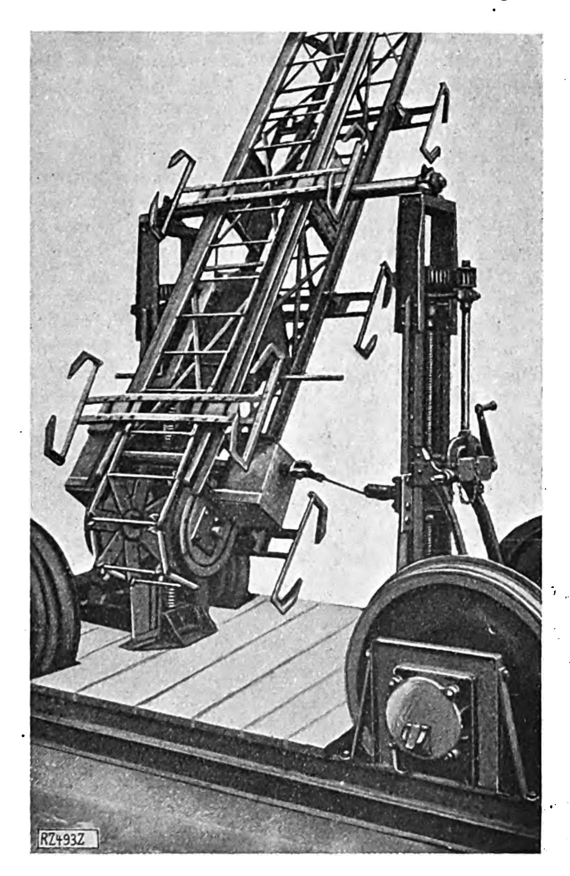


Abb. 18
Unterteil der Stapelvorrichtung für Bretter



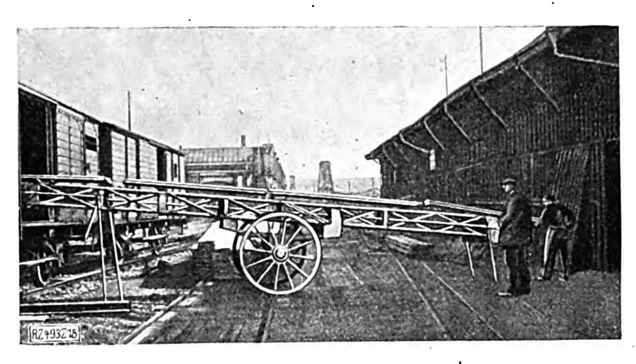


Abb. 19
Verladevorrichtung für Bretter

einem kleinen Untergestell fahrbar, so daß sie sich längs der Stapelreihe auf dem Gleis verschieben läßt. An den Ketten des Paternosterwerkes sind in Abständen von 1,25 m je vier Haken derartig angeordnet, daß sich das Brett zwischen sie einlegen und über den Gipfelpunkt fördern läßt, ohne herabzufallen. Der Antrieb erfolgt durch eine elektrische Bohrmaschine, die den Strom mittels Steckkontakten von einer Leitung längs des Gleises erhält. Auf diese Weise ist es möglich, das Holz auch bei höchsten Stapeln mit nur vier Mann aufzustapeln.

Ähnlich ist die in Abb. 19 gezeigte Verladevorrichtung. Hier ist ein Paternosterwerk, auf dem die Bretter in Längsrichtung vom Lagerschuppen in den Wagen befördert werden, drehbar auf einem Karren gelagert. Die Förderung geht ununterbrochen vorwärts, indem ein Mann die Bretter auflegt und ein zweiter sie abnimmt und im Wagen stapelt.

Bei der Herstellung einbaufertiger Bretter für Eisenbahnwagen wird die Ersparnis an Zeit und Lohn und die bessere Ausnutzung der Maschinen hauptsächlich durch leistungsfähigere Maschinen und durch die Massenfertigung, weniger durch vereinfachte und verbesserte Arbeitsverfahren erzielt. Die Zusammenfassung in den einzelnen Werkstättenbezirken ist nur dort von Vorteil, wo der Weg von der Anlieferungsstelle des Rohstoffes zu den Verbrauchstellen über die Zentralbearbeitungswerkstätte oder ohne großen Umweg an ihr vorbeiführt, da sonst Rückbeförderungen die Ersparnisse wieder aufzehren.

Immerhin lassen sich auch hier Fließarbeitsgänge einrichten, die gleiche wirtschaftliche Vorteile bieten wie bei der Fertigung der Ersatzstücke. Beispielsweise werden Bodenbretter für Güterwagen in folgender Weise bei größeren Aufträgen bearbeitet. Das Rohholz wird mit dem Güterwagen, in dem es ankommt, auf der einen Seite des Hobelwerkes aufgestellt. Die Bretter werden dann der Dicktenhobelmaschine von einem Mann zugereicht und in einem Arbeitsvorgang auf beiden Seiten behobelt und mit Feder und Nut versehen, wozu ein zweiter Mann erforderlich ist. Rechtwinklig zur Hobelmaschine

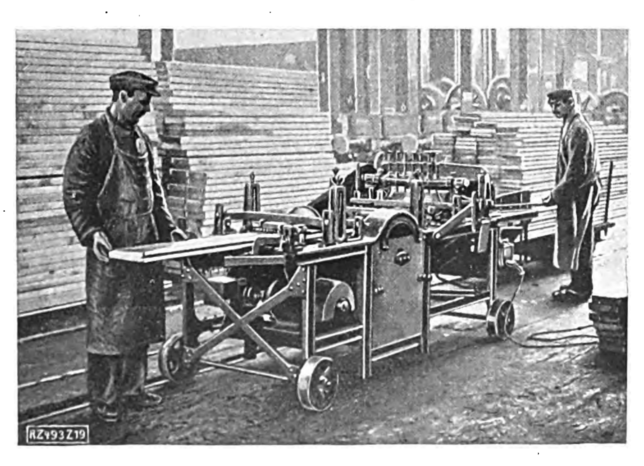


Abb. 20
Fahrbare Anstreichmaschine

ist eine Ablängemaschine aufgestellt. Ein dritter Mann ergreift die aus der Hobelmaschine kommenden Bretter und läßt sie auf Länge schneiden. Der vierte Mann legt die fertigen Bretter auf die beschriebene Verladevorrichtung, mit der sie in den abgehenden Wagen auf der andren Seite des Hobelwerks befördert werden, wo sie der fünfte Arbeiter stapelt. Auf diese Weise werden in achtstündiger Arbeitzeit 1000 Bretter ohne Zwischenstapelung fertiggestellt. In den Arbeitsgang kann auch die im folgenden beschriebene Anstreichmaschine eingeschaltet werden, wenn die Bretter gestrichen werden sollen. Dann werden sie nicht in den Wagen zum Versand, sondern zum Trocknen auf Stapel gefördert.

Es hat sich nämlich als vorteilhaft herausgestellt, den Grundanstrich der Bretter in den Zentralwerkstätten vorzunehmen, da er auf Maschinen mit ganz erheblicher Zeitersparnis ausgeführt werden kann. Mit einer fahrbaren Anstreichmaschine[1]), Abb. 20 und 21, ist es möglich, stündlich 270 Bretter beiderseits mit verschiedenen Farben zu streichen. Eine Walzenbürste *a*, die von einer Zubringerwalze *b* aus einem Farbkasten *c* Farbe erhält, streicht das Brett an der Unterseite, während eine Pumpe aus einem zweiten Farbbehälter *d* der Oberseite des Brettes die Farbe durch Röhrchen zuführt. Ein Rührwerk erhält die Farbe in dem ersten Farbkasten *c* ständig flüssig. Die Bretter werden durch eine Vorschubwalze *g* vorgeschoben. Den Antrieb erhält sowohl diese Vorschubwalze wie das Rührwerk und die Pumpe durch einen Elektro-

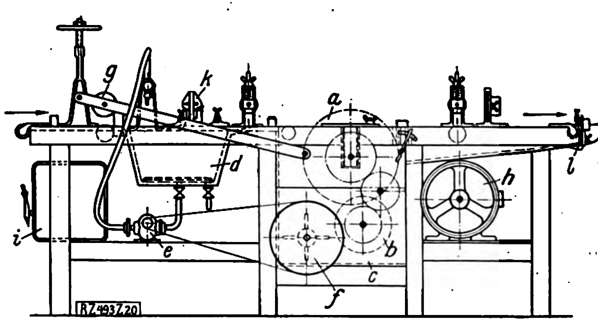


Abb. 21. Anstreichmaschine

a Walzenbürste
b Zubringewalze
c Farbkasten
d „
e Pumpe
f Farbrührwerk
g Vorschubwalze
h Motor
i Anlasser
k obere Abstreichbürste
l untere „

motor *h*, der vom Anlasser *i* gesteuert wird. Eine obere Abstreichbürste *k* verteilt die Farbe auf der Oberseite, eine untere Anstreichbürste *l* auf der Unterseite des Brettes; die überschüssige Farbe läuft in die beiden Behälter zurück. Ebenso verhindern Abstreichbürsten an beiden Seitenflächen und an den Kanten unwirtschaftlichen Farbenverbrauch, so daß bei maschinellem Streichen nur etwa 4 v[H] mehr Farbe verbraucht wird als bei Handarbeit; dies fä[llt] bei der erheblichen Lohnersparnis nicht ins Gewicht. [In] gleicher Weise werden auch Rungen und Leisten g[e]strichen, während sich bei kleinen Teilen und Ersat[z]stücken das Tauchverfahren bewährt hat.

Welche Ersparnisse im Holzvorratsbau durch Massenfertigung und rationelle Arbeitsverfahren erzielt werden können, geht daraus hervor, daß im Februar d. J. i[m] Eisenbahnwerk Wittenberge 8020 Gedingestunden[2]) für d[ie] Herstellung von Brettern und Ersatzteilen gezahlt wurden, für die früher 33 520 Gedingestunden hätten aufgewendet werden müssen. Dazu kommen noch die rechnerisch nicht zu erfassenden Ersparnisse infolge besserer Ausnutzung des Rohstoffes und der Maschinen und infolge Verringerung des Abfalls an Brennholz. Die Ersparnisse haben die Kosten für die Umstellung der Werkstätten schon nach einem halben Jahr getilgt. [B 493]

[1]) DRP. Nr. 59579.
[2]) Unter Gedingestunden ist die Zeit zu verstehen, zu der nach E[rmittlung] der Rüstzeiten, Maschinenzeiten und Verlustzeiten die Arb[eit] an die Arbeiter vergeben (verdungen) wird. Mit dem Lohn vervielfac[ht] ergeben die Gedingestunden den Stückpreis (Akkord). Da die Löhn[e] der einzelnen Arbeitergruppen verschieden sind, führt die Einführu[ng] von Gedingezeiten zu einer gerechteren Entlohnung.

Die allgemeine Bedeutung der Werkstoffprüfung

Von Dr.-Ing. Wilhelm Schmidt, Berlin

Hinweis auf die Bedeutung des gewöhnlichen Zugversuches für die Klärung des Aufbaues der Materie — Darstellung der Zugfestigkeit verschiedener Metalle in Abhängigkeit von der Temperatur — Darstellung der Zähigkeit von Schmierölen in Abhängigkeit von Druck und Temperatur — Zähigkeit von Gasen

Obwohl man heute eine ganze Reihe von handlichen Versuchsgeräten für die Werkstoffprüfung ausgebildet hat (Druck- und Schlaghärteprüfer, Pendelschlagwerke, Geräte für die Feststellung der Schwingungsfestigkeit, Spannungsmesser usw.), so hat dennoch der alte, wenig handliche und kostspielige Zugversuch seine grundlegende Bedeutung für die Prüfung der Festigkeitseigenschaften der Werkstoffe unter verschiedenen Versuchsbedingungen bisher noch nicht verloren[1]). Ich möchte zeigen, daß er auch Anhaltpunkte für die Klärung des Aufbaues der Werkstoffe zu liefern geeignet ist.

Die Wichtigkeit der metallographischen Untersuchungen, wobei Änderungen des Kleingefüges betrachtet werden, soweit die Mikroskope reichen, ist ja unbestritten. Wichtig wäre es zweifellos, wenn man noch etwas weiter gehen und auch die Vorgänge bei der Gefügebildung einer Klärung näherführen könnte. Wenn das mit Hilfe des Zugversuches möglich wäre, so würde er allgemeine Bedeutung für die Physik gewinnen.

Beim Zugversuch stellt man die Längenänderung Δl eines Probestabes von der Länge l und dem anfänglichen Querschnitt f_0 unter Einwirkung der Zugkraft P fest. P ist die unabhängige und l die abhängige Veränderliche.

[1]) Vergl. Sachs und Fiek, Der Zugversuch. Leipzig 1926

Abb. 3

Die bei K_{max} gemessenen Einschnürspannungen $\sigma = \frac{P}{f}$ verschiedener Metalle, aufgetragen über $\frac{T}{T_s}$ nach Ludwik. T und T_s gemessen in °abs.

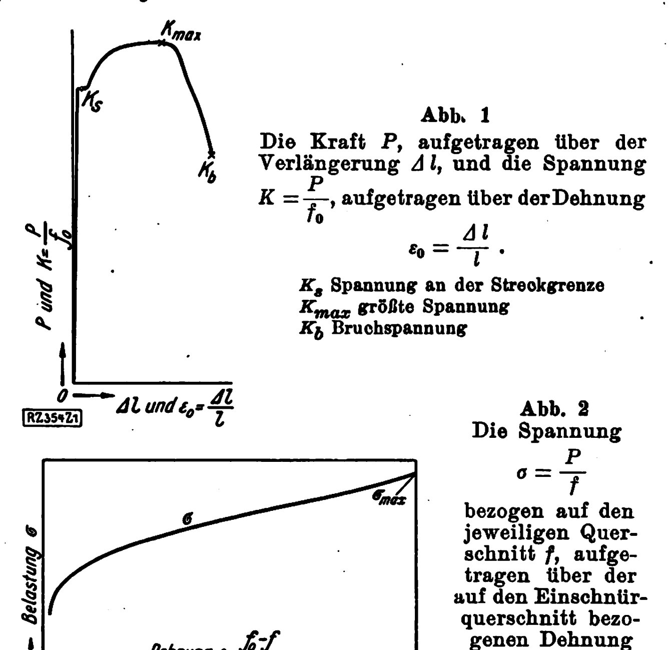


Abb. 1
Die Kraft P, aufgetragen über der Verlängerung Δl, und die Spannung $K = \frac{P}{f_0}$, aufgetragen über der Dehnung

$$\varepsilon_0 = \frac{\Delta l}{l}.$$

K_s Spannung an der Streckgrenze
K_{max} größte Spannung
K_b Bruchspannung

Abb. 2
Die Spannung

$$\sigma = \frac{P}{f}$$

bezogen auf den jeweiligen Querschnitt f, aufgetragen über der auf den Einschnürquerschnitt bezogenen Dehnung

$$\varepsilon = \frac{f_0 - f}{f_0}$$

Man müßte Δl über P auftragen, trägt jedoch P über Δl auf. Dieses Vorgehen dürfte durch die selbsttätige Papierbewegung und Aufzeichnung des Versuchsergebnisses veranlaßt sein, Abb. 1. Um das Versuchsergebnis zu verallgemeinern, hat man die Spannung $K = \frac{P}{f_0}$ und die Dehnung $\varepsilon_0 = \frac{\Delta l}{l}$ eingeführt[2]). Der Verlauf des Diagrammes ändert sich dabei nicht, sondern man hat nur die Koordinaten, den Werten K und ε_0 entsprechend, neu einzuteilen.

Einige Punkte fallen im Spannungs-Dehnungs-Diagramm auf: so erkennt man gewöhnlich eine Unstetigkeit bei der sogenannten Streckgrenze K_s, und der Stab reißt nicht bei der größten Spannung K_{max}, sondern bei der kleineren Spannung K_b.

Einen einfacheren Verlauf der Spannungskurve erhält man, wenn man beachtet, daß sich der Stab an der Bruchstelle vor dem Bruch gewöhnlich einschnürt. Berechnet man die Dehnung ε aus dem Einschnürungsquerschnitt f mit Hilfe der Gleichung

$$\varepsilon = \frac{f_0 - f}{f_0}$$

und trägt man hierüber die auf f bezogene Spannung $\sigma = \frac{P}{f}$ auf[2]), so erhält man einen einfacheren Verlauf der Spannungskurve, wobei die größte Spannung σ_{max} über der größten Dehnung liegt, Abb. 2.

Die bisher betrachteten Diagramme gelten für gleichbleibende Temperatur. Nun arbeiten die neuzeitlichen Maschinen zum Teil bei sehr hoher Temperatur; bei verschiedener Temperatur ausgeführte Zugversuche sind aus diesem Grunde von großer praktischer Bedeutung. Sie ergeben für jede Temperatur ein anders verlaufendes Spannungsdiagramm. Will man den Einfluß der Temperatur klären, so hat man für die zweidimensionale Darstellung einen bestimmten Wert (etwa K_{max}, K_b, K_s, σ_{max} oder auch σ bei K_{max}) über der Temperatur aufzutragen. Bei

[2]) Die auf den anfänglichen Querschnitt f_0 bezogenen Spannungen sind hier mit K, K_s, K_{max} und K_b bezeichnet, die auf den jeweiligen Querschnitt f bezogenen Spannungen sind durch σ und σ_{max} gekennzeichnet.

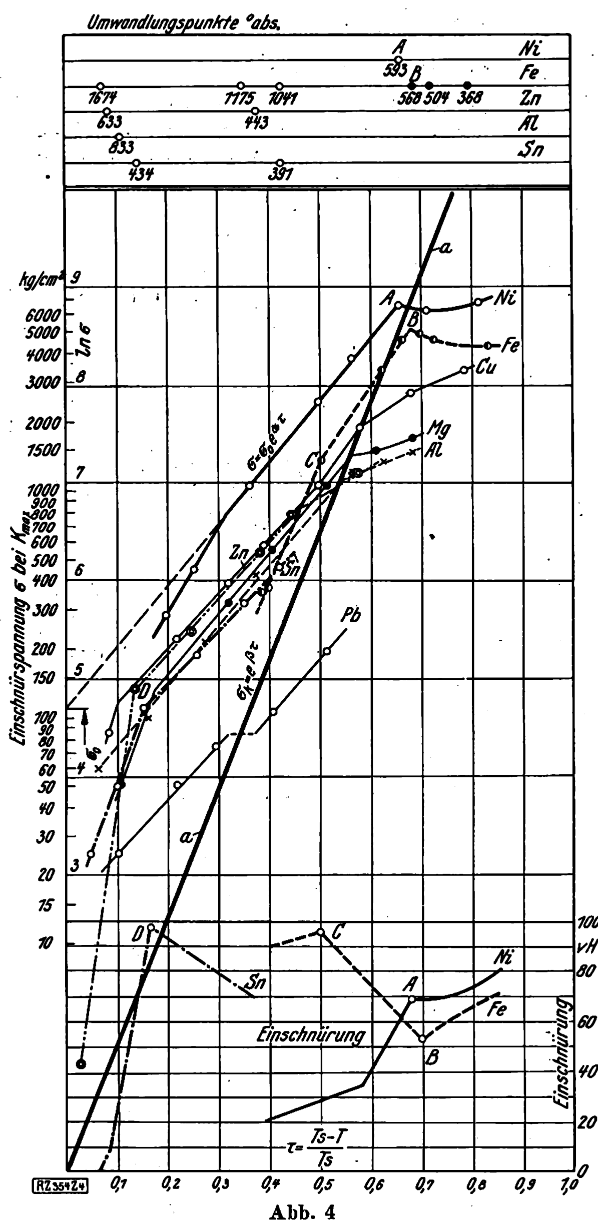


Abb. 4
Die bei K_{max} von Ludwik gemessenen Einschnürspannungen $\sigma = \frac{P}{f}$ verschiedener Metalle, aufgetragen in der Form $\ln \sigma = f(\tau)$, wobei $\tau = \frac{T_s - T}{T_s}$
Umwandlungspunkte und Einschnürung

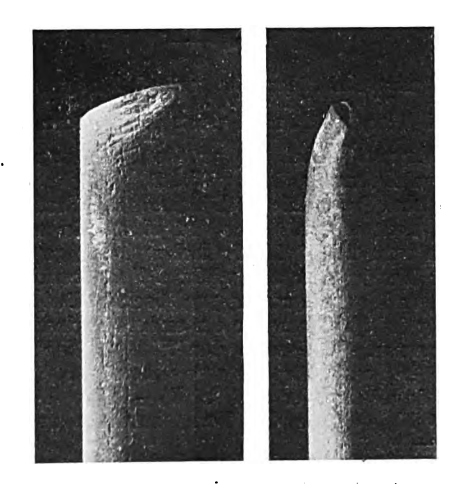


Abb. 5 und 6
Verhalten von Einkristallen beim Zugversuch

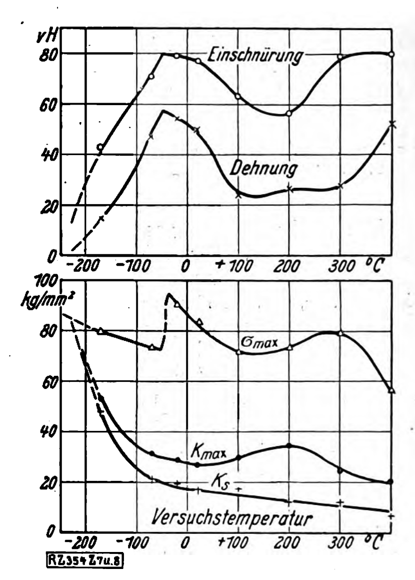


Abb. 7 und 8
Zerreißversuche mit Elektrolyteisen mit 0 vH C nach Goerens und Mailänder

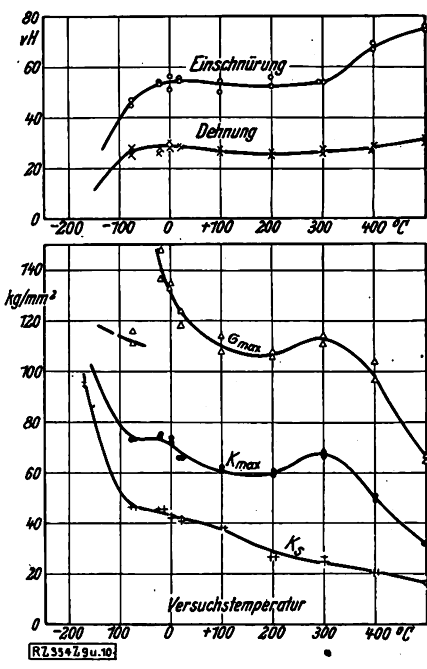


Abb. 9 und 10
Zerreißversuche mit Stahl (1,0 vH C geglüht) nach Goerens und Mailänder

solch einer Darstellung findet man ein ganz ähnliches Verhalten verschiedener Metalle, besonders wenn man nach dem Vorgang von Ludwik[3]) die Schmelztemperatur T_s [° abs] zur Einheit nimmt und σ bei K_{max}, gemessen bei T [° abs], über $\frac{T}{T_s}$ aufträgt. Die Spannungen σ verschiedener Metalle haben dann in einem ziemlich weiten Bereich nahezu den gleichen Verlauf, Abb. 3.

Ich habe die dieser vielbeachteten Abbildung zugrunde liegenden Versuchsergebnisse von Ludwik in eine neue Form gebracht, Abb. 4, und habe dabei weitere Gesetzmäßigkeiten festgestellt, die zur Klärung des Verhaltens der Metalle gegenüber Zugspannungen dienen können. Man hat sich hierüber aus dem Verhalten von Einkristallen

[3]) Vergl. Z. Bd. 59 (1915) S. 661. Ludwik hat für σ den K_{max} entsprechenden Wert gewählt und den zugehörigen Stabquerschnitt f angenähert aus den im Abstande 4 d_0 (d_0 = ursprünglicher Stabdurchmesser) symmetrisch zur Bruchstelle liegenden beiden Stabquerschnitten bestimmt.



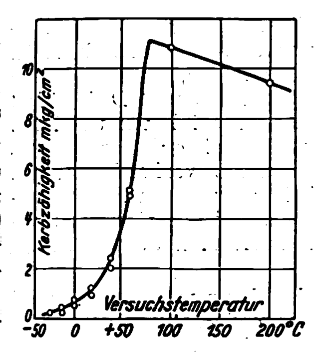


Abb. 11
Abhängigkeit der Kerbzähigkeit von Zink von der Temperatur nach Goerens und Mailänder

beim Zugversuch schon eine Anschauung gebildet[4]). Hiernach gleiten die Metallteilchen bei der Dehnung des aus einem einzigen Kristall bestehenden Stabes auf Kristallebenen, wobei ein anfänglich runder Stabquerschnitt, senkrecht zur Stabachse, elliptische Form annimmt, Abb. 5 und 6.

Hiernach liegt die Annahme nahe, daß die Kurve einer bestimmten Spannung, aufgetragen über der zugehörigen Temperatur, bei einem Metall unstetig verläuft, wenn bei einer bestimmten Temperatur eine Änderung des Gefüges (Umwandlung oder auch Rekristallisation) eintritt. Auffallende Unstetigkeiten enthalten die kürzlich von Goerens und Mailänder veröffentlichten Spannungsdiagramme[5]), Abb. 7 bis 10. Die Unstetigkeiten treten besonders in den Kurven der Reißfestigkeit σ_{max} bei Stählen, Weicheisen und Elektrolyteisen etwa zwischen -20 und $-60\,°C$ (213 bis 253° abs) auf, wo bisher meines Wissens noch keine Gefügeänderungen unmittelbar festgestellt sind. Änderungen der Kristallstruktur sind jedoch, wie im weiteren gezeigt werden soll, bei Eisen bei $\frac{1}{14}T_s, \frac{2}{14}T_s, \ldots \frac{14}{14}T_s$ zu erwarten. Nun ist $\frac{2}{14}T_s = \frac{2}{14}\cdot 1801 = 256°$ abs, das entspricht der oberen Grenze des Temperaturbereichs von 213 bis 253° abs sehr genau. Daß sich die von Goerens und Mailänder gemessenen Temperaturen an $\frac{2}{14}T_s$ nach unten hin anschließen, kann dadurch begründet sein, daß bei den Versuchen die Gefügeänderung, die vielleicht einige Stunden zur Ausbildung braucht, mit 15 min bei den Versuchen noch nicht abgeschlossen war.

Traeger[6]) hat auf Verschiebungen bei der Kurve der Wärmedehnung hingewiesen, die ebenfalls verzögert eintreten, wenn die Temperatur beim Versuch zu schnell gesteigert wird.

Schroffe Unstetigkeiten sind nicht auf die Kurven der Reißfestigkeit σ_{max} beschränkt, Abb. 10, sie treten auch bei Kerbversuchen, die bei verschiedener Temperatur ausgeführt worden sind, auf, Abb. 11. Diese Abbildung stellt ebenfalls Versuche von Goerens und Mailänder, und zwar mit Zink, dar. Bei ihr liegt der Knick etwa bei 80 °C = 353° abs. Auch bei Zn sind nach S. 1127 Gefügeänderungen bei $\frac{1}{14}T_s, \frac{2}{14}T_s$ usw. zu erwarten. In diesem Falle liegt die Temperatur $\frac{7}{14}T_s = \frac{7}{14}\cdot 692{,}4 = 346{,}2°$ abs nahe bei 353° abs, und dieser Wert wäre, einer zu kurzen Wärmebehandlung entsprechend, etwas nach oben verschoben.

Für den Nachweis der hier gekennzeichneten Knicke in den Versuchen von Ludwik, Abb. 3, und für eine Zusammenfassung dieser Erscheinungen soll nun Abb. 4 dienen. In ihr sind im mittleren Teile die Versuche von Ludwik in der Form

$$\ln\sigma \text{ über } \tau = \frac{T_s - T}{T_s}$$

aufgetragen worden. Hierbei bedeutet:

σ die in Fußnote 2 und 3 gekennzeichnete Einschnürspannung in kg/cm²,

T_s die Schmelztemperatur und T die jeweilige Temperatur in ° abs.

Durch die oberen Knicke in den σ-Kurven habe ich die zur Abszisse um etwa $\frac{\ln\sigma_k}{\tau} = 12{,}56 = 4\pi$ geneigte Gerade a–a gelegt, die in Abb. 4 zufällig angenähert durch den Anfangspunkt geht. Ferner sind in Abb. 4 oben die Lage der Umwandlungspunkte und unten die Lage auffallender Unstetigkeiten in den Kurven der Einschnürungen verschiedener Metalle gekennzeichnet worden. Bei $\tau = 0$ liegt der Schmelzpunkt, bei $\tau = 1$ der absolute Nullpunkt. Die Werte $\ln\sigma$ müssen daher von $\ln\sigma = -\infty$ für $\tau = 0$ auf einen endlichen Wert bei $\tau = 1$ ansteigen. Das geschieht nach Abb. 4 nicht stetig, sondern ruckweise, indem die $\ln\sigma$-Kurven an bestimmten Stellen plötzlich eine andere Richtung annehmen. Solche plötzliche Richtungsänderungen sind anscheinend links von der Geraden a–a, Abb. 4, unregelmäßig verteilt. Die in der Nähe der Geraden $a-a$ liegen regelmäßiger; eine Nachprüfung ihrer Lage durch weitere Versuche wäre erwünscht.

Für die folgende Betrachtung nahm ich an, daß die oberen Knicke auf der Geraden a–a liegen und die nach links anschließenden Stücke der $\ln\sigma$-Kurven verschiedener Metalle einander parallel sind, Abb. 12. Wie weit diese Annahmen zutreffen, zeigt Zahlentafel 1.

In Abb. 12 ist der angenommene Verlauf schematisch gekennzeichnet; hiernach gelten für das Mittelstück der σ-Kurven die Gleichungen:

$$\ln\sigma = \ln\sigma_0 + a\,\tau \quad \ldots \quad (1)$$

oder

$$\sigma = \sigma_0\, e^{a\,\tau} \quad \ldots \quad (2)$$

oder auch

$$\frac{d\,\sigma}{d\,\tau} = a\,\sigma \quad \ldots \quad (3),$$

ferner

$$\frac{\ln\sigma_0}{\ln\sigma_k} = C \quad \ldots \quad (4)$$

und

$$\ln\sigma_k = \beta\,\tau_k \quad \ldots \quad (5)$$

oder

$$\sigma_k = e^{\beta\,\tau_k} \quad \ldots \quad (6).$$

Hierin bedeuten

a einen Festwert

σ_k die Spannung im Knick bei τ_k

τ_k die zu σ_k gehörige Temperaturfunktion

C und β Festwerte.

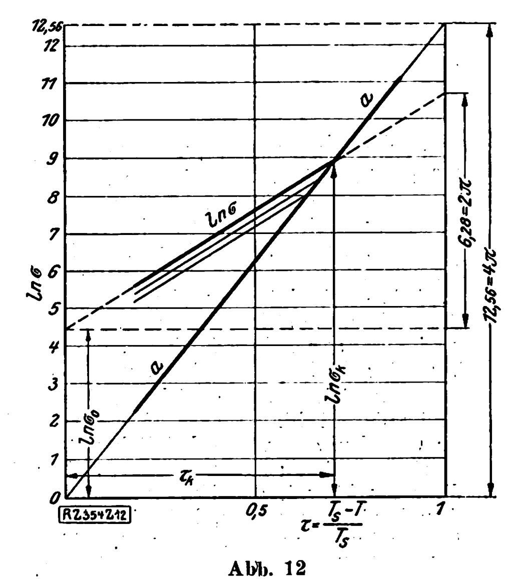


Abb. 12
Vereinfachte Darstellung von Abb. 4 für die mathematische Untersuchung

[4]) Vergl. Sachs und Fiek a. a. O.
[5]) Vergl. P. Goerens u. R. Mailänder, Kalt- und Warmsprödigkeit von Stahl und einigen anderen Metallen beim Zugversuch. Forschungsarbeiten des V. d. I., Festgabe Carl v. Bach zum 80. Geburtstag. Berlin 1927.
[6]) Vergl. Traeger, Anlaßvorgänge in abgeschreckten Kohlenstoffstählen. Forschungsarbeiten des V. d. I. Heft 294.

σ_0 läßt sich durch τ_k ausdrücken, Gl. (2) geht damit über in

$$\sigma = e^{C\beta\tau_k + a\tau} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (7).$$

Die Werte C, β, τ_k und a sind für die einzelnen untersuchten Metalle in Zahlentafel 1 zusammengestellt.

Zahlentafel 1

Metall	a	C	aC	β	τ_k	T_k °abs	Bemerkungen
Fe	7,52	0,416	3,13	12,6	0,68	577	
Ni	6,2	0,529	3,28	13,4	0,66	584	$5\,\frac{T_s}{14} = 615$
Mg	6,1	0,526	3,22	13	0,56	406	
Al	6,05	0,526	3,20	13,2	0,55	419	
Pb	5,73	0,602	—	13	(0,36)	384	
Cu	5,6	0,572	3,20	12,9	0,58	570	
Zn	5,6	—	—	—	(0,565)	303	$6\,\frac{T_s}{14} = 297$
Sn	5,35	—	—	—	(0,515)	245	$7\,\frac{T_s}{14} = 252$

Zahlentafel 1 lehrt, daß a und C in ziemlich weiten Grenzen schwanken. a wächst, wenn C kleiner wird. Das Produkt aC ist nahezu gleich $3,14 = \pi$. C schwankt ungefähr um die Zahl 0,5 und a um 2π als Mittelwert. Für β ergibt sich etwa 13 als Mittelwert, 4π ist gleich 12,56.

Setzt man, um den Überblick zu erleichtern, hiernach in Gl. (7) $C = 0,5$, $\beta = 4\pi$ und $a = 2\pi$, so erhält man

$$\sigma = e^{2\pi(\tau_k + \tau)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (8).$$

Hierin hat die linke Seite die Dimension kg/cm², und die rechte ist offenbar unbenannt. Man muß daher

$$\sigma = \sigma_0\, e^{2\pi(\tau_k + \tau)} \quad \ldots\ldots\ldots (8a)$$

schreiben, um beide Seiten auf die gleiche Dimension zu bringen, wobei im vorliegenden Falle zufällig $\sigma =$ rd. 1 kg/cm² ist. Genau läßt sich σ_0 nicht bestimmen, weil die Lage der Geraden a–a, Abb. 4, durch die Knicke in den Kurven nicht genau festgelegt ist.

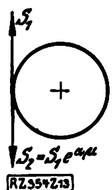


Abb. 13
Kraftverteilung bei einer Scheibe infolge der Seilreibung. $S_2 > S_1$ für $\mu > 0$

Die Gl. (8a) erinnert an die Gleichung der Seilreibung

$$S_2 = S_1\, e^{a\mu} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (9).$$

Mit $a = 2\pi$ würde das Seil die Scheibe voll umspannen, Abb. 13. Die Seilreibung μ entspräche der Temperaturfunktion $\tau_k + \tau$, und die Spannung würde durch Kapillarkräfte übertragen. Aus dem gleichen Aufbau der Formeln (8) und (9) ist jedoch nicht ohne weiteres zu schließen, daß die in Abb. 13 angedeutete Kraftverteilung bei der Seilscheibe die gleiche ist wie im Metall, da es sich in einem Fall um ein ebenes und im andern um ein räumliches Problem handelt. Damit möchte ich die Betrachtung der nahezu parallelen Mittelstücke der Spannungskurven, Abb. 4, abschließen und zu der Betrachtung der Knicke übergehen, die sich um die Gerade a–a, Abb. 4, gruppieren und diese angenähert festlegen.

Aus Gl. (8a) geht hervor, daß mit τ_k die Spannung für den Geltungsbereich dieser Gleichung bestimmt ist. Ich habe bereits darauf hingewiesen, daß die Knicke in der Nähe der Geraden a–a wahrscheinlich mit dem Vorgang der Rekristallisation zusammenhängen. Um festzustellen, ob diese Punkte mit den Umwandlungspunkten in einer einfachen Beziehung stehen, habe ich die Lage der bekannten Umwandlungspunkte angedeutet, Abb. 4 oben, ferner habe ich auch die von Dr. Traeger[7]) festgelegten Temperaturen (368, 504 und 568 ° abs) eingezeichnet, bei denen Unstetigkeiten in der Wärmedehnung eintreten. In den Fällen, wo kritische Temperaturen und Knicke in den ln σ-Kurven an gleichen Stellen liegen, sind sie mit den großen lateinischen Buchstaben A, B und D bezeichnet worden. Man erkennt, daß außer bei Eisen und Nickel auch bei Zinn eine Unstetigkeit in der ln σ-Kurve bei einem nachgewiesenen Umwandlungspunkte vorhanden ist (D). Außerdem sind die von Ludwik gemessenen Einschnürungen aufgetragen, Abb. 4 unten, bei denen ebenfalls Unstetigkeiten bei den gleichen Temperaturen auftreten, Punkt A, B, C und D.

Auf Grund dieser Tatsachen kann man annehmen, daß die Knicke in den Kurven der Einschnürspannung, die sich um die Gerade a–a, Abb. 4, gruppieren, durch Änderungen des Kristallgefüges (Umwandlung und Rekristallisation) veranlaßt werden.

Für die weitere Untersuchung ist es offenbar von größter Wichtigkeit, wenn man weiß, wie, ganz allgemein betrachtet, Änderungen des Kristallgefüges entstehen. Die Klärung der Frage gehört in das Gebiet der Atomphysik, diese hat die denkbar größten Schwierigkeiten zu überwinden, um die Vorgänge im Atom zu klären. In unserem Falle handelt es sich offenbar um Vorgänge in Atomverbänden, die vielleicht noch verwickelter sein werden. Man muß daher, von Versuchsergebnissen ausgehend, die einzelnen Erscheinungen zu ordnen versuchen, wobei man nicht ohne Annahmen oder ein einfaches Probieren auskommt.

Die Annahme liegt nahe, daß die Umwandlungen, die durch Änderung des Metallgefüges sichtbar werden, durch Schwingungsvorgänge irgendwelcher Art veranlaßt werden. Die allgemeinste Art eines Schwingungsvorganges dürfte die sein, daß die einzelnen Teilchen unter dem Einfluß der Wärme Volumenschwingungen (Pulsationen)[8]) ausführen und dabei gegeneinander schlagen. Solch eine Bewegung würde den Vorstellungen der kinetischen Theorie der Gase, die durch die Erscheinung der Brownschen Bewegung gestützt wird, entsprechen und dürfte in ihrem Verlauf den Schüttelschwingungen ähnlich sein, die man bei den Achsen elektrischer Lokomotiven beobachtet hat[9]). Es handelt sich hierbei um pseudoharmonische Schwingungsvorgänge, bei denen sich die Bewegung im Resonanzfall wegen Phasenverschiebung nicht hochzuschaukeln vermag, sondern außer Tritt fällt. Es wäre denkbar, daß die Umwandlungspunkte und Gefügeänderungen solch einem Außertrittfallen entsprechen. Dann müßten sich aber die Werte der bisher festgestellten Umwandlungstemperaturen wie die Schwingungszahlen von Oberschwingungen, also wie ganze Zahlen verhalten. An einer Reihe von Beispielen will ich zeigen, daß dies anscheinend der Fall ist:

1. Bei Fe ist $T_s = 1801$ ° abs, und die Modifikationen treten auf bei $T_m = 1674$, 1175 und 1041 ° abs.

Nun ist

$$\begin{aligned} 1801 - 1674 &= 127 \\ 1674 - 1175 &= 499 = 4 \cdot 124{,}5 \\ 1175 - 1041 &= 134 \\ 1041 - 0 &= 8 \cdot 130 \\ \text{im Mittel}\ & 128{,}8 \end{aligned}$$

Die Nachprüfung ergibt:

$8 \cdot 128{,}8 = 1030$, gemessen wurden 1041 ° abs
$9 \cdot 128{,}8 = 1160$, „ „ 1175 ° „
$13 \cdot 128{,}8 = 1675$, „ „ 1674 ° „
$14 \cdot 128{,}8 = 1805$, „ „ 1801 ° „

Hiernach würden die Modifikationen und die Schmelztemperatur bei Eisen der 8ten, 9ten, 13ten und 14ten Oberschwingung entsprechen. Es könnten auch die 16te, 18te, 26te und 28te Oberschwingung sein; $T_k = 577$ ° abs, Zahlentafel 1, würde dann der 9ten Oberschwingung entsprechen. Die oben erwähnte Unstetigkeit, die Goerens und Mailänder in vielen Fällen bei der Reißfestigkeit von Stählen festgestellt haben, würde mit $T = 256$ ° abs der zweiten oder vierten Oberschwingung eintreten, je nachdem man T_s bei Eisen als 14te oder 28te Oberschwingung ansieht.

[7]) Vergl. Traeger, a. a. O.

[8]) Vergl. A. Korn, Konstitution der chemischen Atome, Berlin 1926.

[9]) Vergl. A. Wichert, Schüttelschwingungen. Forschungsarbeiten d. V. d. I., Heft 266.

2. Bei Sn ist $T_s = 504{,}9\,^\circ$ abs, und Modifikationen ind nachgewiesen bei $T_m = 434$ und $291\,^\circ$ abs. In diesem 'alle ist

$$\begin{aligned} 504{,}9 - 434 &= \phantom{143 = 2\cdot{}} 70{,}9 \\ 434 - 291 &= 143 = 2 \cdot 71{,}5 \\ 291 - 0 &= \phantom{143 = {}} 4 \cdot 72{,}8 \\ &\text{im Mittel } 71{,}4 \end{aligned}$$

Die Nachprüfung ergibt:

$4 \cdot 71{,}4 = 286$, gemessen wurden $291\,^\circ$ abs
$6 \cdot 71{,}4 = 428$, „ „ $434\,^\circ$ „
$7 \cdot 71{,}4 = 500$, „ „ $504{,}9\,^\circ$ abs.

Nach Zahlentafel 1 ist für Sn $T_k = 245\,^\circ$ abs, wenn an die Spannungskurve bis zur Geraden a–a verlängert nd aus dem Schnittpunkt den Wert von T_k bestimmt; eser Wert würde der 3,5ten Oberschwingung entsrechen. Es empfiehlt sich daher, die Schmelztemperatur ie bei Eisen als die 14te Oberschwingung anzusehen. er Knick, dessen Lage durch Extrapolation bestimmt urde, würde dann bei der 7ten Oberschwingung aufeten, Zahlentafel 1.

3. Bei Zn ist $T_s = 692{,}4\,^\circ$ abs, Modifikationen sind stgestellt bei etwa 633 und $443\,^\circ$ abs.

Nimmt man an, daß bei Zn die Schmelztemperatur enso wie bei Fe und Sn der 14ten Oberschwingung entricht, so erhält man:

$9 \cdot 49{,}1 = 442$, gemessen wurden $443\,^\circ$ abs
$13 \cdot 49{,}1 = 638$, „ „ $633\,^\circ$ „
$14 \cdot 49{,}1 = 681$, „ „ $692{,}4\,^\circ$ abs.

r Schnittpunkt der $\ln \sigma$-Kurve mit der Geraden a–a, bb. 4, liegt bei $\tau_k = 0{,}565$; hiernach ist $T_k = 303\,^\circ$ abs d würde der sechsten Oberschwingung entsprechen, weil $49{,}1 = 295 = \text{rd. } 303\,^\circ$ abs ist. Einen Knick bei der benten zeigt Abb. 11.

Man erkennt aus den Beispielen, daß sich hier offenr ein gangbarer Weg zur Klärung der Vorgänge ernet, die die Änderungen im Kristallgefüge veranlassen, d es wäre zweifellos eine dankbare Aufgabe der Forscher f dem Gebiete der Metallkunde, zu untersuchen, ob tatchlich bei den in Zahlentafel 1 angegebenen Temperaren die Rekristallisation oder Umwandlungen des Gefüges auftreten. In der in diesem Jahr in Berlin stattndenden Werkstofftagung könnte über das Ergebnis dertiger Untersuchungen berichtet werden. Bei der Nachrüfung wäre folgendes zu beachten:

Die Ermittlung der Einschnürspannung σ bei K_{max}, bb. 3 und 4, ist wenig gebräuchlich; man bestimmt stattessen häufig die sogenannte Reißfestigkeit aus dem ruchquerschnitt. Dieser Wert ist natürlich größer als ie von Ludwik bestimmte Einschnürspannung; damit ist ne Parallelverschiebung der Geraden a–a, Abb. 4, nach ben zu erwarten. Sie läßt sich aus den Versuchen von oerens und Mailänder entnehmen, wenn man diese Verüche nach Art der Abb. 4 umzeichnet. Bei der Unicherheit in der Bestimmung der Reißfestigkeit ist es doch empfehlenswert, zur Nachprüfung der in dieser rbeit festgestellten Gesetzmäßigkeiten die Einschnürpannung nach Ludwik zu benutzen.

Ich glaube, mit den bisherigen Angaben die allgemeine edeutung der Werkstoffprüfung durch den Zugversuch ür unsre Naturerkenntnis ausreichend bewiesen zu haben, öchte jedoch noch auf folgendes hinweisen:

1. Das hier verwandte Verfahren zur Bestimmung der rdnungszahlen von Oberschwingungen, die mit k bezeichnet werden sollen, kann nur als vorläufig betrachtet werden. Es ist daher nun eine Aufgabe der Mathematik, iese Ordnungszahlen auf wissenschaftlich einwandfreiem Wege zu bestimmen. Ich habe auf halb empirischem Wege für eine ähnliche Aufgabe den folgenden Ansatz als brauchbar gefunden:

$$\frac{T_s}{n\,C} + \frac{a\,s^m}{k} = 1 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (10).$$

Hierin bedeutet:

n die chemische Valenz,
C und a Festwerte,
s das spezifische Gewicht im festen Zustande,
m eine Potenz, die den Wert 1,167 hat.

Die Gl. (10) nimmt für den Fall, daß $\frac{a\,s^m}{k}$ das Quadrat eines echten Bruches ist, die Form der Balmerformel an, die heute in der Atomphysik bei andern Schwingungsvorgängen eine wichtige Rolle spielt. Sie lautet:

$$\lambda = A\,\frac{m^2}{m^2 - n^2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (11).$$

Hierin hat

λ den Charakter einer Wellenlänge,
A ist eine Konstante,
m und n sind ganze Zahlen.

Aus Gl. (10) erhält man mit z. B. $\frac{a\,s^m}{k} = \left(\frac{2}{3}\right)^2$

$$T_s = n\,C \cdot \frac{3^2 - 2^2}{3^2}$$

oder

$$\frac{1}{T_s} = \frac{1}{n\,C} \cdot \frac{3^2}{3^2 - 2^2}, \text{ vergl. Gl. (11).}$$

Weiter auf diese Frage und die Ableitung der Gl. (10) einzugehen, verbietet der Rahmen dieser Arbeit.

2. Die Gl. (8 a) kennzeichnet roh das Verhalten von Metallen im plastischen Gebiet, also gewissermaßen für einen Grenzzustand zwischen ideal flüssig und ideal fest. Nun zeigen auch die Schmieröle in gewissem Sinn ein ähnliches Verhalten im Lager, indem sie sich in einen sehr dünnen Film ausziehen lassen, der, besonders bei laufender Welle, Festigkeitseigenschaften hat. Es ist daher naheliegend, Gl. (8 a) in der Form

$$\eta = \eta_0\, e^{f(T) + \varphi(T)} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (12)$$

für die Darstellung der Zähigkeit von Ölen zu verwenden. Für diesen Zweck habe ich die eben erschienenen, sehr beachtenswerten Versuche von Dr. Kießkalt[10]) benutzt, der die Zähigkeit η von Schmierölen bei Überdrücken p_1 bis 800 at und bei 20, 50 und 80 °C ($T = 293$, 323 und 353 ° abs) untersucht hat. Ich fand als Interpolationsformel

$$\eta = \eta_0\, e^{\frac{C_1}{(T-a)^m} + \frac{C_2 (p_1 + 1)}{T^n}} \quad \ldots\ldots \quad (13);$$

hierin sind C_1, C_2 und a Festwerte, die vom gewählten Maßsystem abhängen. Die Hochzahlen n und m haben bei verschiedenen Ölen verschiedene Werte. Anscheinend ist ein Öl um so schmierfähiger, je kleiner n ist. n liegt bei den von mir untersuchten Ölen zwischen $n = 1$ und $n = 3{,}63$, häufig ist $n = 2{,}5$. Beachtenswert ist, daß mit $p_1 + 1 = p$ (at abs)

$$\frac{p}{T^{2,5}} = \text{konst} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (14)$$

die Gleichung der Adiabate einatomiger Gase ist.

Aus Gl. (13) erhält man eine ähnliche Gleichung wie die Formel $k = a^{p_1}$ von Kießkalt, nämlich

$$k = \frac{\eta \text{ bei hohem Druck}}{\eta_1 \text{ bei Atmosphärendruck}} = e^{\frac{C_2 p_1}{T^n}} \quad \ldots \quad (15)^{10)}$$

Da C_2 mit n stark anwächst, ist es der Übersicht wegen zweckmäßig, C_2 von n abhängig zu machen, indem man $C_2 = c\,n^{4n}$ setzt, dann ist

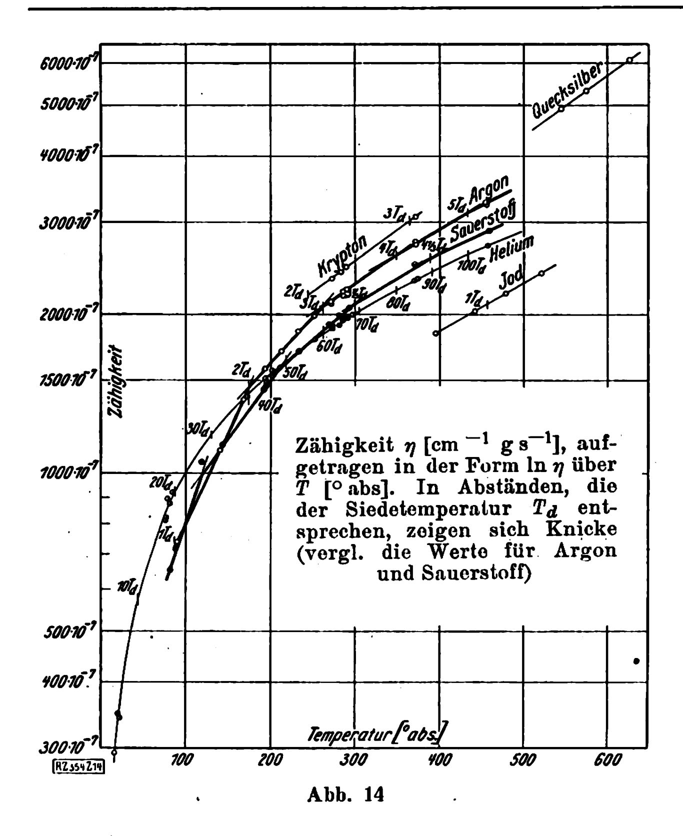
$$k = e^{\frac{c\,p_1}{\left(\frac{T}{n^4}\right)^n}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (15a).$$

Für drei Mineralöle mit $n = 2{,}5$ ergab sich $c = 0{,}342$ bis 0,422,
bei einem Mobilöl mit $n = 1$ war $c = 0{,}688$
und bei einem Pflanzenöl mit $n = 1{,}4$ „ $c = 0{,}545$.

Weitere Angaben über k-Werte verschiedener Öle in Abhängigkeit von Druck und Temperatur findet man in der Arbeit von Kießkalt.

3. Die meiner Arbeit zugrundeliegende Anschauung, nämlich, daß Änderungen des Kristallgefüges auf Resonanzerscheinungen bei pseudoharmonischen Schwingungs-

[10]) Vergl. Kießkalt, Untersuchungen über den Einfluß des Druckes auf die Zähigkeit von Ölen und seine Bedeutung für die Schmiertechnik, Forschungsarbeiten des V. d. I. Heft 291.



Zähigkeit η [cm^{-1} g s^{-1}], aufgetragen in der Form ln η über T [° abs]. In Abständen, die der Siedetemperatur T_d entsprechen, zeigen sich Knicke (vergl. die Werte für Argon und Sauerstoff)

Abb. 14

vorgängen zurückzuführen sind, führt zu dem Schluß daß bei der Auftragung der Zähigkeit η von Gasen in der Form ln η über T bei den Temperaturen $T = 2T_d$, $3\,T_d, \cdots, n\,T_d$ (T_d = Siedetemperatur in ° abs) Unstetigkeiten zum Vorschein kommen müssen. Dies ist, wie besonders die Versuche mit Argon (T_d = 87 ° abs) und Sauerstoff lehren, tatsächlich der Fall, Abb. 14. Bei Sauerstoff (T_d = 90,3 ° abs) sind jedoch diese kritischen Temperaturen um rd. ⅔ T_d verschoben, dies hängt wahrscheinlich mit der Valenz zusammen. Zwischen zwei aufeinander folgenden kritischen Temperaturen wächst ln η geradlinig mit der Temperatur. Bei Helium (T_d = 4,04 abs) entsteht hierdurch eine Kurve, deren umständliche Gleichung sich bei dieser Erkenntnis leicht anschreiben läßt.

Bei Luft sind bei dieser Sachlage Streuungen der η-Werte bei den kritischen Temperaturen des Sauerstoffes und Stickstoffes zu erwarten. Sie sind in den Versuchen leicht nachzuweisen. Luft eignet sich daher für rd. 300 ° abs schlecht für aerodynamische Versuche.

Die hier bei Gasen nachgewiesenen Unstetigkeiten im Verlaufe der Zähigkeit kehren bei Kolloiden wieder und bewirken die Phasenänderungen. Nebenhergehende Erscheinungen findet man in ähnlicher Weise beim Gas und Kolloid, so z. B. eine Opaleszenz beim kritischen Punkt des Wassers und bei Kolloiden, die zur Verseifung neigen.

Zusammenfassend kann man sagen, daß das Quantenhafte im Naturgeschehen allenthalben wiederkehrt und durch die hier vertretene Anschauung eine einfache Erklärung findet. [B 354]

Die Möglichkeit der Weltraumfahrt

In meiner Abhandlung[1]) habe ich unter (11) einen Ansatz für die Raketenfahrt benutzt, der mit der Minimalbedingung für das Massenverhältnis $m_0 : m$ auf eine mit der jeweiligen Erdbeschleunigung im Abstande r übereinstimmende Bahnbeschleunigung führt, der dann eine doppelt so große Gesamtbeschleunigung entspricht. Daß dieser Ansatz, obwohl kein absolutes Minimum für $m_0 : m$ besteht, nicht, wie nach verschiedenen Zuschriften vermutet wird, willkürlich ist, läßt sich folgendermaßen zeigen: Nimmt man zunächst, was theoretisch möglich erscheint, ein n^2-faches der Erdbeschleunigung an, setzt also

$$\frac{\mathrm{d}\,v}{\mathrm{d}\,t} = n^2\,g\,\frac{a^2}{r^2} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (1),$$

so folgt daraus durch Erweiterung mit $v\,\mathrm{d}\,t = \mathrm{d}\,r$ und $v = 0$ für den Erdhalbmesser $r = a$:

$$v\,\mathrm{d}\,v = n^2\,g\,\frac{a^2}{r^2}\,\mathrm{d}\,r\,; \quad v^2 = 2\,n^2\,g\,a^2\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{r}\right) \quad \ldots (1\mathrm{a}).$$

Anderseits geht mit (1) die Grundformel (10) meiner Arbeit über in

$$-\,w\,\frac{\mathrm{d}\,m}{m} = (1 + n^2)\,g\,\frac{a^2}{r^2}\,\mathrm{d}\,t = (1 + n^2)\,g\,\frac{a^2}{r^2}\,\frac{\mathrm{d}\,r}{v}$$

oder mit Gl. (1a)

$$w\,\frac{\mathrm{d}\,m}{m} = \frac{1 + n^2}{n}\,\frac{g\,a\,\mathrm{d}\left(\frac{1}{r}\right)}{\sqrt{2\,g\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{r}\right)}} \quad \ldots \ldots (2).$$

Hierin nimmt aber das Verhältnis

$$\frac{1 + n^2}{n} = n + \frac{1}{n}$$

für $n = 1$ den Kleinstwert 2 an, was genau den Formeln und Schlußfolgerungen meiner Arbeit entspricht.

Man wird also für $n^2 > 1$, d. h. mit einem Vielfachen der Erdbeschleunigung längs der Bahn, nur noch größere, mithin ungünstigere Massenverhältnisse für die Rakete erhalten als die Tabellenwerte meiner Arbeit. Außerdem ist zu bedenken, daß jede Vergrößerung der Gesamtbeschleunigung mit einer solchen des scheinbaren Körpergewichts verbunden ist und sehr bald für die Besatzung der Rakete untragbar wird. Man darf eben nicht außer acht lassen, daß bei der Raketenfahrt der weitaus größte Teil der anfänglichen Masse durch den Ausstoß längs der Bahn verteilt wird, so daß immer nur ein geringer Bruchteil dem Bereich der Erdschwere entrinnt, während die jeweilige Raketenmasse nicht nur beschleunigt, sondern noch gegen die Erdschwere gehoben werden muß. Daraus ergibt sich gerade das ungünstige Massenverhältnis, wie auch der schlechte Wirkungsgrad der ganzen Vorrichtung.

Aber auch mit einem völlig anderen Ansatz für die Beschleunigung, z. B. nach Hohmann, kommt man für gleiche Auspuffgeschwindigkeiten w zu ganz ähnlichen Massenverhältnissen, die nur im Gegensatz zu mir von Hohmann für ausführbar gehalten werden, allerdings nur unter Zuhilfenahme der Bremswirkung des Luftmantels der Erde bei der Rückkehr. Diese Aufgabe dürfte aber ohne vorherige Bremsung durch Treibmittel unlösbar sein, da andernfalls das Fahrzeug mit planetarischer Geschwindigkeit in die Lufthülle eintritt und darin durch Reibungswärme zerstört wird, während sich im Falle der Treibmittelbremsung ganz unmögliche Massenverhältnisse ergeben. Eine weitere Zuschrift von A. B. Scherschewsky nimmt Bezug auf Untersuchungen des russischen Vorkämpfers für die Raketenfahrt, Prof. K. E. Ziolkowsky in Kaluga, über die R. Lademann schon in der Z. Flugtechnik u. Motorluftschiffahrt 1927, Heft 8, S. 177 ausführlich berichtet hat. Die von den meinigen weit abweichenden Massenverhältnisse erklären sich einfach aus der unzulässigen Verbindung der Integralformel der Reaktion für das schwerefreie Feld mit einem Ausdruck für die Relativbeschleunigung, wodurch die Integration im Schwerefeld umgangen und falsche Ergebnisse erhalten werden. [N 57]

Danzig H. Lorenz

[1]) Z. Bd. 71 (1927) S. 651.

Der Nürburg-Ring

Von Ing. L. Jonasz, Berlin

Anlage und Streckenführung — Bauausführung — Festigung der Straßendecke — Technische Einrichtungen und Baulichkeiten

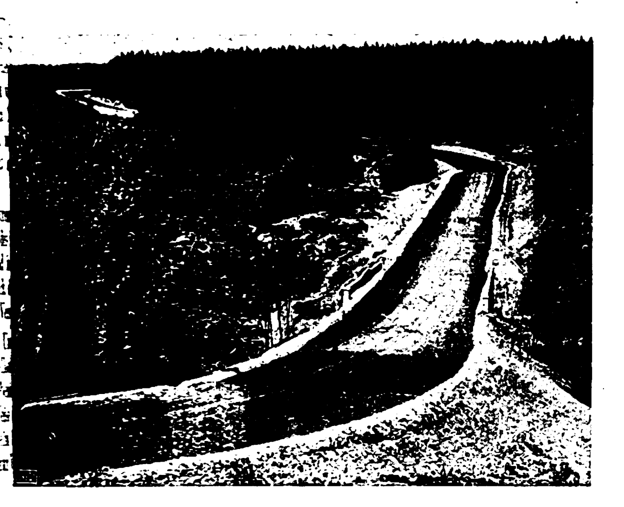


Abb. 1
Streckenbild nach den ersten Trainingfahrten

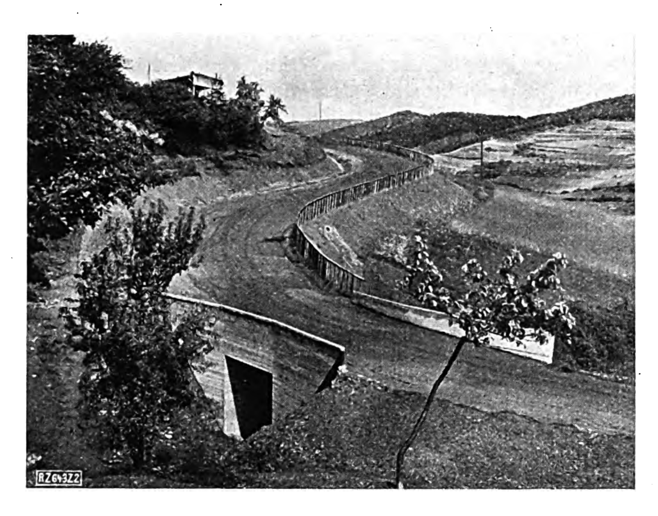


Abb. 2
Krümmung und Bauwerk bei Adenau

Die neue deutsche Gebirgsrenn- und Prüfstraße für Kraftfahrzeuge, die in kaum zwei Jahren gebaut wurde, verdankt ihre Entstehung dem Bestreben, e vielen Erwerbslosen in den Kreisen der Rheinprovinz i beschäftigen. Aber auch ein seit langem gehegter, bis if den großen Kaiserpreis im Taunus vor 20 Jahren zu-ickreichender Plan, hat hier seine Vollendung gefunden. auherr ist der ärmste Kreis Deutschlands, der Kreis denau in der Eifel, der im Laufe der Bauarbeiten vom aat rd. 8 Millionen Mark erhielt. Auf diese Weise war s möglich, eine große Zahl Arbeitsloser des Regierungs-zirkes Koblenz und der anliegenden Kreise zu beschäf-gen, wobei die Belegschaft manchmal bis auf 2500 Mann ieg. Nicht allein die produktive Erwerbslosenfürsorge ar bestimmend, man dachte daran, diesem bisher stief-mütterlich behandelten Kreise neue Anziehungskraft zu eben. Jedoch vor allem sollte hier für die Kraftwagen-industrie eine erstklassige Prüfstrecke geschaffen werden.

An die Einweihung am 18. Juni schloß sich das Eröff-nungsrennen für Motorräder an, dem am zweiten Tage enes für Wagen folgte, obwohl die Straße in einigen eilen erst knapp vorher fertiggestellt worden war und manche Bedenken dagegen sprachen, die junge Straßen-decke gleich den Beanspruchungen eines oder mehrerer Rennen auszusetzen. Bis auf wenige Stellen, die aufzubessern und nachzuarbeiten sind, hat sich der Belag einwandfrei gehalten, Abb. 1.

Anlage und Streckenführung

Der Nürburg-Ring, nach der 8 km südlich von Adenau gelegenen Burgruine „Nürburg" benannt, liegt im Eiffelgebirge etwa 75 km von Köln, 60 km von Koblenz und 45 km von Bonn entfernt. Er hat die Form einer unregelmäßigen, in Nordsüdrichtung gelegenen Acht, Abb. 7. Für das Abstecken, das vom Juli 1925 bis Januar 1926 dauerte, war maßgebend, daß die Straße an Adenau vorbei, Abb. 2, um die Nürburg herumgeführt werden und vorzugsweise auf Gemeindeland liegen sollte. Besonders aber sollte sie als Versuchsstraße möglichst die Grenzfälle der beim Straßenbau auftretenden Steigungs- und Gefällverhältnisse enthalten. Die Rundstrecke ist durch Verbindungsschleifen derart unterteilt, daß sie zur Veranstaltung von Wettfahrten in vier verschieden lange Bahnen zerfällt. Vorerst die 28,3 km lange Gesamtstrecke, dann die nördliche große Schleife 22,5 km lang, weiter die 7 km lange südliche Schleife, nach dem Orte Müllenbach „Müllenbacher Schleife" genannt, und endlich die am Start- und Zielplatz gelegenen zwei parallelen Bahnäste, die durch über-



Abb. 3
Nördliche Schleife (Beton)



Abb. 4
Krümmung im Adenauer Forst, Bau der Packlage.

höhte Kurven, Abb. 3, verbunden, eine für Radrennen oder Motorradrennen geeignete, 2 km lange Grundbahn bilden. Die beiden erstgenannten Rundstrecken bieten nahezu die gleichen Geländeschwierigkeiten, so daß der Unterschied für Wettbewerbe auf der einen oder andern nur durch die verschiedene Länge bedingt ist. Südlich der Nürburg liegt im Schnittpunkte der Achterschleifen der Start- und Zielplatz.

Sobald ein Abschnitt an der Hand von Meßtischblättern 1 : 25 000 abgesteckt war, ging man sogleich an den Abhub des Geländes. Die Strecke liegt größtenteils im Einschnitt auf gewachsenem Boden, teils auf Anschüttung. Das Urgestein in der Baugegend ist Grauwacke. Diese wird im Laufe der Verwitterung lehmig, bei Wasserzutritt also als Straßenuntergrund wenig zuverlässig. Deshalb galt es, entgegen dem ursprünglichen Plan, eine wasserundurchlässige Straßendecke zu schaffen, die einen Dauerzustand verbürgt. Auf dem Nürburg-Ring wurde zum erstenmal in Deutschland die Aufgabe der Festigung einer neuen Automobilstraße gelöst; denn im Gegensatz zu der Bauweise, die bisher die wassergebundene Decke erst in späteren Bauabschnitten festigt, wurde hier die Festigung auf noch nicht festem Untergrund ohne Pause vorgenommen.

Bauausführung

Mit der Westdeutschen Bauunion, Köln, Baresel A.-G., Stuttgart, C. Altenberg, Köln, Perth A.-G., Köln, wurden auf Grund der Geländebesichtigung Einheitspreise, ohne Massenangabe, für Erdbewegung, Materialheranschaffung, Transport, Aufbau usw. festgelegt. Umfangreiche Förderanlagen mit Schmalspurbahnen, Seilbahnen, sowie ein späterhin eingesetzter großer Fahrpark von Lastkraftwagen und Schleppern wurden in Verwendung genommen. Der beste Straßenbaustoff, der vorzügliche Basalt der Eiffelkuppen, stand zur Verfügung und wurde an Ort und Stelle gewonnen. Nach dem Walzen des Planums hat man zunächst eine Packlage aus Basaltsteinen in einer durchschnittlichen Dicke von 20 cm mit der Hand auf gebracht und festgewalzt. Darauf kam eine Lage Basalt kleinschlag in 8 bis 10 cm Dicke, Abb. 4, die mit Basalt splitt ausgefüllt und festgewalzt wurde. Man hat nur di üblichen Straßenbaugeräte verwendet und bei jeder Witte rung — auch bei Frost — gearbeitet und die Decke ge festigt. Für die Walzarbeiten wurden auch auf den steile Strecken mit 17 vH Steigung 15 t-Walzen verwendet. Nac Beendigung der Oberflächenbehandlung hat man leichter 10 t-Walzen eingesetzt.

Teils weil der befahrene Untergrund sich als u günstig erwies, teils weil auch auf den Waldbestand Rüc sicht genommen werden mußte, um Windbruch zu ve meiden und den Baumbestand zu schonen, mußte die a gesteckte Strecke im Lauf des Baues mehrfach noch g ändert werden. Die Strecke sollte vollständig auf eigene Gemeindegebiet liegen und keine bestehenden Straßenzü benutzen. Durchaus neu angelegt, weist sie keine Kre zung, kein Einmünden andrer Straßen, keine anliegend Ortschaften oder Baulichkeiten auf. Sie ist ein Privatwe der sämtliche öffentlichen Verkehrswege über- oder unt führt. Da durchaus die Eigenheit der Landstraße gewah werden sollte, ist die Anlage nicht als eine schnelle Ren strecke mit stark überhöht ausgebauten Kurven und lang Geraden ausgeführt worden, sondern sie hat vielmehr ein gewundenen Kurs, der nicht weniger als 170 Kurven au weist, wobei nur eine ungefähr 3 km lange Geradstre auffällt. Die Verteilung der Kurven ist daher nicht gleic förmig. Am engsten liegen sie in km 22 bis 23 mit nic weniger als 13 Kehren.

Von dem Gedanken ausgehend, daß allzu enge Kurv mit kleinstem Krümmungshalbmesser — wegen der n wendig eintretenden Verlangsamung der Fahrt — nic die gleichen Schwierigkeiten bieten wie die Flachkurv

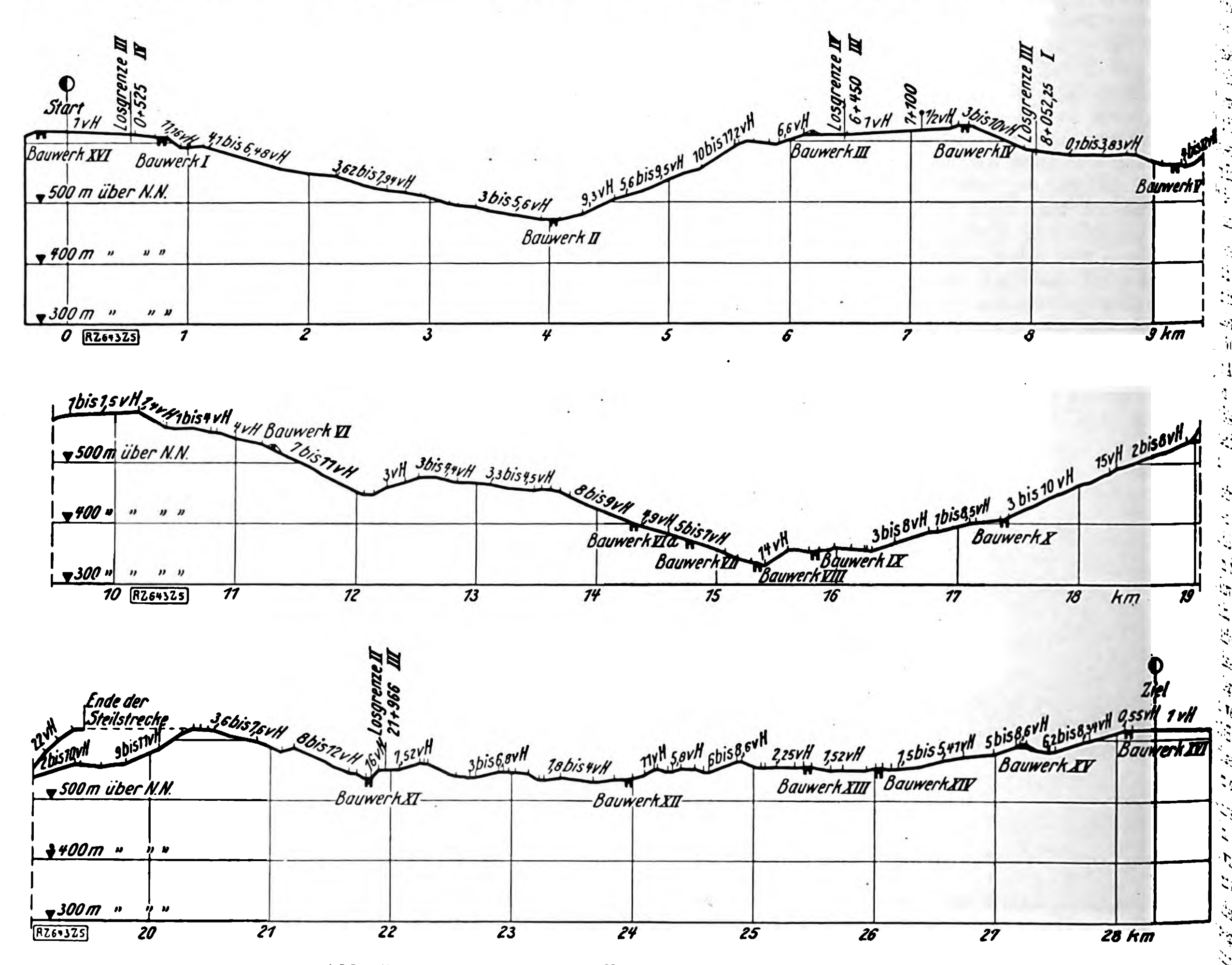


Abb. 5. Längenprofil der Prüfungsstraße „Nürburg-Ring“

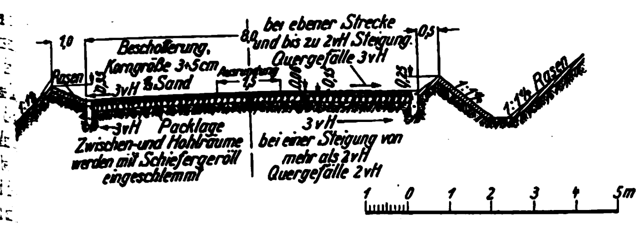


Abb. 6
Normaler Querschnitt des Nürburg-Ringes

hat man Haarnadelkurven, die um 180° wenden, vermieden. Der kleinste Krümmungshalbmesser ist 30 m und kommt nur bei drei Kurven vor. Bei elf Kurven ist er 35 bis 45 m, bei rd. 25 50 m, während die meisten als Flachkurven mit 150 bis 300 m Halbmesser ausgebaut worden sind. Wenn solche Kehren im Gefälle liegen, stellen sie sowohl den Eigenschaften des Wagens durch den auftretenden Seitendruck wie der Fahrkunst des Führers nicht allzu leichte Aufgaben.

Auch in den Gefällverhältnissen waren Grenzfälle zu berücksichtigen, Abb. 5. Die Steigungen sind so gewählt, daß zumeist 6 bis 12 vH Steigung und als Grenzfall 17 vH vorkommen. Da die Bahn nur in einer Richtung, im Uhrzeigersinn, befahren werden darf, ist Steigung und Gefälle fahrtechnisch nicht umkehrbar. Die Gefälle weisen Werte von 1 bis 12 vH auf. Insgesamt hat ein Wagen, der die Runde einmal zurücklegt, einen Höhenunterschied von 690 m zu überwinden. Um auch eine Prüfungsbahn zu schaffen, wie sie in bezug auf Steigung auf deutschen Straßen sonst nicht vorkommt, wurde bei km 19, am sogenannten Karussell, eine außerhalb der Fahrbahn benutzbare Steilstrecke eingebaut, die auf 450 m Länge eine Steigung von nicht weniger als 27 vH aufweist.

Das Querprofil der Straße, Abb. 6, wurde so gewählt, daß eine vorzügliche Entwässerung möglich wird, ohne daß die Straßendecke jene den Automobilisten recht unerwünschte Sattelung aufweist. Wir finden deshalb ein beiderseitiges Quergefälle, das 2 vH in den Strecken mit Steigungen und 2 bis 3 vH in den wagerechten Strecken mißt. Die Entwässerung wird dadurch gefördert, daß in ungefähr je 50 m Entfernung seitliche Sickerschlitze ausgespart wurden, die in den Abzugsgraben oder unmittelbar nach dem Abhang zu münden.

Die Straßenbreite beträgt wenigstens 8 m, an manchen Stellen ist sie auch breiter. An die Fahrbahn schließt sich noch ein 1 m breites Bankett an. Der eine Bahnast der beiden Parallelen an der Abfahrtstelle ist auf 20 m erweitert. In je 500 m Abständen sind Ausweichstellen als Material- oder Abstellplätze für haltende Wagen vorgesehen. An allen erforderlichen Punkten sind Fahrschutzdämme mit Böschungswinkel 1 : 1 errichtet worden, die wie die Straßendamm-Anschüttungen mit Stecklingen bepflanzt wurden.

Es wird oft gefragt, wie die Kurven in ihren Überhöhungsverhältnissen behandelt wurden. Diese Frage war damit entschieden, daß man den Nürburg-Ring nicht zu einer schnellen Straße im Sinne der gewöhnlichen Rennbahnen gestaltete. Die Kurven wurden deshalb im allgemeinen nur so viel überhöht, daß sie diesem Grundsatz und auch den neuzeitlichen Anforderungen des Landstraßenbaues entsprechen, also höchstens mit 10 bis 15 vH. Nur eine, im stärksten Gefälle liegende Flachkurve ist bis auf 20 vH überhöht worden, welches Maß sich nach der Innenseite zu auf etwa 5 vH vermindert. Entgegen der mancherorts geübten Gepflogenheit wurde hier davon abgesehen, Kurven zu pflastern oder zu betonieren.

Die Durchschnittsgeschwindigkeit, die beim ersten Rennen am 19. Juni von dem Sechsliter-Mercedeswagen Caracciolas erzielt wurde, betrug nahezu 96 km; vor dem Rennen wurde sie mit 85 bis 90 km geschätzt.

Bei den zahlreichen Über- und Unterführungen ist die Straßendecke so gelegt worden, daß keinerlei Unterbrechung oder Abstufung vorhanden ist. Die in Beton ausgeführten Brüstungen betonen in ihrer Form den belasteten Träger.

Die Festigung der Straßendecke

Die Festigung wurde jeweils nach einem der drei neuzeitlichen Hauptverfahren mit verschiedener Anwendung von Teer, Bitumen und Beton in eingehenden Beratungen des Großen Versuchsausschusses für den Nürburg-Ring bestimmt. Dieser Ausschuß setzt sich aus allen maßgebenden Behörden für den Straßenbau, aus einer Anzahl Wissenschaftler und Fachmänner des Straßenbaues sowie aus der Studiengesellschaft für Automobilstraßenbau zusammen. Der Versuchsausschuß wird weiterhin alle jene Fragen prüfen, die sich aus der Beobachtung der Wechselwirkung zwischen dem Kraftfahrzeug und der Straßendecke ergeben. Auch das Reichsverkehrsministerium hat den Nürburg-Ring als Versuchsstraße anerkannt.

Die Vielfältigkeit der angewandten Verfahren wird reiche Ausbeute an Erfahrungen ermöglichen. Die ganze Straße in Beton auszuführen, wäre dann möglich gewesen, wenn zwischen Herstellung des Straßenbettes und der Straßendecke so viel Zeitraum gelegen hätte, daß ersteres sich endgültig setzen konnte. Aus diesen und andern Gründen wurden daher nur die nahezu wagerechte Fläche des Start- und Zielplatzes und die Steilstrecke mit 27 vH Steigung in Beton ausgeführt.

Am Startplatze vor dem Zielhause beginnt die Bezeichnung der Strecke in Kilometern mit km 0, Abb. 7. Die beiden parallelen Äste der Straße sowie die benachbarten Nord- und Südschleifen sind nach der Rhoubenit- oder nach der Soliditit-Bauweise gebaut. Hierfür waren große Betonmischanlagen für 2000 m² Tagesleistungen aufgestellt. Der Soliditit-Stampfbeton wird unter Verwendung stark silikathaltigen Zementes aufgebracht, und zwar im Feld- und Überfeldverfahren, wobei die Stoßfugen mit Pappe verkleidet werden. Die Zusammensetzung dieses Betons schafft günstige Dehnungsverhältnisse für die bedeutenden Temperatureinflüssen ausgesetzte große Fläche. Die Dicke der Betonlage beträgt 20 cm.

Bei der Steilstrecke dagegen ist ein gemischtes Verfahren angewandt worden, indem man zuerst das Planum mit einer 20 cm dicken Unterdecke aus Beton überzogen und diese mit Solidititbetonplatten von $4 \times 35 \times 35$ cm³ abgedeckt hat. Diese Platten sind zur Vergrößerung der Adhäsion überdies noch gerillt. Selbstverständlich ist die Betonstrecke gleich der übrigen Straßendecke völlig staub- und kotfrei. Trotz verschiedener Bauweisen für die Deckenbefestigung ist die Körnung der obersten Splittschicht, die das Ganze als Straßenhaut überzieht, überall die gleiche.

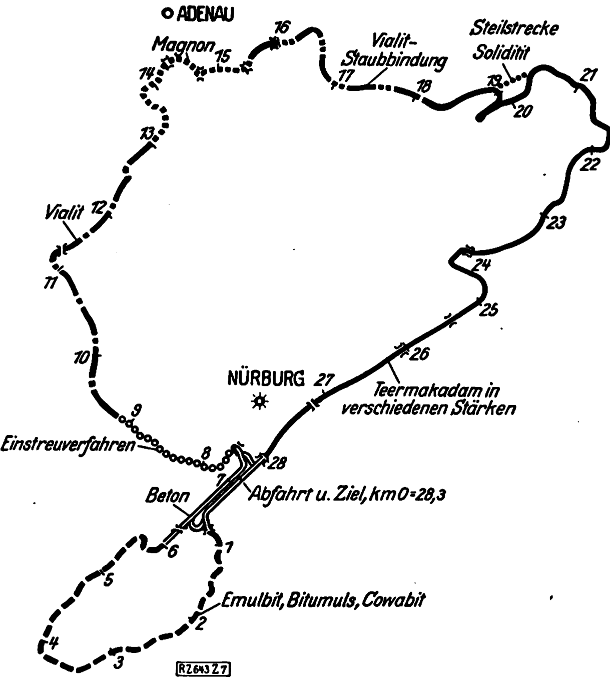


Abb. 7
Streckenplan und Deckenbehandlung

Damit ist ein fast einheitliches Bild der Straßendecke erzielt, was fahrtechnisch zu begrüßen ist.

Die kleine Südschleife ist mit Bitumen in drei Emulsionsverfahren: Emulbit, Bitumuls und Cowabit, behandelt worden. Mittels Oberflächensprengung hat man 4 kg/m² Emulbit aufgetragen. Das zweite Erzeugnis Bitumuls ist teils durch Tränken mit 8 kg/m², teils durch Sprengen mit 5,5 kg/m² aufgebracht worden. Schließlich wurden noch zwei Tränkungen mit 8 kg/m² Cowabit ausgeführt. Emulsionen von Bitumen in Wasser zerlegen sich, sobald sie in das Deckmaterial dringen, indem das Wasser abgestoßen wird und das Bitumen oder bei Teeremulsionen der Teer die Decklage verkitten. Diese Emulsionen werden auf kaltem Wege durch geeignete Maschinen, Spritzapparate oder Kannen auf die getrocknete und sauber behandelte Schotterdecke aufgebracht. Die Leitungen und Düsen sind nur ausnahmsweise, um ein leichteres Fließen zu erzielen, erwärmt worden. Auf diese Weise verwandelt sich die Decke 6 bis 8 cm tief in eine wasserundurchlässige gekittete Schicht.

Bei km 7,8 fängt ein andres Verfahren an, wobei Essener Asphalt eingestreut worden ist. Bei dieser Art des Deckenbaues wird Hochofenschlacke — die feinkörnig gemahlen, geteert und mit Bitumenzusatz versehen ist — in einer Menge von rd. 50 kg/m² in die ungewalzte obere Schotterschicht eingebracht und in die Fugen eingefegt. Dann erst wird der Baustoff bei fortgesetztem Einstreuen festgewalzt. Dieses Einstreuverfahren ist bis km 9 durchgeführt. Von km 9 bis 13 ist eine neue Emulsion, der Vialit E, gebraucht worden. Im Gegensatz zu Vialit ohne Bezeichnung, wobei Teer vorherrscht, wird diese Bitumenemulsion zum Tränken und Sprengen verwendet. Nach der zweifachen Tränkung mit 8 kg/m² wird eine dünne Splittschicht aufgestreut, die durch den Straßenverkehr eingedrückt, der Decke ein asphaltartiges Aussehen verleiht. Die beiden benachbarten Kilometer sind mit Magnon, einer Teersuspension, behandelt. Auch hierbei wird bei Tränkung 8 kg/m² zugemessen. Von km 15 bis 18 ist wiederum Vialit in reiner Oberflächenbehandlung, Staubbindung durch eine an Teer reichere Emulsion mit 3 kg/m², verwendet worden.

Anschließend folgt das längste einheitlich behandelte Stück des Ringes, die von km 18 bis 28 reichende Teermakadam-Strecke. Auch dies ist ein Kaltverfahren, wobei die in eigenen Anlagen geteerten Schottermengen zur Arbeitstelle geschafft und dort als Decke in zwei Schichten je nach Örtlichkeit 3 bis 7 cm dick ausgebreitet worden sind. Hierbei wird der Basaltschotter zunächst getrocknet, dann in geeigneten Apparaten geteert und auf die profilmäßig ausgeglichene Packlage oder auf die Schotterdecke in den genannten Dicken aufgebracht. Ein heißer Teeranstrich dient dazu, nach dem Walzen die Poren vollkommen abzudichten. Auch hier hat man mit feinem Basaltsplitt zum Schlusse das Aussehen des gesamten Straßenzuges gewahrt. Der Teermakadam aus einheimischem Baustoff, der einen so großen Teil der Decke bildet, hat sich, wie die Erfahrungen des ersten Rennens zeigten, auch hier vortrefflich gehalten, sowie überhaupt diese neueste Automobilstraße in ihrer Ausführung nicht enttäuscht hat.

Technische Einrichtungen und Baulichkeiten

Bei der Abfahrt und dem Ziel auf der in 616 m Höhe liegenden Hochebene befinden sich das Zielhaus, das in Beton ausgeführte Ersatzteillager für Rennwagen, ein in Beton und Eisenkonstruktion errichtetes Rennfahrerlager mit Einstellräumen, die Tribünen und Wirtschaftsräume, eine Ausstellungshalle, eine große Tankanlage mit über 40 000 l Brennstoffinhalt, ein Hochbehälter für Wasserbeschaffung mit Pumpen- und Kläranlagen. Von den beiden Unterführungen unter den Rennstrecken dient die eine für den Personenverkehr, die andre als Anfahrt zum Startplatz. In der Umgebung dieses 20 000 m² großen Hauptplatzes sind fünf Wagenparkstellen für die Besucher vorgesehen.

Ein um das ganze Streckengebiet in Erdkabeln verlegtes Telephonnetz verbindet die zehn Hauptbeobachter der Strecke, die mit den Sanitätsposten in eignen Holzhäuschen untergebracht sind, sowie die 45 Hilfsbeobachter, in je 500 m Entfernung aufgestellt, mit dem Zielplatz. Mittels Lautsprecheranlagen, Zeittafeln, Rundenanzeiger und Vormeldetafel werden die Wettfahrtergebnisse mitgeteilt. Präzisionsapparate für den Zeitnehmerdienst befinden sich auf der Plattform des Zielhauses.

Das Ganze ist unter Berücksichtigung der neuesten Erfahrungen in Zusammenarbeit mit berufenen Fachleuten entstanden; damit ist für das gesamte Kraftfahrwesen ein Werk deutscher Tatkraft geschaffen worden, das nach dem Ausspruche eines namhaften fremden Fachmannes seinesgleichen in der Welt nicht hat! [B 643]

Kohlenstaubfeuerung für Schiffe

Nachdem man in Amerika auf der Staatswerft Navy League Island in Philadelphia reichlich ein Jahr lang Versuche mit Kohlenstaubfeuerungen für Schiffe gemacht hat, wird jetzt berichtet, daß die dabei verwendeten Apparate eine einwandfreie Verbrennung in schottischen Schiffszylinderkesseln mit normalem Feuerungsraum erzielt haben. Die außerordentliche Beachtung, die man in Amerika der Durchbildung der Kohlenstaubfeuerung entgegenbringt, geht daraus hervor, daß die Versuche mit Unterstützung der Marine, des Shipping Board und des Bureau of Mines durchgeführt wurden. Anfänglich wurden die Anlagen von drei verschiedenen Firmen erprobt, bei den letzten Versuchen, die in Gegenwart eines Vertreters der American Steamship Owners Association gemacht wurden, wurde nur noch die mit einer besonderen Luftwirbelung arbeitende Feuerung der Peabody Engineering Co. benutzt. Als Kohlenstaubmühle wurde die der Kennedy Co. ausgewählt.

Bei den Versuchen, die Anfang Juni gemacht wurden, stellte sich der Wirkungsgrad der Kesselanlage über 80 vH. Die Länge der Kohlenstaubflammen konnte auf 2,44 m beschränkt werden, was der Länge der Verbrennungsräume auf Schiffen etwa entspricht. Man verwendete bituminöse Kohlen verschiedenster Güte, darunter minderwertige Abfallkohlen. Die Anlage soll noch zwei Wochen im Dauerbetrieb erprobt werden und dann in ein Schiff der Federal-Klasse eingebaut werden. Da die Schiffe dieser Klasse teils Öl, teils Kohlenfeuerung haben, wird es möglich sein, einen Kostenvergleich mit andren Brennstoffen zu erhalten. („Nautical Gazette“, New York, 4. Juni 1927 S. 623 und 18. Juni 1927 S. 688; Marine Journal, New York, 1. Juni 1927)

[N 662] C.

30. Hauptversammlung des Deutschen Betonvereins

Zu dem Bericht in Z. Nr. 24 S. 865 teilt uns Prof. Dr Mautner, Düsseldorf, hinsichtlich seines Vortrages über „Lagerungsverhältnisse von Bauwerken im Bergbau-Senkungsgebiet“ folgendes mit:

„Die von mir gewählte Flächenlagerung eines Wasserbehälters im Bergbau-Senkungsgebiet erforderte keinen unverhältnismäßig großen Baustoffaufwand. Es ist beim Vergleich der Entwürfe einwandfrei festgestellt worden, daß der Baustoffaufwand bei der Dreipunktlagerung ebenso groß wie bei der von mir gewählten Flächenlagerung ist.

Was die bezweifelte Größe der wagerechten Kräfte, die ich mit dem vollen Wert der Reibungskraft einsetzte, anbelangt, so habe ich gelegentlich eines Vortrages auf der 25. Hauptversammlung des Deutschen Beton-Vereins 192[illegible] an einer Ausführung, die die von mir angewandten Grundsätze nur unvollkommen berücksichtigte, gezeigt, daß größere Schäden durch Zerrungen und Pressungen aufgetreten sind, die hätten vermieden werden können, wenn die von mir angegebenen Grundsätze befolgt und namentlich die Reibungskräfte für die Bemessung der wagerechten Beanspruchungen voll eingesetzt worden wären.

Im übrigen sind die Schwierigkeiten der Dreipunktlagerung doch kaum als überwindbar anzusehen, weil Senkungen festgestellt sind, die im Monat bis zu 80 mm betrugen und bisher seit Beendigung des Baues 200 mm überschritten, und Aufwölbungen des Geländes durch Pressungen der Bauwerksohle von 300 mm Höhe auf 2 m Länge entstanden sind.“

[N 660]

Fachsitzung „Dampftechnik“

gelegentlich der 66. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure, Mannheim-Heidelberg 1927.

Die Fachsitzung fand am 30. Mai unter großer Beteiligung statt. Nach einer kurzen Ansprache an die Erschienenen und einem Überblick über die in Aussicht genommene Tagesordnung der Sitzung, hielt der Vorsitzende Prof. Eberle, Darmstadt, den ersten Vortrag[1]):

Kupplung von Kraft- und Heizwerken.

Im Anschluß an seinen früheren Vortrag über den Einfluß des Hochdruckdampfes auf industrielle Dampfanlagen, Z. Bd. 68 (1924) S. 1009, berichtete der Redner über einige Heizkraftwerke, die in der Zwischenzeit in Betrieb gekommen sind: Ein Textilwerk, das 40 bis 50 t/h Dampf und rd. 3000 kW Energie verbraucht, hat bisher 80 vH der Energie aus dem Überlandnetz bezogen und den Dampf in mehreren getrennten Kesselanlagen erzeugt. Zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit wurden in einem als Kraftwerk ausgebauten Teil einige Kessel für 20 at Druck und eine Gegendruckturbine für 1200 kW aufgestellt. Diese verbraucht bei voller Belastung rd. 18 t/h Dampf, der mit 4 at abs ins Heiznetz abströmt. Zur Zeit werden weitere Kessel für 35 at und eine zweite Gegendruckturbine aufgestellt, die 2000 kW bei 4 at Gegendruck leistet. Nach Fertigstellung dieser Anlage wird das Werk sich selbst mit Strom versorgen, so daß die frühere Ausgabe von über 400 000 ℳ jährlich entfällt, und da infolge der Drucksteigerung auch die Wärmeausnutzung um etwa 20 vH günstiger ist, so wird auch entsprechend an Kohlen gespart werden.

Ein wesentlich kleineres Textilwerk mit ähnlichen Arbeitsverhältnissen, Dampfverbrauch rd. 10 t/h, Kraftbedarf rd. 500 kW, hatte bisher zwei Dampfkesselanlagen in 800 m Abstand voneinander. Eine neu errichtete Kesselanlage für 20 at und eine Turbodynamo mit 4 at Gegendruck versorgen nun das Werk. Die erforderliche Kraft ist stets verfügbar, und im Winter ist noch ein bedeutender Überschuß an Dampf vorhanden, womit man Kraft erzeugen könnte. Die jährliche Ersparnis an Strom- und Kohlenkosten dürfte rd. 100 000 ℳ betragen.

Ein Textilwerk mit rd. 15 t/h Dampfverbrauch und 1000 kW Kraftbedarf sollte in der gleichen Weise versorgt werden. Als Heizdruck kamen 3 at in Betracht, der Kesseldruck beträgt nur 15 at. Bei dem verhältnismäßig geringen Dampfverbrauch, der im Sommer noch wesentlich abnimmt, konnte auf die notwendige Kraft nur dann gerechnet werden, wenn man den Gegendruck verminderte. Eine zweistufige Dampfturbine speist daher aus der ersten Stufe das Heiznetz mit Dampf von 3 at, während der Abdampf von 1 at der zweiten Stufe zur Warmwasserbereitung dient. Ein Warmwasserspeicher von 160 m³ Inhalt gleicht die Schwankungen des Kraft- und Wärmebedarfes aus.

Ein Textilwerk hat als Ersatz für drei Dampfkesselanlagen von rd. 30 t/h Gesamtdampfleistung und eine Kondensations-Dampfmaschine von 500 kW eine Kesselanlage für 20 at errichtet, die über eine 160 m lange Leitung eine Zwillings-Kolbenmaschine von 2000 kW speist. Die Maschine gibt Dampf von 4 at an das weitverzweigte Heiznetz der Fabrik ab und verarbeitet nicht mehr Dampf, als für Heizzwecke gebraucht wird; die Kraft wird, soweit sie nicht der Betrieb verbraucht, an ein Überlandnetz abgegeben. Seit etwa zwei Jahren ist infolgedessen der Kohlenverbrauch des Werkes auf wenig über die Hälfte des früheren zurückgegangen. Außerdem deckt der Stromverkauf fast ein Drittel der Kohlenkosten.

Wichtig für derartige Anlagen sind möglichst niedriger Gegendruck, ferner Warmwasserspeicher, die auch für die Fabrikation notwendig sind, zum Ausgleich der Schwankungen im Kraft- und Wärmeverbrauch.

Die Wirtschaftlichkeit der Fernheizwerke zur Versorgung großer Stadtgebiete wird bedeutend verbessert, wenn man sich nicht auf Raumheizung beschränkt, sondern auch Fabriken mit Heizdampf beliefert. Die Schaffung günstig gelegener Blockkraftwerke unter Mitwirkung der öffentlichen Elektrizitätswerke zur Versorgung umliegender Fabriken und eines entsprechenden Stadtgebietes ist der aussichtsreichste Weg für die wirtschaftliche Nutzbarmachung des gekuppelten Kraft- und Heizwerks.

Dipl.-Ing. H. Uihlein teilt mit, er habe in den Industrien der Braunkohlenbriketts, des Sulfitzellstoffs, des Sulfitsprits, des Zuckers und des Hausbrandes, die zusammen nur rd. 8 vH des gesamten deutschen Steinkohlenbedarfs verbrauchen, etwa 25 kleinere und größere Betriebe gefunden, die mit Erfolg längere Zeit Überschußenergie an das Überlandwerk oder unmittelbar an andre Fabrikbetriebe abgeben. Eine Zusammenstellung dieser Betriebe wird im „Archiv für Wärmewirtschaft“ veröffentlicht werden. Unter anderen habe die Vereinigte Bergbau A.-G. „Ilse“ 6 Gruben mit 20 000 kW durch eine Hochspannungsleitung von 800 km vereinigt, die 300 Ortschaften versorgt. Die Fortuna- und die Beißels-Grube im Rheinlande liefern Strom an das Großkraftwerk Fortuna. Bekannt[2]) ist ferner, daß die Zuckerfabrik Grusbach, Rohrbach-Nestomitz, Überschußstrom an die Überlandwerknetze der Westmährischen Elektrizitäts-Gesellschaft Brünn und des Kraftwerkes Türmitz liefern.

Aus Abb. 1 und 2 ist zu ersehen, daß sich der Energiebezug ohne Störung in das Belastungsdiagramm der betreffenden Werke einpaßt, trotzdem die Energie nur während der wenigen Monate der Kampagne geliefert wird, weil sie gerade die Winterspitzen übernehmen kann. Infolgedessen hält sich z. B. die Höchstlast des Kraftwerkes Türmitz für das ganze Jahr ziemlich gleichmäßig auf 17 000 kW.

Daß sich der Gewinn aus der Verwertung der Überschußenergie lohnt, ergibt die Überlegung, daß es sich bei Heranziehung aller hierfür geeigneten Betriebe um 2,8 Milliarden kWh handelt, etwa das Doppelte der Jahreserzeugung aller reinen Wasserkraftwerke, fast genau so viel, wie die Jahreserzeugung aller Steinkohlen-Kraftwerke und 78 vH der Jahreserzeugung aller Braunkohlen-Kraftwerke Deutschlands.

[1]) Der Vortrag wird im „Archiv für Wärmewirtschaft“ veröffentlicht.

[2]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 861.

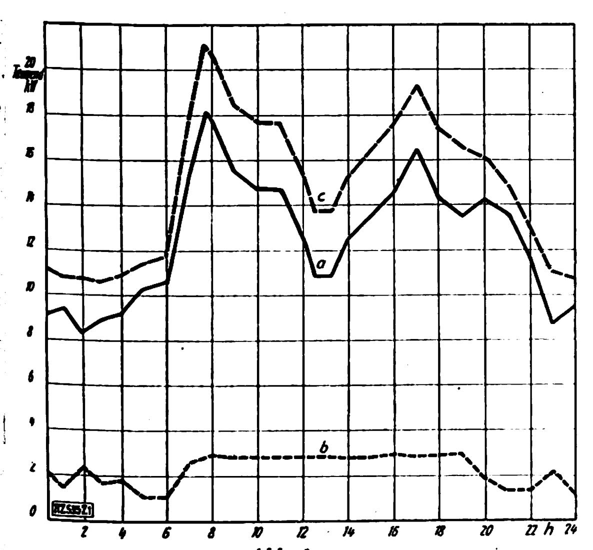


Abb. 1
Zuckerfabrik Nestomitz (normaler Werktag)
a Krafterzeugung im Kraftwerk Türmitz
b Energiebezug von der Zuckerraffinerie
c Gesamtkraftbedarf

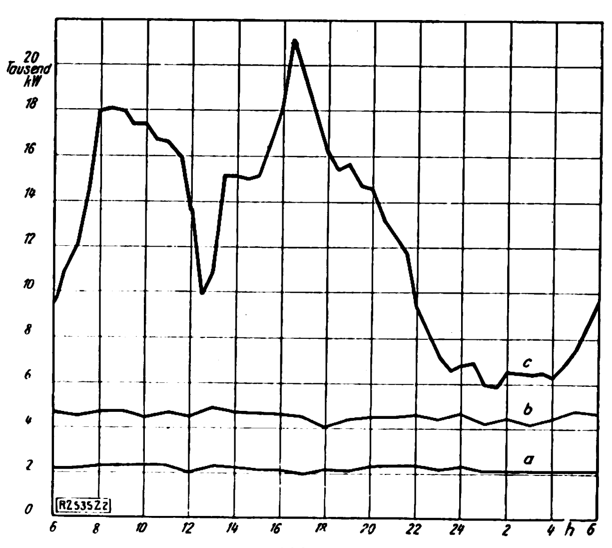


Abb. 2
Zuckerfabrik Grusbach in Rohrbach
a Lieferung von Zuckerfabrik I
b „ „ „ II
c Netzbelastung



Die Gestehungskosten elektrischer Energie betragen heute bei Dampfanlagen mit Gegendruck 1,5 bis 2,4 ₰/kWh, gegenüber 3,5 bei Kondensationsanlagen und 3,4 ₰/kWh bei Wasserkraftanlagen. Hier entsteht auch die Frage, ob man bei neu zu errichtenden Gegendruck-Kraftanlagen die Kraft mit den ganzen Kosten des Kapitaldienstes oder nur mit den Kosten der Kraftmaschinen und den Mehrkosten der Kessel wegen des höheren Anfangsdruckes belasten soll. Die Anlagekosten zur Gewinnung der 2,8 Milliarden kWh Überschußenergie würden bei Gegendruckanlagen um 125 bis 165 Mill. ℳ weniger betragen als die von entsprechenden Kondensationskraftwerken und um rd. 1,17 Milliarden weniger als die von Wasserkraftwerken. Redner regte noch einmal an, durch Vermittlung unabhängiger Vereinigungen zuverlässige Angaben zu sammeln, um für jedes Industriegebiet den Verlauf des gesamten Kraft- und Wärmeverbrauches und daraus die bei Steigerung des Anfangsdruckes auf z. B. 40 at gewinnbare Überschußenergie zu ermitteln.

Dr.-Ing. Marguerre machte darauf aufmerksam, daß das vom Vortragenden gewählte Beispiel wegen der kurzen Benutzungsdauer einen unrichtigen Eindruck von der Wirtschaftlichkeit des hohen Druckes ergeben könne. 2000 Stunden Ausnutzung im Jahr seien wohl für ein Heizwerk für Gebäude und Wohnungen angebracht; für ein öffentliches Heizwerk, das im Tag- und Nachtbetrieb auch an die Industrie Dampf abgibt, kommt eine wesentlich höhere Benutzungsdauer in Frage. Dann verschiebt sich das Bild zugunsten der höheren Drücke.

Beim Vergleich zwischen eigener Krafterzeugung mit Abdampfverwertung und Bezug von Fremdstrom betrug früher der Unterschied im Kohlenverbrauch rd. 0,85 kg/kWh, weil das Elektrizitätswerk rd. 1 kg/kWh brauchte und der Mehrbedarf der Fabrik über die für Heizzwecke aufzuwendende Kohle hinaus 0,15 kg/kWh betrug. Heute kann man in neuzeitlichen Kraftwerken mit einem Kohlenverbrauch von 0,5 kg/kWh rechnen, was den möglichen Gewinn durch die Kupplung auf 0,35 kg/kWh herabgemindert hat. Die Aussichten der Kupplung von Heiz- und Elektrizitätswerken haben sich daher allgemein etwas verschlechtert. Die Kupplung wird sich immer auf besonders günstige Fälle beschränken müssen, da die Kosten von Übertragungsleitungen sehr hoch sind.

Die Frage der Anlagekosten, die über die Verwendung der höheren Drücke entscheidet, liegt ganz verschieden bei Gegendruckwerken und bei Kondensationsanlagen. Bei Betrieb mit Gegendruck muß man, um eine gewisse Menge an Dampf oder Wärme zu erzeugen, eine gewisse Menge Kohle verfeuern; infolgedessen steigen die Anlagekosten mit zunehmendem Kesseldruck erheblich. Kraftanlagen dagegen müssen eine bestimmte Anzahl von Kilowatt liefern, verbrauchen also bei höherem Kesseldruck und damit zunehmender Wirtschaftlichkeit weniger Kohlen. Das bedingt Ersparnisse in den Anlagekosten, die bei Gegendruckbetrieb nicht eintreten.

Vergleicht man die Kosten von Kesseln gleicher Heizfläche oder gleichen Kohlenverbrauchs allein, so nehmen mit dem Druck allerdings die Anlagekosten stark zu. Für die ganze Anlage von gegebener Leistung sieht die Sache aber anders aus. Zunächst hat der Dampf aus einem Kessel für 100 at rd. 15 vH mehr Arbeitsvermögen als der Dampf aus einem Kessel für 30 bis 35 at von gleicher Heizfläche, besonders wenn man die bei höherem Druck zulässige höhere Überhitzung anwendet. Auf gleiche Leistung bezogen, kann daher der Kessel für 100 at um 15 vH kleiner sein; auch die Kohlenstaubanlage und das Kesselhaus, ferner die Dampfmenge und damit die Kondensationsanlage werden kleiner, ebenso die Kosten für Wasserbeschaffung, die Bunker, die Kohlenförderanlage, der Kohlenplatz usw. Berücksichtigt man den verhältnismäßig nicht sehr großen Anteil der Kesselkosten an den Gesamtkosten einer solchen Anlage, so findet man, daß die Gesamtkosten gegenüber der Anlage für 35 at bei gleicher Leistung nur um wenige Hundertteile vermehrt werden.

Diese Feststellung stützt sich nicht nur auf Angebote. Die Anlage in Boston[3]) für 85 at, die seit 1½ Jahren in Betrieb steht, ist vor kurzer Zeit wesentlich erweitert worden, da sie nicht mehr kostet als die 20 at-Anlage. Bei einer Anlage für 100 at in Milwaukee hat sich ein Mehrpreis für 1 kW Leistung von rd. 6 vH gegenüber der alten 20 at-Anlage ergeben, obschon sie eine Erstausführung war.

Sind die Anlagekosten nicht wesentlich höher, so liegen die Voraussetzungen für die Anwendung höchster Drücke ganz anders als man bisher angenommen hat, und es ist dann nur eine Frage der Betriebsicherheit und der Überwindung technischer Schwierigkeiten, die sich bei 100 at ergeben können, ob der hohe Druck zu wählen ist.

[3]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 990.

Das Gesagte gilt allerdings nur für große Anlagen; es hat keinen Zweck, Anlagen mit 50 t/h Dampfverbrauch für 100 at auszubauen oder zu errichten, es sei denn, daß man Kolbenmaschinen in Aussicht nimmt.

Auf Grund dieser Erwägungen hat das Großkraftwerk Mannheim eine 100 at-Anlage für 30 000 kW Leistung in Angriff genommen.

Dir. O. Hartmann bemerkte, die Angabe im Vortrag, der Gewinn nehme verhältnismäßig bei höherem Gegendruck und bei höherem Anfangsdruck ab, treffe nur dann zu, wenn man auch bei höheren Drücken mit 400° Dampftemperatur rechnet. Bei Niederdruck sei aber diese Temperatur gefährlich, bei hohem Druck könne sie ohne Schaden für die Überhitzer gesteigert werden. Aus dem Vortrage sei ferner nicht zu ersehen, welche Kesselpreise eingesetzt wurden; die Wirtschaftlichkeit einer Hochdruckanlage hänge bekanntlich von den Kosten der Kessel- und Maschinenanlage mit in erster Linie ab. Eine Kolbenmaschine, die nur die über den üblichen Drücken liegenden Drücke ausnütze, müsse billiger sein, als eine Maschine für gewöhnliche Betriebsdrücke, da der Hochdruckdampf kleinere Arbeitsräume brauche. Das treffe auch für Dampfturbinen zu. Die Schaffung billiger Hochdruckkessel sei ebenfalls im Gange. Auch bei kleinen Leistungen sei die Eignung des Hochdruckdampfes gegeben, da die Kosten der Maschine und des Kessels nicht höher zu sein brauchen als bei gewöhnlichen Drücken.

Dr.-Ing. Deinlein erinnerte daran, daß Prof. Eberle vor 25 Jahren als damaliger Oberingenieur der wirtschaftlichen Abteilung des Bayerischen Revisionsvereins in dessen Zeitschrift gezeigt habe, welche wirtschaftlichen Vorteile durch die Verwendung von Maschinenabdampf für die Dampfkochung in Bierbrauereien erreicht werden, und gleichzeitig die technische Lösung für solche Fälle gegeben habe, wo das Heizdampfbedürfnis kleiner als die anfallende Dampfmenge ist. Er habe damit zum erstenmal die sogenannte „Zwischendampfentnahme“ gekennzeichnet, die man in neuerer Zeit auch „Anzapfung“ nennt. Die Pschorr-Brauerei in München sei damals den Anregungen Eberles gefolgt und habe es vertrauensvoll gewagt, eine solche Anlage zu erbauen. Die Neuerung habe sich vollauf bewährt und Anlaß zu ähnlichen Bauten, zunächst allerdings nur in Bierbrauereien, gegeben. Aber das Verfahren der Anzapfung von Dampfmaschinen habe sich im Anschluß daran auch in einer Reihe anderer Industrien verwirklichen lassen und sei nunmehr Gemeingut der Technik der Wärmewirtschaft geworden. Eberle sei mehr oder weniger als Vater des Gedankens der Abdampfverwertung anzusehen.

Prof. Eberle erwiderte auf die Ausführungen von Dr.-Ing. Marguerre, daß er nicht mit 2000, sondern mit 2700 jährlichen Betriebstunden gerechnet habe. Er ist der Ansicht, daß diese Betriebsdauer, die einem Benutzungsfaktor 0,31 entspricht, auch in Großkraftwerken nicht überschritten werde. Heizkraftwerke werde man natürlich nur bauen, wenn die Verhältnisse einen wirtschaftlichen Erfolg erwarten lassen; die Möglichkeiten hierfür seien aber zahlreicher als vielfach angenommen werde.

Als nächster Redner hielt Prof. Dr. Thum, Darmstadt, den Vortrag

„Die Werkstoffe im heutigen Dampfturbinenbau“,

der in Z. Bd. 71 (1927) S. 753 erschienen ist.

Dr. Sipp: Dem Vortrag konnte der Eisengießer mit Genugtuung entnehmen, daß das unter der Bezeichnung „Perlitguß“ allgemein bekannt gewordene, verbesserte Gußeisen den steigenden Ansprüchen im Turbinenbau genügt. Als Kennzeichen des neuen Werkstoffes wurden genannt: gleichmäßiges Perlitgefüge ohne Ferrit, Graphit in feiner Verteilung, bei 2,5 bis 3 vH C und bis 2 vH Si. Während früher im Turbinenbau verwendete Zylindergußeisen allgemein auf Grund seiner physikalischen Eigenschaften, nämlich Bruch-, Biegefestigkeit und Durchbiegung, beurteilt wurde, tritt bei dem neuen Gußeisen das Gefüge als Maßstab für die Beurteilung in den Vordergrund. Damit wird der Forderung entsprochen, die der Redner schon 1921 in der Hauptversammlung des Vereines deutscher Eisengießereien aufgestellt hat.

Wie schon der Vortragende sagte, zeigte das für Turbinen verwendete Zylindereisen die unangenehme Erscheinung des Wachsens. Das Wachsen des Gußeisens ist nach dem heutigen Stande der Wissenschaft[4]) auf zwei Ursachen zurückzuführen: die Umformung des gebundenen Kohlenstoffs in graphitische Form und die besonders bei überhitztem Dampf auftretende Oxydation.

Die Umformung des gebundenen Kohlenstoffs in Graphit wird in erster Linie durch Si hervorgerufen, in weit

[4]) Vergl. „Gießerei-Zeitung“ Bd. 24 (1927), S. 229.



ringerem Maße durch C selbst. Voraussetzung für die Wirkung der Oxydation ist das Netzwerk des Graphits, und je gröber und reicher dieses ist, desto leichter kann die Oxydation fortschreiten. Nach Untersuchungen von Morschel[5]) ist die Sättigungsgrenze des Perlits an C um so niedriger, je höher Si ist. Da jedoch, wenn der gebundene Kohlenstoff nur in Perlitform vorhanden ist, der übrige Kohlenstoff in Graphitform vorhanden sein muß, so ergibt das die Forderungen:

1. Der Gehalt an Si soll mit Rücksicht auf die Umformung des gebundenen Kohlenstoffs in Graphit und mit Rücksicht darauf, daß der Graphitgehalt möglichst niedrig und der im Perlit gebundene Kohlenstoff möglichst hoch sein soll, niedrig sein.
2. Ebenso soll der Gesamtgehalt an Kohlenstoff so niedrig sein, wie es mit Rücksicht auf die Festigkeitseigenschaften möglich ist.

Nach dem Stande der Gießereitechnik werden die günstigsten Festigkeitseigenschaften bei etwa 3 vH C erreicht. Ein für den Turbinenbau geeignetes Gußeisen muß demnach etwa 3 vH C und möglichst weniger als 1 vH Si enthalten.

Es ist dringend erforderlich, daß sich unsere Konstrukteure ohne Säumen mit dem Wesen des Perlitgußeisens vertraut machen und es überall da anwenden, wo es Vorteile verspricht. Dabei muß aber beachtet werden, daß ein Edelguß, wie ihn der Perlitguß darstellt, höhere Erzeugungskosten bedingt und deshalb auch ein höherer Preis gerechtfertigt ist.

Bei dieser Gelegenheit sei noch richtig gestellt, daß der erste Perlitguß nicht aus dem Elektroofen, sondern aus Kuppelöfen gegossen worden ist[6]).

Dipl.-Ing. Meyersberg machte darauf aufmerksam, daß die Erkenntnis der großen Bedeutung des Perlitgefüges für die Festigkeits- und anderen Eigenschaften des Gußeisens, ferner die erste planmäßige Erzeugung von Perlitguß aus Mannheim stammen. Neben vielen anderen Erfindungen, die die Stadt Mannheim der Technik geschenkt hat, dürfte die Erfindung des Perlitgusses nicht die geringste sein.

Dr.-Ing. S. Kießkalt: Bei einer Turbinenölfüllung ist in der Regel zum Ausgleich der abgezogenen Mengen von Ölschlamm, Emulsion und Wasser monatlich ein Zusatz von rd. 6 g/kW, bezogen auf die Nennleistung, notwendig. Hat die Füllung mehrere Jahre gehalten und muß sie dann vollkommen erneuert werden, so kommt man im Monat auf einen Ölverbrauch von 35 bis höchstens 45 g/kW, also wesentlich weniger als bei Kolbenmaschinen. Dieser Verbrauch ist so gering, daß es ein Fehler wäre, zur Erzielung hoher Lebensdauer der Ölfüllung die Maschine aufs Spiel zu setzen.

Die neueren Erkenntnisse der Lagerreibung haben sich noch unvollkommen in der Praxis durchgesetzt; man findet noch immer Kämme in Drucklagern und Schmiernuten in Querlagern. Diese Fehler führen zu örtlichen Überhitzungen, unter Umständen auf über 100 °, die zwar kein Auslaufen oder Fressen verursachen, aber das Öl stark beanspruchen. Ferner wird das Öl verdorben, wenn es aus dem Regler an der Hauptventilspindel herunterläuft und dort überhitzt und vielleicht verkokt wird. Dieses Lecköl darf niemals in den Ölkreislauf zurückgeführt werden.

Daß Kühler und Labyrinthe kein Wasser in das Öl eintreten lassen sollen, ist selbstverständlich; ebenso selbstverständlich sollte sein, daß man das Öl in der Turbine sorgfältig davor hütet, daß es mit verseifbaren pflanzlichen oder tierischen Stoffen zusammenkommt. Gute Turbinenöle sollen nichts Verseifbares enthalten. Trotzdem werden oft die Ölbehälter mit Mennige oder Lack gestrichen; da es anscheinend keinen öl- und wärmebeständigen Eisenanstrich gibt, empfiehlt z. B. die Rhenania-Ossag, die Behälter überhaupt nicht zu streichen.

Gefährlich für Turbinenöle sind ferner die Lagerströme in den Stromerzeugern, auf die zuerst Lasche mit Nachdruck hingewiesen hat. Lagerströme verändern das Öl in der dünnen Schmierschicht namentlich in Gegenwart von Wasser und Lack. Dabei entstehen hoch polymerisierte und oxydierte Stoffe, die die Emulsion fördern.

Dir. Ad. Mayer: Im Werk Langerbrugge[7]), das nun mehr als 1½ Jahre mit Dampf von 55 at und 425 bis 450 ° arbeitet, haben sich nur wenig Anstände mit den Baustoffen ergeben. Eine Überraschung war anfangs, daß die Dampftemperatur statt 425 ° am Einlaßventil der Maschine, wie beabsichtigt war, 590 ° betrug, wobei in den Überhitzerröhren wohl Temperaturen von 650 ° oder mehr geherrscht haben mögen.

Im Gegensatz zu den Ergebnissen der bei niedrigerem Druck ausgeführten Versuche von Prof. Hirshfeld, Detroit, wonach die Überhitzerrohre bei solchen Temperaturen sehr schnell abbrennen sollen, haben sich die Überhitzerröhren in Langerbrugge sehr gut gehalten. Seit Betriebsanfang sind nur zwei Rohre ausgewechselt worden, in denen kein ausreichender Dampfumlauf herrschte, und zwar in den ersten 14 Tagen; dies, obschon man für die Rohre gewöhnliches Schmiedeisen verwendet hatte, weil man nicht wußte, wie sich die verschiedenen Baustoffe bewähren würden, und deshalb den billigsten wählte.

Die Turbine arbeitete mit 590 ° am Einlaßventil, wobei das Gehäuse rotwarm war, ohne Anstand. Das ist wohl darauf zurückzuführen, daß man zum Schutz gegen allfälliges Überschreiten der Überhitzung zwischen Turbine und Lager eine Wasserstopfbüchse angeordnet hatte. Diese Wasserstopfbüchse verhindert auch die Präzessionsbewegungen der fliegenden Räder der Turbine, die mit 8000 Uml./min überkritisch laufen.

Auch die Einlaßventile haben nicht die Schwierigkeiten bereitet, die man erwartet hatte. Es war damals bekannt, daß in einer englischen Anlage bei rd. 30 at Überdruck die Ventile an den Kesseln, wenn sie einmal abgeblasen hatten, nicht mehr dicht schlossen, weil die Sitze weggefressen waren. Es wurden deshalb von Anfang an sechs Ersatzventile aus verschiedenen Baustoffen entworfen, die jedoch nicht gebraucht wurden, da sich das erste Ventil, dessen Ventilkörper und Ventilkorb aus Perlitguß besteht, gut bewährt. Auch der Stahlguß der Turbinengehäuse hat diesen Temperaturen standgehalten.

Die Anlage, deren Kessel von der englischen Babcock & Wilcox-Gesellschaft, deren Turbinen von der A.-G. Brown, Boveri & Cie. geliefert wurden, hat sich so gut bewährt, daß den gleichen Fabriken vor etwa einem Monat der Auftrag erteilt wurde, sie vollständig auf Hochdruck umzubauen. Dabei wird eine Vorschaltturbine aufgestellt, deren Leistung rd. das Vierfache der Leistung der vorhandenen Vorschaltturbine betragen soll.

Hierauf sprach Obering. Stein über

selbsttätige Feuerungsregelung.

Der Vortrag wird demnächst in dieser Zeitschrift erscheinen.

Prof. Breinl erwähnte, daß außer AEG-Askania noch mehrere Fabriken solche Regler liefern. Die gleichzeitige Regelung von Kohle, Luft und Wasser sei natürlich verwickelter. Welchem Verfahren der Vorzug zu geben sei, werde erst der Dauerbetrieb ergeben.

Im Prager Elektrizitätswerk sind 12 bis 16 Kessel seit 1924 mit Roučka-Reglern ausgestattet[8]) und ihr Wirkungsgrad ist im Monatsdurchschnitt von 59 auf 75 bis 79 vH gestiegen. Die Regler und ihre Theorie sind noch ziemlich verwickelt, es ist aber Sache der Ingenieure, auf ihre Vereinfachung hinzuarbeiten.

Dipl.-Ing. Gropp[9]): Das Einhalten einer bestimmten Dampftemperatur bei allen Lasten des Kessels gehört besonders beim Hochdruckbetrieb zum schwierigsten Teil der Kesselbedienung. Ob es möglich sein wird, durch Hintereinanderschalten von Strahlungs- und Berührungsüberhitzern bei allen Lasten des Kessels praktisch gleiche Dampftemperaturen zu erreichen, ist noch fraglich.

Der AEG-Askania-Feuerungsregler hat an einem Kessel mit Kohlenstaubfeuerung, der früher einen Steinkohlen-Kettenrost hatte, seine Betriebsbrauchbarkeit bewiesen. Eine so genaue Feuerbedienung wie die durch einen Feuerungsregler erreicht man bei Handbetrieb nur dann, wenn man sehr geschulte und gewissenhafte Heizer hat. Mit Dampf-Luft-Regelung kann man bei Kesseln mit sehr geringem Wasserinhalt (Benson-Kessel als Grenze) arbeiten. Außerdem ist aber in allen Fällen die Nachregelung auf Grund des CO_2-Gehaltes notwendig. Beim AEG-Askania-Regler hat sich gezeigt, daß er allen Änderungen fast augenblicklich folgt und insbesondere den Unterdruck in der Brennkammer gleich hoch erhält, was für die Haltbarkeit des Mauerwerks wichtig ist.

Ein mit Feuerungsregler arbeitender Kessel braucht weniger Mauerwerk-Instandhaltung, doch dürfte die in Frage kommende Summe sehr klein sein. Läßt man alle Kessel nachts mit kleiner Last im Betrieb, wie Roučka oft vorgeschlagen hat, dann werden auch bei Handbedienung die Ausgaben für Mauerwerk-Instandhaltung kleiner. Allerdings fehlt dann die Zeit für kleinere Ausbesserungen, die man namentlich bei Hochdruckbetrieb nicht wird entbehren können. Das Überholen kleiner Armaturen oder das Neuverpacken von Flanschen wird bei Hochdruckbetrieb wesentlich häufiger notwendig.

Dazu kommt, daß ein Kessel mit geschlossenem Absperrventil und ohne Feuer keine Betriebstörung verursachen kann. Wenn im Kesselhaus keine Zugluft herrscht, also keine seitlichen Fenster geöffnet werden und die Rauchgasschieber leidlich dicht sind, so bleiben besonders die Kessel

[5]) Dissertation Berlin 1925.
[6]) Vergl. „Stahl und Eisen" Bd. 40 (1920) S. 114; Z. Bd. 70 (1926) S. 718.

[8]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 861.
[9]) Schriftlich eingereicht.



mit Kohlenstaubfeuerung auch über Nacht warm[10]). Ein Kessel mit Kohlenstaubfeuerung macht bei sehr geringer Last auch Schwierigkeiten, wenn man Kohle mit wenig flüchtigen Bestandteilen verfeuert. Beim Betrieb mit kleiner Last und besonders bei plötzlichen kürzeren oder längeren Betriebspausen Wasser auf den Rost zu spritzen, hat sich nicht bewährt.

Bei den Reglern muß man auch auf die Verschmutzung der Feuerräume Rücksicht nehmen. Ein soeben gereinigter Kessel, gemeint ist die Reinigung des Feuerraumes, der Gaskanäle und des Luft- oder Speisewasservorwärmers, ergibt bei richtiger Zumessung von Kohle und Luft und richtigem Brennkammer-Unterdruck eine höhere Dampfleistung als der gleiche Kessel nach mehrhundertstündigem Betrieb. Mit dem Rußbläser allein lassen sich die Gaskanäle nicht ausreichend rein erhalten.

Die Ersparnis an Heizern bei kleineren Kesseln wird allerdings dadurch aufgehoben, daß man zur Pflege der Regler einen Mechaniker braucht. Mit zunehmender Größe des Kessels wird der Feuerungsregler immer notwendiger, weil bei Großkesseln starke Lastschwankungen im Handbetrieb nicht mehr bewältigt werden können.

Dipl.-Ing. Zahn[11]): Nach Erfahrungen mit dem 400 m²-Kessel im Reichsbahn-Ausbesserungswerk Kassel hat sich die gemeinsame Regelung von Luft- und Kohlenzufuhr (Vollautomatik) bewährt (Verbesserung des Gesamtwirkungsgrades). Lastschwankungen bis 30 vH, die weniger durch Krafterzeugung als durch stoßweise Entnahme von Koch- und Hammerdampf bei einer Grundlast von Heizdampf vorkommen, können mit dieser Art der Regelung glatt bewältigt werden. Die Verbrennung folgt den Einwirkungen der Regler durchaus nicht so träge, wie vielfach angenommen wird. Die Luftregelung macht sich sozusagen augenblicklich bemerkbar. Der Einfluß des Brennstoffreglers war kürzlich bei einem Versuch mit einem künstlich herbeigeführten starken Belastungsstoß etwa nach 3 min deutlich erkennbar, obwohl der Rost schwach belastet war und aus dem kleinsten Vorschub beschleunigt wurde.

[10]) „Archiv für Wärmewirtschaft" Bd. 7 (1926) S. 121.
[11]) Nachträglich eingesandt.

Nach der Mittagspause sprach Dr.-Ing. Münzinger über:

„Dampfkessel für Großkraftwerke mit besonderer Berücksichtigung des Großkraftwerkes Klingenberg".

Der wesentliche Inhalt dieses Vortrages wird im Rahmen einer großen Veröffentlichung über das Großkraftwerk „Klingenberg" erscheinen, die die VDI-Zeitschrift in Vorbereitung hat. Am Schluß seines Vortrages führte der Redner folgendes aus:

„Es bleibt ein unvergängliches Verdienst der Berliner Städtischen Elektrizitätswerke A.-G. und insbesondere ihres Direktors Martin Rehmer, daß sie es als erste gewagt haben, ein Werk, von dem die Versorgung einer Millionenstadt abhängt, ausschließlich auf Kohlenstaubfeuerungen aufzubauen und es mit Kesseln von ungewöhnlicher Größe und für ungewöhnliche Dampfspannung auszurüsten, die mit sehr heißer Verbrennungsluft und im Regenerativverfahren hoch vorgewärmtem Speisewasser arbeiten. Erst die Zukunft wird so ganz zeigen, wie sehr die gesamte deutsche Industrie durch diesen Weitblick und das in sie gesetzte Vertrauen gefördert worden ist.

Lassen Sie mich, nachdem ich der Lebenden gedacht habe, auch des Toten gedenken, dessen Namen das Werk trägt, des Ingenieurs voll Schöpferkraft, Selbstvertrauen und Beharrlichkeit, Georg Klingenbergs. Möge es unseren technischen Bildungsanstalten gelingen, in die Herzen ihrer Schüler den Keim zu verpflanzen, aus welchem später diese hohen Tugenden emporblühen, dann braucht uns auch um die Zukunft der deutschen Dampftechnik nicht bange zu sein."

Elektroglühofen für kleine Stücke

Für das Glühen von kleinen Stücken hat die Firma H. O. Swoboda, Inc., Pittsburg, einen elektrischen Glühofen konstruiert, der sich durch große Einfachheit und Wirtschaftlichkeit auszeichnet, Abb. 1. Die zur Aufnahme der Werkstücke dienenden metallischen Röhren *a*, zwölf an der Zahl, werden durch den elektrischen Strom erhitzt; sie sind außen mit einem feuerfesten Mantel *b* umgeben, dessen Enden in Wangen *c* liegen. Den äußeren Abschluß an den beiden Enden bilden die Deckel *d*, die, wie die Wangen *c*, ebenfalls aus einem feuerfesten Werkstoff bestehen. Die Heizröhren ragen in die Deckel hinein. Bei dem normalen Ofen haben die Heizröhren 50 mm l. Dmr. und rd. 1830 mm Länge.

Die Firma hat durch Versuche festgestellt, daß bei den in Frage kommenden Heiztemperaturen von 900 bis 1100 °C der spezifische Widerstand von gewöhnlichen handelsüblichen Stahlrohren ungefähr der gleiche ist wie bei Chromstahl oder Chromnickelstahl. Gewöhnlich wird gezogenes Stahlrohr für die Heizröhren verwendet. Aber selbst, wenn diese aus besonderen Gründen aus einem Edelstahl hergestellt sind, kann man, falls eine davon schadhaft wird, diese zunächst durch ein gewöhnliches Stahlrohr von gleichen Abmessungen ersetzen, ohne daß dadurch die Stromverhältnisse beeinflußt werden. Die Röhren kann man ohne großen Zeitverlust auswechseln.

Die fertig ausgeglühten Stücke fallen in ein Ölbad, aus dem sie mittels geeigneter Vorrichtungen weiterbefördert werden. Eine trichterförmige Haube *e*, deren Mündung unter dem Ölspiegel liegt, fängt die Öldämpfe auf und leitet sie als Schutzgas durch die Heizröhren, wodurch die oxydierende Wirkung der Luft auf die Röhren und die Werkstücke vermindert wird. Die Lebensdauer der Röhren ist daher sehr groß. Die Temperatur in den Heizkanälen wird durch Thermoelemente gemessen.

Der Stromverbrauch des Ofens richtet sich nach der Form der zu behandelnden Werkstücke. Als Höchstverbrauch ist 60 kW für eine Heiztemperatur von 900 °C angegeben. Der spezifische Energieverbrauch wird mit 0,22 kWh/kg für gewöhnliche Stücke angegeben. Der Transformator *f* dient dazu, die Netzspannung auf die für den Ofen geeignete Spannung von 14 V für Dreiphasenstrom und 42 V für Einphasenstrom zu erniedrigen.

[M 572] Wgm.

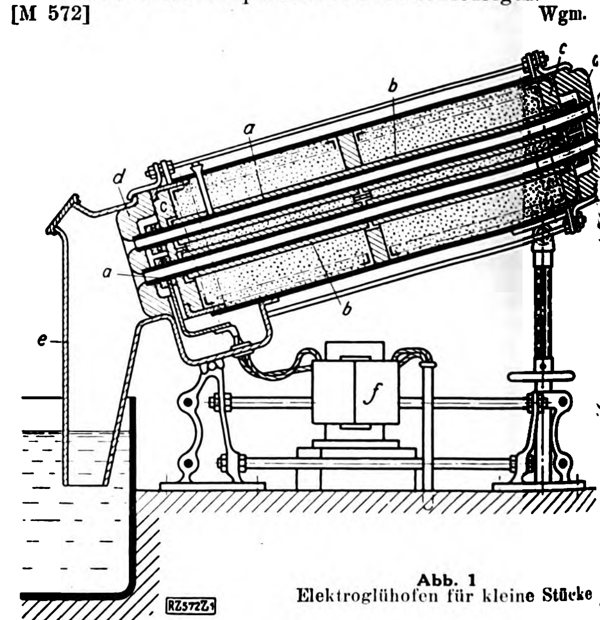


Abb. 1 Elektroglühofen für kleine Stücke

a Metallröhren zur Aufnahme der Werkstücke
b feuerfester Mantel der Metallröhren
c Wange, *d* Deckel } aus feuerfesten Werkstoffen
e trichterförmige Haube
f Transformator

RUNDSCHAU

Werkstoffprüfung

Die Diamant-Härteprüfmaschine Bauart Vickers

Daß die stattliche Zahl der bekannten Härteprüfverfahren und Härteprüfmaschinen und -geräte noch immer nicht alle Wünsche zu befriedigen und allen Zwecken zu genügen scheinen, beweist der Entwurf der seit kurzer Zeit auch auf dem kontinentalen Markt erscheinenden Diamant-Härteprüfmaschine Bauart Vickers. — Der Bau dieser Maschine wird mit verschiedenen Mängeln und Schwächen des Brinellschen Kugeldruckverfahrens begründet:

1. Massenträgheitsmoment durch zu schnelles Aufsetzen der Prüflast. (Kommt bei geeigneter Bauart der Prüfmaschine nicht in Frage.)
2. Verschiedene Belastungsdauer. (Muß durch sorgfältige Bedienung auf ein zulässiges Maß herabgedrückt werden.)
3. Formänderung des Prüfstempels (Kugel) bei der Prüfung von hartem Material. (Begrenzt die Anwendbarkeit der Brinellschen Kugeldruckprobe auf Werkstoffe bis zu einer Härte von etwa 560 Brinell.)
4. Mangelnde Vergleichsfähigkeit der bei verschiedenen Prüflasten erhaltenen Härtezahlen infolge geometrischer Unähnlichkeit der Eindrücke. (Durch Normung DIN 1605 geregelt.)
5. Irrtum durch Meßfehler. (Kommen bei allen anderen Verfahren in gleichem Ausmaß zur Geltung.)

Die Härteprüfmaschine Bauart Vickers, Abb. 1, besteht aus einem Hauptgestell *a*, von U-förmigem Querschnitt, das den Tisch *b* und den einarmigen Hebel *c* von der Übersetzung 1:20 trägt, mit dessen Hilfe die Prüflast auf den Stempel *d* einwirkt, der an seinem Ende den Diamanten *e* trägt. Der Diamant, Abb. 2, bildet den Eindruckkörper und hat die Form einer Pyramide mit quadratischer Grundfläche; durch diese Form werden geometrisch ähnliche Eindrücke erhalten, wie sie von dem Kickschen Ähnlichkeitsgesetz gefordert werden. An dem Hauptgestell ist ein Gehäuse *f* angebracht, das oben den Antrieb der Maschine trägt. Der Stößel *g* bewegt sich unter dem Einfluß der Scheibe *h* auf und ab, jedesmal belastend oder entlastend auf den Prüfstempel wirkend. Ein Gewicht *i* bewirkt die Drehung der Kurvenscheibe *h* und eine Ölbremse (bei *f*) regelt die Drehgeschwindigkeit, die durch Schrauben eingestellt werden kann. Ein

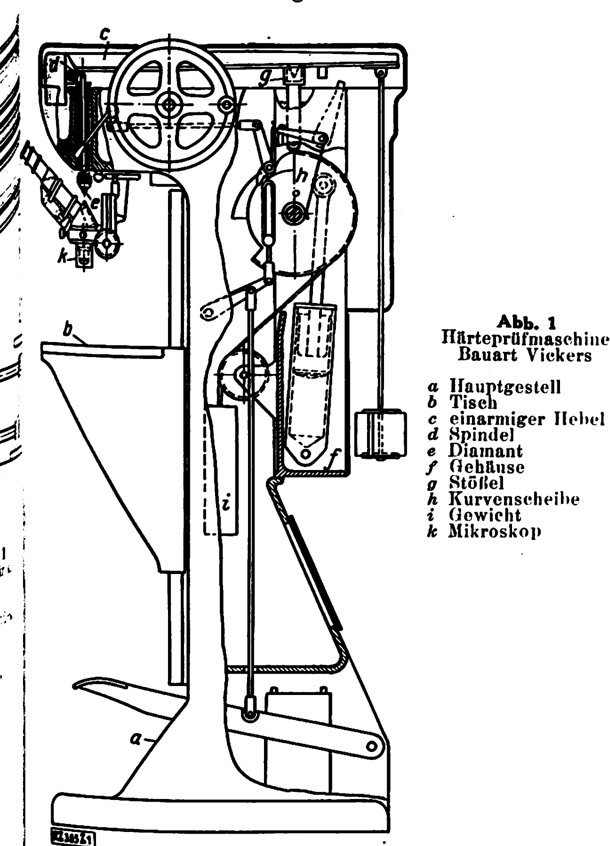


Abb. 1
Härteprüfmaschine Bauart Vickers

a Hauptgestell
b Tisch
c einarmiger Hebel
d Spindel
e Diamant
f Gehäuse
g Stößel
h Kurvenscheibe
i Gewicht
k Mikroskop

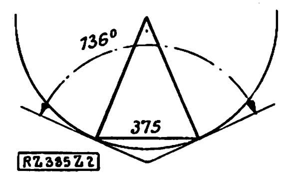


Abb. 2
Form des als Eindrückkörper dienenden Diamanten bei der Diamant-Härteprüfmaschine, Bauart Vickers

Fußtritt auf das Pedal bringt das Gewicht und die Kurvenscheibe in ihre Anfangstellung zurück. Die Prüflast ist verhältnismäßig gering, im allgemeinen 50 kg, infolgedessen sind die Eindrücke sehr klein, machen also die zu prüfenden Gegenstände nicht zum Ausschuß. Die Härtezahl errechnet sich aus dem Ansatz:

$$\text{Härtezahl} = \frac{\text{Prüflast}}{\text{Pyramiden-Querschnitt}}.$$

Der Eindruck wird mit einem Mikroskop abgelesen, das an der Maschine schwenkbar befestigt ist. Künstliche Beleuchtung des Eindruckes erleichtert die Ablesung.

In Abb. 3 ist eine solche Ablesung dargestellt; es wird die Diagonale des quadratischen Pyramideneindruckes gemessen und an der Seite des Mikroskop-Okulars abgelesen. Die Härtezahlen werden den mitgelieferten Zahlentafeln entnommen, in denen auch die entsprechenden Brinellhärtezahlen enthalten sind.

Bei der praktischen Anwendung, wenn z. B. gewisse Härtegrenzen eingehalten werden müssen, kann eine besondere Einrichtung das Ablesen erleichtern mit Hilfe einer dritten Schneide, die in das Mikroskop an der optisch gegebenen Stelle eingesetzt wird und in Abb. 4 bis 6 dargestellt ist. Abb. 4 zeigt einen zu harten, Abb. 5 einen richtigen und Abb. 6 einen zu weichen Werkstoff.

Die Versuchsdauer soll mit Hilfe des Einstellventiles für praktische Zwecke auf 10 s und für wissenschaftliche Untersuchungen auf 30 s eingestellt werden. Die Maschine wird hauptsächlich zum Prüfen von harten Stählen, Werkzeugen u. dgl. empfohlen und dürfte hierbei zweifellos das ihr zukommende Arbeitsgebiet haben.

In ausgedehnter praktischer Anwendung muß sich erst herausstellen, ob gewisse Bedenken gegen die Verwendung eines Diamanten als Prüfkörper, gegen die verhältnismäßig geringe Prüflast und somit kleine Eindrücke gerechtfertigt sind. [M 385]

Schweinfurt Ing. P. Wilh. Döhmer

Bagger

Löffelgroßbagger im amerikanischen Kohlentagebau

Die Löffelbagger sind in den Vereinigten Staaten erheblich mehr verbreitet als in Europa. Die mittleren und kleineren Bauarten werden in ausgedehntem Maße zum Straßenbau und allen übrigen Bauarbeiten herangezogen, so daß auch auf diesem Gebiete die Handarbeit stark zurückgedrängt wird. In den letzten Jahren sind in den amerikanischen Kohlengegenden wiederholt Löffelbagger von außergewöhnlichen Abmessungen in Betrieb genommen worden.

In den Steinkohlen-Tagebauen von Pennsylvanien ist das über der Kohle lagernde Deckgebirge vorwiegend felsiger Natur, so daß die in Deutschland sehr zweckmäßig im Braunkohlentagebau angewandten Eimerkettenbagger in der Regel nicht in Frage kommen. Die großen Löffelbagger bis 6 m³ Löffelinhalt sind im Laufe der Jahre ausschließlich von den Firmen Bucyrus in Milwaukee (Wisconsin) und Marion in Marion (Ohio) planmäßig entwickelt worden[1]).

[1]) Die deutsche Baumaschinenfirma Menck & Hambrock, Altona, wird demnächst einen Löffelbagger von 6,5 m³ Löffelinhalt, allerdings für den Betrieb in einem Steinbruch, in Betrieb setzen.

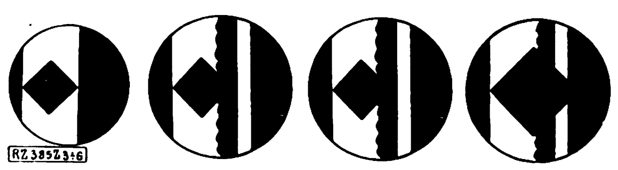


Abb. 3
Gewöhnliche Ablesung

Abb. 4 bis **6**
Ablesungen mittels einer dritten Schneide
Abb. 4 zu harter, Abb. 5 richtiger, Abb. 6 zu weicher Werkstoff

Abb. 3 bis **6**
Ablesungen bei der Diamant-Härteprüfmaschine



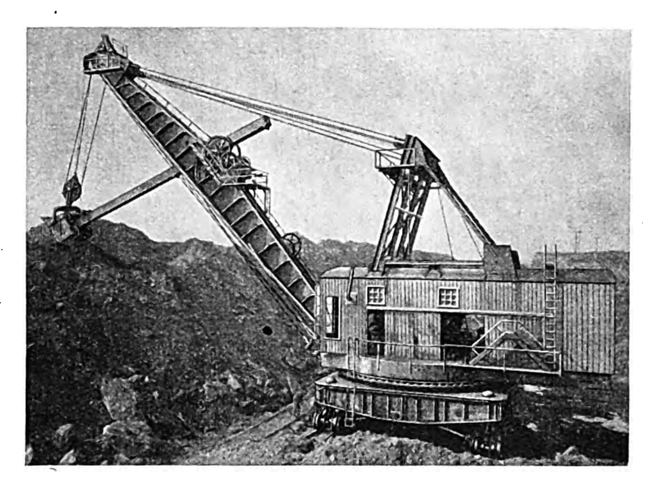


Abb. 7
Schienen-Großlöffelbagger im Kohlentagebau, Bauart Marion

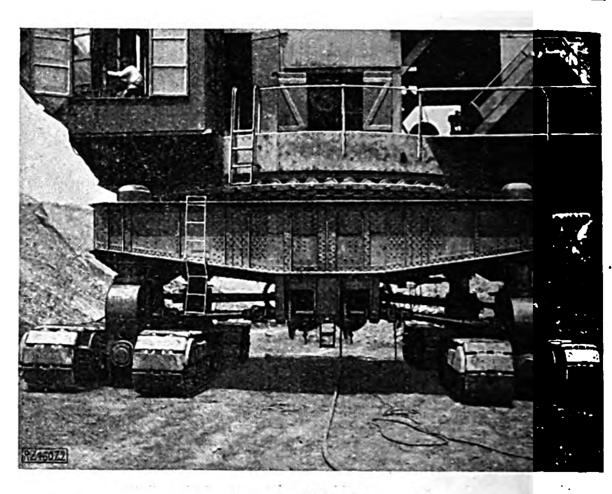


Abb. 8
Unterteil eines Raupengroßbaggers mit vier Doppelraupen, Bauart Marion

Im Anthrazittagebau der Cranberry Creek Kohlengesellschaft in der Nähe von Hazelton in Pennsylvanien steht der Bagger unmittelbar auf der Kohle, und die geschürften Gesteinmassen werden durch Normalspurzüge weiterbefördert. Um das felsige Deckgebirge aufzulockern, werden von Zeit zu Zeit Sprengungen vorgenommen, damit die beim Baggern auftretenden Grabwiderstände überwunden werden können. Immerhin sind die Beanspruchungen, die beim Losbrechen der Felsbrocken in den mechanischen Teilen und den Seilen des Baggers ausgelöst werden, sehr hoch und stellen an die Güte der verwendeten Werkstoffe und an die Zweckmäßigkeit der Konstruktion weitgehende Anforderungen. Auch einzelne große Steinquader bis zu etwa 40 t Stückgewicht vermag der Löffel aufzunehmen und in die rd. 25 m³ fassenden Eisenbahnwagen abzusetzen.

In der neuesten Zeit ist man dazu übergegangen, an Stelle der auf Schienen laufenden Bagger, Abb. 7, neue Modelle zu bauen, die sich auf Raupenbändern fortbewegen, und zwar ohne Rücksicht auf die Unebenheiten des Geländes. Damit die Bodendrücke der Raupen nicht allzu hoch, d. h. nicht über etwa 2 kg/cm² im Ruhezustand, ausfallen, hat man vorteilhaft vier Doppelraupen angewendet, Abb. 8.

Bucyrus verlagert den Unterwagen des Baggers in drei Punkten und erhält so eine gleichmäßige Kraftübertragung auf die vier Fahrgestelle der Doppelraupen. Marion hingegen wählt eine patentierte Vierpunktlagerung des Unterwagens und trägt dafür Sorge, daß ein Kräfteausgleich durch eine hydraulische Verbindung der vier zugehörigen Verlagerungszylinder untereinander hergestellt wird. Die Verlagerungszylinder befinden sich unmittelbar über den Doppelraupen, Abb. 8, so daß auch beim Schwenken des Baggers sowie bei Bodenunebenheiten alle vier Punkte in gleicher Weise an der Kraftübertragung teilnehmen und damit schädliche Zusatzbeanspruchungen des Unterwagens ausschalten. Alle vier Doppelraupen nach Marion haben getrennte Antriebe, und beliebige Krümmungen können durch entsprechendes Steuern seitens des Baggerführers durchfahren werden. Im allgemeinen wird jedoch der Bagger nur ziemlich selten verfahren, und zwar nach Maßgabe des verhältnismäßig langsamen Fortschreitens des Kohlenabbaues.

Als Antriebenergie kommt seltener Dampfkraft, zumeist Drehstrom in Frage. Die Erfahrungen in der Handhabung der Elektrobagger haben gezeigt, daß die Regelung mit Gleichstrom zweckmäßiger und wirtschaftlicher ist. Maschinen derartiger Größe erfordern hohen Kraftaufwand für die einzelnen Bewegungen, und die im Betriebe auftretenden Spitzenleistungen spielen eine wichtige Rolle. Um möglichst große Drehmomente beim Auftreten der Schürfwiderstände zu erzielen, benutzt man trotz höherer Anschaffungskosten einen Satz von fünf Maschinen in Ward-Leonard-Schaltung. Dieser Umformersatz besteht aus zwei Gruppen. Die Hauptgruppe umfaßt den Synchronmotor, den Hauptstromerzeuger für das Hubwerk und die Erregermaschine. Die Hilfsgruppe, die elastisch mit der Hauptgruppe gekuppelt ist, setzt sich aus dem Stromerzeuger für den Vorschub und dem Stromerzeuger für das Drehwerk zusammen.

In Abb. 9 ist die gesamte Maschinenanordnung auf der Oberwagen-Plattform wiedergegeben. Auf der Vorderseite befinden sich der Führerstand und das Drehwerk *a* nebst dem 105 PS starken Antriebmotor, dicht dahinter ist die Hubwinde *b* angeordnet, die von zwei 175 PS-Motoren angetrieben wird. An der hinteren Seite des Windenrah-mens ist die kurze Trommel *c* zum Aufwinden des Ausleger[s] angebracht, die von den Hubmotoren durch Schneckenrad-übersetzung in Drehung versetzt werden kann. Zu erwähne[n] ist noch die auf der vorderen Seite neben dem Drehwerk befindliche, durch einen kleinen Motor betätigte Vorrich-tung zum Öffnen der Löffelklappe. Hinter den Maschinen befindet sich der Umformersatz *d* und die übrigen elek-trischen Apparate, Schalttafeln und dergl. Ein Gegen-gewicht von etwa 80 t in Form von Gußplatten sichert di[e] Standfestigkeit des drehbaren Oberteiles am hinteren End[e] der Plattform. Das Dienstgewicht des vollständigen Groß-baggers beträgt rd. 450 t.

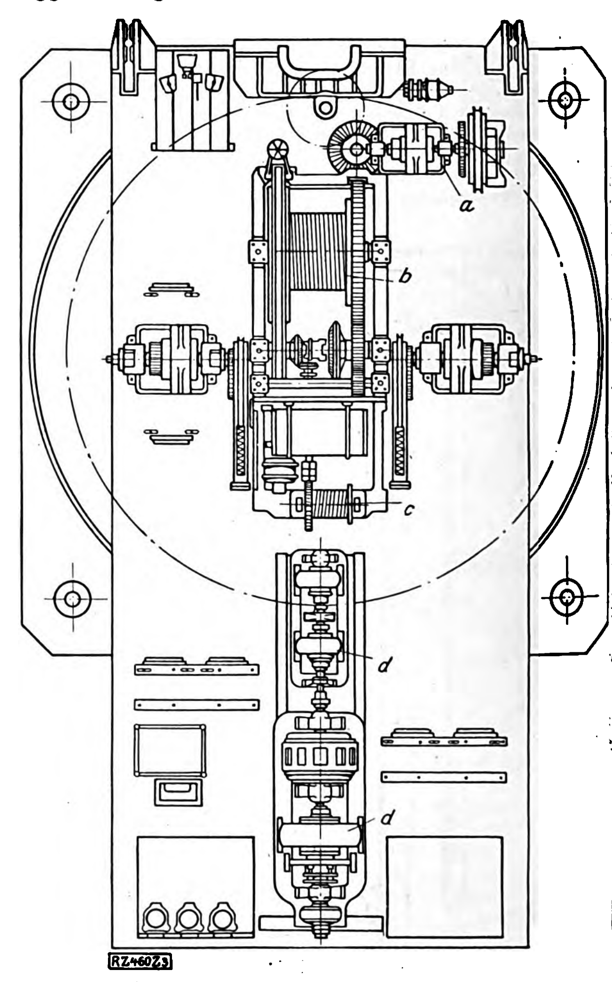


Abb. 9
Maschinenplattform eines elektrisch betriebenen Großlöffelbaggers
a Drehwerk *b* Hubwinde *c* Auslegerwinde
d Umformersatz

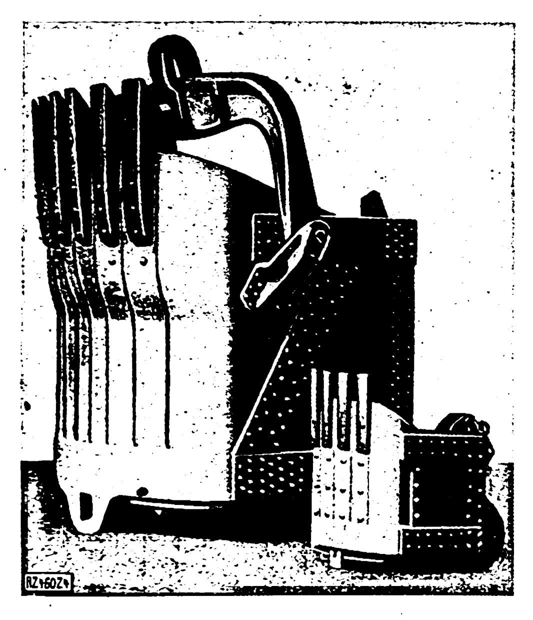


Abb. 10
Löffel von Löffelbaggern für 6 m³ und 0,5 m³ Inhalt

Der etwa 30 m lange Ausleger wird von Bucyrus als
nfacher, jedoch äußerst fester Kastenträger durchgebildet;
arion anderseits bevorzugt einen durch Querverbände
it ausgesteiften Gitterträger. Dieser hat im mittleren Teil
ne Aussparung, durch die sich der Löffelstiel hindurch-
wegen kann. Eine besondere Eigentümlichkeit fast aller
erikanischen Löffelbaggerwerke (es gibt deren etwa 30,
n denen der Verfasser über die Hälfte besucht hat) ist
e Ausfütterung der Löffelstiele mit Eichenholz oder Hart-
lz. Das Holz soll dem Stiele die notwendige Nachgiebig-
it und die kräftige Stahlblechbewehrung eine große Wider-
ndfähigkeit gegen die Verdrehungsbeanspruchungen beim
aben verleihen, eine Auffassung, die von der Mehrzahl
r deutschen Löffelbaggerfirmen nicht geteilt wird.

Große Aufmerksamkeit wird der Ausbildung des Löf-
s, Abb. 10, mit Zubehör gewidmet, und auf Grund lang-
hriger Erfahrungen verwendet man als Werkstoff nur
chstwertige Stahlsorten. Marion nimmt nicht nur die
ifßzähne, sondern die ganze Vorderwand des Kübels aus
nganstahl. Insbesondere liefert die American Manganese
eel Co. kurz „Amsco" genannt, für zahlreiche Bagger-
men als Sonderfabrikat diese Manganstahlkübel mit den
ifßzähnen, ebenso andre Manganstahlteile, wie z. B.
upenglieder, Kettenräder usw. Durch die Massenfertigung
ser Einzelteile hat diese Firma große gießereitechnische
fahrungen in der Formgebung dieses Werkstoffes, so daß
gewöhnlich saubere Gußstücke hergestellt werden, die
inerlei Nacharbeit bedürfen.

Durch die Verwendung der erwähnten Ward-Leonard-
srüstung ist beim Graben des Löffels beim Auftreten
hen Widerstandes die Grabgeschwindigkeit sehr gering
d steigt dann beim Heben des Löffels bis auf etwa
m/min, die mittlere Grabgeschwindigkeit beträgt etwa
m/min. Die Schwenkgeschwindigkeit des drehbaren
erteiles beträgt ungefähr 2 Uml./min. Die Förderleistung
nes derartigen Abraum-Großbaggers kann bei geschultem
dienungspersonal und mittleren Förderwegen 50 bis
Spiele, entsprechend 300 bis 500 m³/h betragen.

Die Anwendung der Löffelbagger beschränkt sich auf
s Abtragen der **über** der Baggersohle liegenden Stein-
d Erdmassen. Um die **unter** der Baggersohle liegen-
n Massen abzutragen, kann der Löffelbagger in der Regel
in den Eimerseilbagger in einfacher Weise umgestellt werden. Die Schürftiefe kann bis zu 22 m betragen, entsprechend dem Winkel, unter dem der Ausleger eingestellt wird. Der Schürfkübel kann wenigstens 8 m über die durch die Auslegerspitze gehende Senkrechte hinausschwingen, so daß hierdurch der Arbeitsbereich erheblich erweitert wird.

Während das Schürfseil auf die Hubtrommel aufgewickelt wird, wird bei Umstellung zum Eimerseilbagger das Hubseil auf eine zweite Trommel gewickelt, die im hinteren Teile des Windenrahmens erhöht gelagert ist.

Außer in den Kohlentagebauen sind die vorbeschriebenen Großbagger auch in den Eisenerztagebauen Nordamerikas, namentlich im Staate Minnesota anzutreffen.

Dresden [M 460] Dr.-Ing. W. Franke

Hebezeuge

Konstruktive Ausbildung von Laufkranen in Amerika

Eine vielumstrittene Frage im Kranbau ist die Verwendung von genieteten oder Gußstahlträgern für die Kopfenden der Laufkatzen. Es scheint, als sei die Herstellung durch Benutzung von Profileisen und Stehblechen billiger und die Konstruktion leichter. Bei der Beurteilung der Kosten wird aber leicht übersehen, daß häufig eine bestimmte Bauart für mehrere Stellen gebraucht werden kann. Da zudem für die Radstände bestimmte Normen aufgestellt sind, so lassen sich die für die Gußstücke hergestellten Modelle öfter verwenden, wodurch die Kosten so weit heruntergehen, daß sie nicht höher als für genietete Träger werden. In Amerika ist man so weit gegangen, daß man sogar die Kopfträger an den Kranwagen aus einem Stahlgußstück herstellt. Abb. 11 zeigt die Form des Trägers, an dem sich auch die Lager in einfachster Form befinden. Aus der beiderseitigen Anordnung der Lager geht hervor,

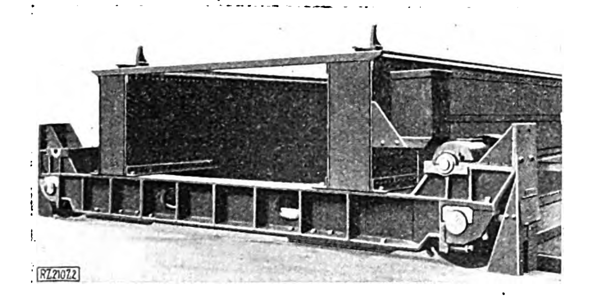
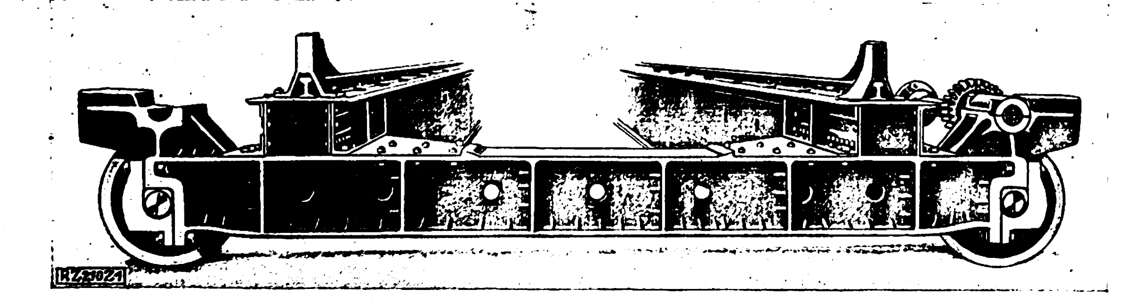


Abb. 12
Stahlguß-Kopfträger für große Belastung

daß nur ein Modell für beide Träger notwendig wird; auch der Zusammenbau ist sehr einfach. Abb. 12 zeigt eine Ausführung für sehr große Belastung einer andern Firma. Wenn für den Kranwagen diese Konstruktionen in Amerika seltener zu finden sind, so werden die Träger an der Katze ausschließlich aus Stahlguß gebaut. Hier lassen sich die Vorzüge des Gußstückes durch die größere Anzahl anzugießender Lager ganz besonders ausnutzen. Abb. 13 zeigt eine Katze für zwei Hubwerke, bei der die Lager für die Wellen und Trommeln alle in gleicher Höhe liegen. Wenn auch diese Ausführungen ein wenig schwerer werden, so sind die dadurch sich ergebenden etwas höheren Betriebskosten mehr als ausgeglichen durch die größere Betriebsicherheit.

In Amerika ist man von der Benutzung von Schneckenradübertragungen ganz abgekommen und ist allgemein im Kranbau zu den Stirnradübersetzungen übergegangen. Die Schnecken baute man gern wegen der Selbsthemmung ein, die bei etwaigem Versagen des Stromes die Last zum Stillstand brachte. Schneckenradübertragungen mit Selbsthem-

Abb. 11
Kranwagen-Kopfträger aus Stahlguß



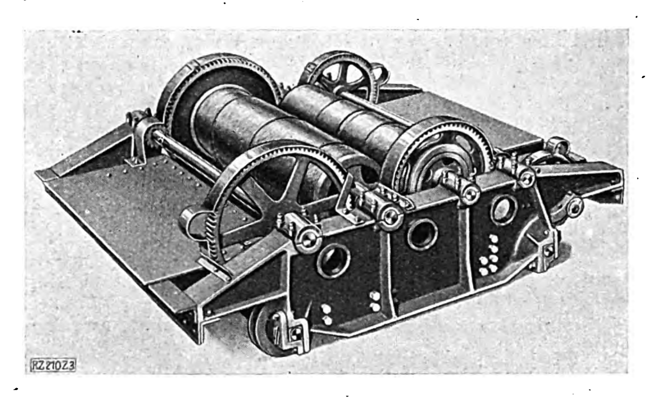


Abb. 13
Katze für zwei Hubwerke. Die Lager für die Wellen und Trommeln liegen alle in gleicher Höhe.

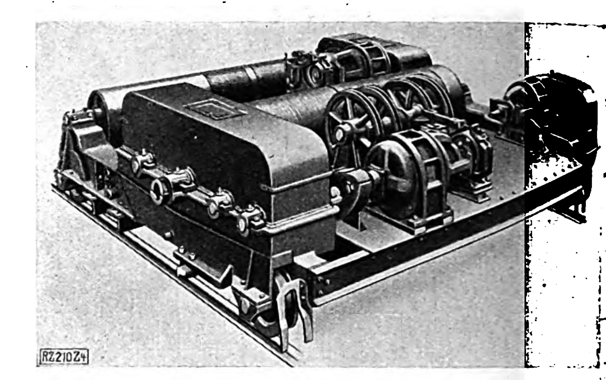


Abb. 14
Vorgelege mit Druckumlaufschmierung

mung haben aber einen schlechten Wirkungsgrad, ferner bedarf dieser Antrieb einer viel größeren Wartung als andre Übersetzungen, die jedoch bei Kranen nicht immer gewährleistet ist. Durch die gekreuzte Lage der Wellen zueinander und ihren Höhenunterschieden ergeben sich konstruktive Unbequemlichkeiten.

Das gewünschte Übersetzungsverhältnis läßt sich mit Stirnradvorgelegen ebensogut erreichen. Man zieht Kranmotoren mit weniger als 1000 Uml./min wegen der gröberen Ausführung aller Teile vor und legt einen großen Betrag der Übersetzung in das über Rollen geführte Seil, wodurch sich neben geringeren Querschnitten des Seiles höhere Umlaufzahlen für die Trommel ergeben. Als weitere Folge erzielt man kleinere Drehmomente, die bedeutend dünnere Zahnräder und Wellen zulassen. Drei Räderpaare reichen in den schwierigsten Fällen, in der Regel aber genügen zwei, s. Abb. 13.

Bei den Vorgelegen wird entweder an den Träger ein Kasten angegossen, in dem, auf kurzen Wellen sitzend, die Räder fest eingekapselt werden, wobei man zweckmäßig eine Druckumlaufschmierung vorsieht, Abb. 14, oder man keilt die Zahnräder und Ritzel auf lange Wellen, die auf beiden Seiten auf den Trägern gelagert sind. Hierbei steht es frei, staubdicht einzukapseln oder nur einen Blechschutz anzuordnen, Abb. 13.

Für die übrige Konstruktion ist bemerkenswert, daß die Motorwellen nach beiden Seiten durchgehen. Auf dem einen Ende sitzt ein Ritzel, auf dem andern eine Bremsscheibe. Durch diese Anordnung erübrigt sich eine Kupplung, die sonst notwendig wäre, um ein Spiel der Ankerwelle in Achsrichtung zwecks Einstellung ins magnetische Feld zu ermöglichen. Dieses Spiel ist aber dadurch gewährleistet, daß sich Ritzel und Bremsscheibe mit der Ankerwelle nach beiden Seiten bewegen können. Auch die zwei Lager, die vor und hinter der Kupplung nötig wären, fallen fort, wodurch sich eine gedrungene, übersichtliche Konstruktion ergibt.

Als Bremsen dienen Band- und Backenbremsen an der Motorwelle, und an der zweiten Übersetzung entweder eine Lastdruckbremse oder eine Bandbremse mit magnetischer Betätigung, sehr häufig aber auch die elektrische Bremsung mit Hilfe des Motors zum Zwecke des Lastsenkens. Neudings bürgert sich besonders für Brückenkrane die L. druckbremse (Westinghouse) immer mehr ein, die sanftes Anhalten der Katze ermöglicht, so daß übermä große Schübe in Längsrichtung der Brücke verhindert wer

Der Kranwagenantrieb läßt sich nach den besproche Gesichtspunkten sehr einfach und zweckentsprechend bilden, Abb. 15. Der Motor hat elektrische Bremsung, vom Führer bediente Fußbremse wirkt auf die Sch neben dem Motor. Der Radschutzkasten ist fortgenom so daß die einfache Übersetzung sichtbar wird. Die W überträgt die Kraft von der Mitte aus nach beiden S auf ein mit dem Laufrad auf dieselbe Welle gekeiltes Z rad. Die in Amerika allgemein übliche Ausbildung Lager für Laufräder, bei der die untere Lagerschale fällt, ist in Abb. 16 deutlich zu erkennen. [M 210]

Barmen W. G. Dien

Luftfahrt

Französischer und belgischer Luf verkehr

Das Netz der französischen Luftlinien steht seinem graphischen Aufbau nach in der Mitte zwischen denje Deutschlands und Englands. Für die deutsche Luf bildet der innerdeutsche Verkehr den tragenden P Eine große Anzahl von Linien durchzieht das ganze R gebiet, und nur ein Teil davon ist über die Grenzen den Hauptstädten der benachbarten Staaten verlängert deutscher Kolonialluftverkehr besteht nicht, da Deutsc keine Kolonien mehr hat. In England betreibt dem über die Imperial Airways Ltd. nur eine einzige englische Linie von geringer Bedeutung und besc sich in der Hauptsache auf die Verbindung London dem Festland. Dabei betrachtet sie aber auch diese l im Grunde als Versuchsstrecken, erblickt die eige Zukunft des englischen Luftverkehrs in der Erschli des ausgedehnten britischen Kolonialreiches und hat Anschluß des ersten zu diesem Zwecke eröffneten dienstes von Kairo nach Karachi an den Luftverkeh Mutterlandes vorläufig für unnötig gehalten.

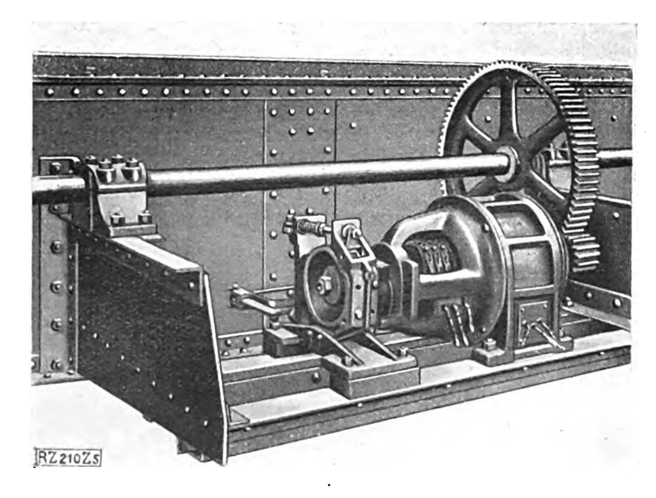


Abb. 15
Amerikanischer Kranwagenantrieb (Räderschutz entfernt)

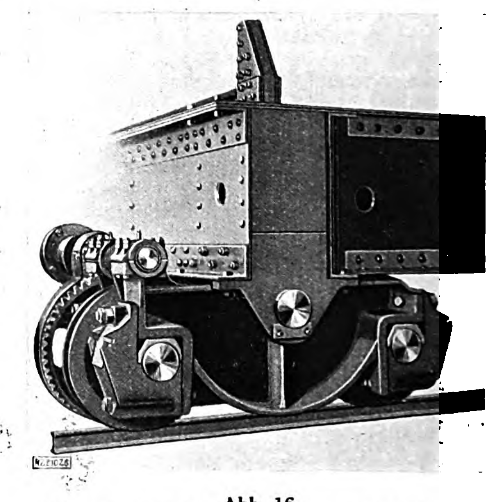


Abb. 16
Lagerung für Laufräder. Die untere Lagerschale ist weggefallen.



Zahlentafel 1
Französische Luftverkehrsgesellschaften

Gesellschaft	Strecken	Flugkilometer 1926 in vH der Gesamtzahl
Air-Union	London–Paris Paris–Lyon–Marseille Lyon–Genf Antibes–Ajaccio–Tunis	17,2
Société générale de Transports aériens (Lignes Farman)	Paris–Amsterdam Paris–Berlin	7,5
Compagnie internationale de Navigation aérienne (Cidna)	Paris–Prag–Wien–Konstantinopel Prag–Warschau	27,9
Compagnie générale d'Entreprises aéronautiques (Lignes Latécoère)	Toulouse–Casablanca–Dakar Casablanca–Oran Alicante–Oran Marseille–Perpignan	47,4

Zahlentafel 2
Die von den französischen Luftverkehrsgesellschaften zurückgelegten Flugstrecken

Gesellschaft	Flugstrecke in 1000 km 1925	Flugstrecke in 1000 km 1926	Zuwachs vH
Air-Union	477	894	87,4
Farman	271	392	44,6
Cidna	1309	1452	10,9
Latécoère	2403	2469	2,7
Gesamt	4460	5207	16,8

In Frankreich[1]) hat man die Einrichtung der Kolonialstrecken in Nordafrika zwar gleichfalls mit größtem Nachdruck betrieben, daneben aber hat man auf den Ausbau internationaler, europäischer Linien ebenso großen Wert gelegt, und auch für die Herstellung innerfranzösischer Verbindungsstrecken zwischen den Ausgangspunkten der verschiedenen Linien Sorge getragen. Ein weitverzweigtes Netz gibt es allerdings im Innern Frankreichs ebensowenig wie in England. Der Grund dafür ist darin zu suchen, daß die Zusammenballung der Bevölkerung und der wirtschaftlichen Kräfte an einem Punkte sowohl in Frankreich wie in England weit stärker ist als in Deutschland. Die deutsche Reichshauptstadt müßte ungefähr 10 Millionen Einwohner haben anstatt vier, um denselben Bruchteil der gesamten Bevölkerung in ihren Mauern zu sammeln wie London. Neben ihr gibt es nach der Volkszählung von 1925 noch sechs Städte mit über 500 000 und 13 Städte mit über 200 000 Einwohnern; — in Frankreich dagegen neben Paris nur zwei Großstädte (Lyon, Marseille) mit 0,5 Mill. Bewohnern, und keine einzige zwischen 0,25 und 0,5 Mill.

[1]) „L'Aéronautique" Bd. 8 (1926) S. 25 u. 395, Bd. 9 (1927) S. 101 u. 121.

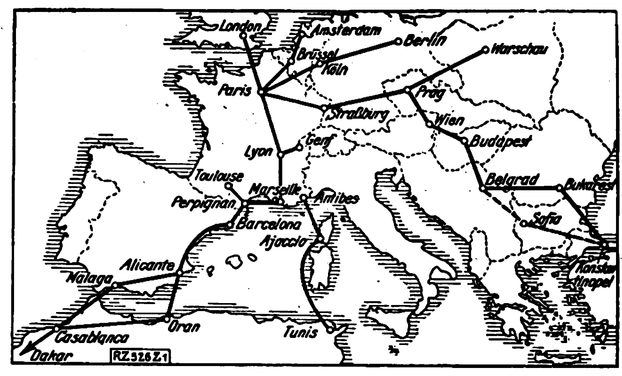


Abb. 17 Die französischen Luftlinien

Die Verwaltung der französischen Luftstrecken weicht von der deutschen und englischen ebenfalls ab; sie ist nicht in einer Hand vereinigt, sondern nach wie vor bestehen verschiedene unabhängige Gesellschaften nebeneinander. Im einzelnen sind die von ihnen betriebenen Linien und ihr Anteil an den gesamten Flugleistungen aus Zahlentafel 1 und Abb. 17 zu ersehen.

Die Verkehrsleistungen haben im Jahre 1926 gegenüber 1925 auf den verschiedenen Linien verschieden stark zugenommen; die gesamte Steigerung ist nicht sehr groß; einen wirklich bedeutenden Zuwachs zeigen nur die Air-Union- und die Farman-Linien, also diejenigen Gesellschaften, deren Anteil am Gesamtdienst an sich der kleinste ist. Auch bei ihnen ist der Fortschritt in der Hauptsache nicht durch Verkehrsverdichtung, sondern durch die Inbetriebnahme neuer Strecken (Paris-Marseille und Paris-Berlin) erreicht worden, Zahlentafel 2.

Ein Vergleich der Fluggastzahlen und beförderten Frachtmengen ist nicht möglich, da die Grundlagen der Zählungen voneinander abweichen. Die Flugzeuge, die benutzt werden, stellen zahlreiche verschiedene Bauarten dar. Neben einmotorigen sind verschiedene mehrmotorige Flugzeuge entwickelt worden; der Bau von Flugbooten ist im Vergleich dazu zurückgeblieben, Zahlentafel 3.

Ähnlich wie die französische hat auch die belgische Luftfahrt, da die Möglichkeiten der Ausdehnung in Europa bei der Kleinheit des belgischen Gebietes nur gering sind, sich in Afrika ein breiteres Tätigkeitsfeld zu schaffen versucht, wenn auch ohne unmittelbare Verbindung mit dem einheimischen Luftverkehr. Die von der belgischen Gesellschaft Société Anonyme Belge d'Exploitation de la Navigation Aérienne (Sabena) übernommene Flugstrecke verbindet die Kongo-Mündung mit den Kupfererzlagern in Katanga, Abb. 18. Sie führt von Boma nach Léopoldsville (350 km), dann von dort dem Kassai und Lulua entlang über Ilébu (Port Francqui) nach Luebo (850 km), und von Luebo über Bukama nach N'Gulé (850 km). Die Verlängerung nach Elisabethville befindet sich in Vorbereitung.

Da die anderen Verkehrsmittel hier schlecht sind, ist der Zeitgewinn durch Benutzung des Flugzeugs besonders groß. Von Boma nach Léopoldville dauert die Beförderung auf dem schnellsten Land- und Wasserwege acht Tage, auf dem Luftwege 5 h. Für die weiter binnenwärts gelegenen Punkte ist der Zeitgewinn naturgemäß noch größer. Für eine Reise von Europa nach Luebo wird er auf nicht weniger als 14 Tage geschätzt. Geflogen werden Flugzeuge eng-

Zahlentafel 3. Die im französischen Luftverkehr verwendeten Flugzeuge

Bauart	Bezeichnung	Gewicht voll kg	Gewicht leer kg	Flügelfläche m²	Motor Zahl	Motor Motorenleistung gesamt PS	Motor Baumuster	Geschwindigkeit km/h	Fluggäste
Einmotorige Landflugzeuge	Bréguet 26	2825	—	55	1	420	Jupiter	204	6
	Farman F 170	3318	2018	52,5	1	500	Farman	203	8
Mehrmotorige Landflugzeuge	Farman Goliath	4640	2300	165	2	520	Salmson	156	12
	Farman Jabiru	5200	3334	81	4	720	Hispano	209	12
	Blériot 165	5450	3100	119	2	900	Jupiter	180	16
	Blériot 105	5500	3000	125	4	1200	Hispano	—	—
	Lioré & Olivier 21	5500	2690	106,5	2	840	Jupiter	192	12
	Blériot 155	6350	3650	135	4	920	Renault	180	18
	Amiot 150	7300	4030	100	3	1050	Hispano	235	14
Flugboote	Lioré & Olivier H 190 . . .	3200	1700	64,2	1	420	Jupiter	170	6
	Météore SPCA 63	5234	3634	103	3	540	Hispano	180	—
	Besson MB 36	7500	—	130	3	1080	Jupiter	180	14

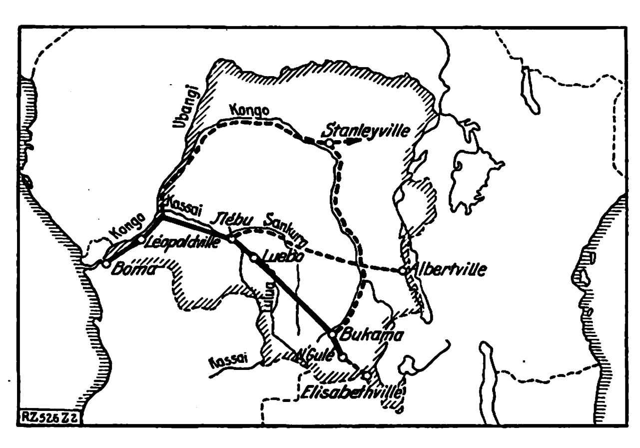


Abb. 18
Luftlinien in Belgisch-Kongo (------ geplant)

lischen Ursprungs. Zur Zeit stehen zur Verfügung: a dreimotorige Flugzeuge, Bauart Handley Page W. 8, drei einmotorige, Bauart De Havilland D 50. Davon dien drei dreimotorige und ein einmotoriges als Ersatz, falls planmäßiges versagt. Die Verkehrsleistungen sind s rasch gestiegen. 1925 wurden von der Eröffnung des Di stes an (im Juni) bis zum Jahresschluß rd. 50 000 km rückgelegt. 1926 von Januar bis November rd. 138 000 k

Eine bedeutende Ausdehnung des Luftdienstes ist plant. Zunächst sind folgende Strecken in Aussicht nommen, Abb. 18:

1. Von Léopoldville den Kongo entlang nach Stanleyvil
2. Von Ilébu am Zusammenfluß des Sankuru und Kas bis Albertville am Tanganjika-See.
3. Eine diese beiden und die jetzigen Linien kreuzer Nord-Süd-Verbindung Stanleyville – Bukama.

Die Gesamtlänge dieses Netzes würde mit ungef 7500 km das belgische Eisenbahnnetz um fast 90 vH üb treffen. Für eine spätere Zukunft ist eine Fortsetzung Hauptlinien nach dem Tschad-See und dem Nil vorgeseh

Berlin-Karlshorst [M 526] Karl H. Rühl

Kleine Mitteilungen

Lloyds zweiter Vierteljahrsbericht

Am 30. Juni waren auf den Werften der Welt folgende Handelsschiffe im Bau: 370 Dampfschiffe mit 1 366 809 B.-R.-T., 268 Motorschiffe mit 1 459 595 B.-R.-T., insgesamt mit den Segelschiffen 671 Schiffe mit 2 840 545 B.-R.-T. Der Baubestand hat um 271 000 B.-R.-T. gegenüber dem ersten Vierteljahr 1927 zugenommen. Diese Zunahme wird nur durch den vergrößerten Raumgehalt der im Bau befindlichen Motorschiffe verursacht. Der Raumgehalt der im Bau befindlichen Dampfschiffe hat sich sogar etwas verringert.

Zum erstenmal übersteigt der Raumgehalt der im Bau befindlichen Motorschiffe denjenigen der Dampfschiffe. Die Tätigkeit im Motorschiffbau hat in mehreren Ländern bedeutend zugenommen. Eine Ausnahme bildet Deutschland, wo sich im zweiten Vierteljahr nur der Dampfschiffbau bedeutend vergrößert hat. [N 676 a] Ls.

Wirtschaftlichkeit amerikanischer und englischer Lokomotiven

Wirtschaftliche Erwägungen haben in den Vereinigten Staaten dazu geführt, daß man die Güterzuglokomotiven stets bis zur Höchstleistungsgrenze trotz der dabei schlechten Kohlenausnutzung beansprucht. Man ist aber nur durch weitgehende Verwendung mechanischer Rostbeschicker in der Lage, diese Grenze zu erreichen. In England geht man nicht bis zur vollen Ausnutzung.

Die Erfahrung hat nun gelehrt, daß Rostflächen über rd. 5,5 m² nicht mehr mit der Hand beschickt werden können. Bei Handfeuerung kann man den Rost mit 400 kg/h je m² Rostfläche versorgen, während die mechanische Rostbeschikkung 4880 bis 5380 kg/h bei denselben Verhältnissen ermöglicht und somit eine bedeutend höhere Anstrengung der Lokomotive zuläßt. Es ist daher auch nicht verwunderlich, wenn amerikanische Lokomotiven einen Kohlenverbrauch von 3 t/m²h haben. Die schweren Lokomotiven bei der Erie- und Virginia-Bahn haben sogar bei 11,3 m² Rost- und 640 m² wasserberührter Heizfläche einen Kohlenverbrauch von 5,5 t/m²h; sie entfalten dabei eine Zugkraft von 70 000 kg. Versuche haben ergeben, daß wenn die Rostbelastung von 1125 kg/h für eine bestimmte Rostfläche auf 5600 kg gesteigert wird, die Verdampfungsziffer von 9,75 auf 7 fällt. Trotz dieser Verschlechterung des thermischen Wirkungsgrades belastet man in Amerika die Lokomotiven bis zur Höchstgrenze. („The Engineer" 22. Juli 1927 S. 98.) [N 676 b] Krs.

Neue Schlafwagen

Zwei neue von den Wolverton-Werken, England, erbaute Schlafwagen sind kürzlich in Dienst gestellt worden. Der Ganzmetall-Rahmen dieser Fahrzeuge ruht mit besonders weicher Federung auf zwei dreiachsigen Drehgestellen. Der Wagen hat folgende Abmessungen: Länge über Puffer rd. 22 m; Länge des Wagenkastens rd. 20,8 m; Breite rd. 2,75 m. Gummiklötze zwischen Wagenkasten und Rahmen, sowie Filzeinlagen in den Doppelböden sollen die Erschütterungen während der Fahrt dämpfen. Der Wagen ist mit selbsttätiger Saugbremse, Westinghouse-Dampfheizung und elektrischer Lichtanlage, Bauart Wolverton, ausgerüst Besonders hat man es bei diesen Wagen verstanden, du zweckmäßige Ausgestaltung der Inneneinrichtung dem R senden die denkbar größte Bequemlichkeit zu schaffen. („T Engineer" 22. Juli 1927 S. 104*.) [N 676 c] Krs.

Abwärmeverwertung in einer Zementfabrik

Eine große Abwärmeverwertungsanlage im Betriebe Florida Portland-Zement Co. geht ihrer Vollendung e gegen. Hinter den drei Zementöfen werden drei Abhit kessel von je 835 m² Heizfläche, 18 at abs Betriebsdruck u rd. 270° Dampftemperatur aufgestellt, in denen Dampf zwei Allis-Chalmers-Turbinen von 1250 und 4000 kVA zeugt wird. Jeder Abhitzkessel hat vier Züge, einen Spei wasservorwärmer hinter dem vierten und einen Überhit hinter dem ersten Zug. Die Rauchgaskanäle zwischen Öfen und Kesseln haben Verbindung untereinander und mittelbar mit dem gemeinsamen, 66 m hohen Schornstein, daß die ganze Kesselanlage oder ein Teil je nach Abg menge und Dampfbedarf ab- oder zugeschaltet werden ka („Power" 5. Juli 1927 S. 37.) [N 676 d] Pt.

Hochdruckdampf in industriellen Betrieben

Während der Übergang zu immer höheren Drücken den großen amerikanischen Kraftwerken unverkennbar folgte die Industrie nur ganz allmählich nach, vor all deshalb, weil gerade in Amerika durch die Hochkonjunk der Kriegsjahre die meisten Fabriken eine Ausdehnung genommen hatten, die ihrer normalen Absatzfähigkeit ni entsprach, so daß also Erweiterungen zunächst nur selten Frage kamen und auch größere Umbauten möglichst verm den wurden. Trotzdem gibt es heute in den Vereinig Staaten nach einer kürzlich aufgestellten Statistik 27 in strielle Dampfkraftwerke mit Drücken von mehr als 14 at darunter acht von mehr als 25 at abs. Die Papi industrie hat die meisten Hochdruckanlagen (zehn, d etwa 35 vH), dann folgen die chemischen Fabriken und Ölraffinerien (je vier Werke). Die Maschinen sind etwa einen Hälfte Gegendruckturbinen, zur andern Hälfte Anza turbinen. Die Anfangstemperaturen sind sehr verschied sie schwanken zwischen 200 und 370°. („Power" 12. J 1927 S. 51.) [N 676 e] Pt.

Die Metallbearbeitungsmaschinen in d amerikanischen Elektroindustrie

Durch eine Umfrage ist festgestellt worden, daß in amerikanischen Elektroindustrie rd. 144 500 Metallbeart tungsmaschinen im Gebrauch sind. 16 vH davon sind Dr bänke, 10 vH Bohrmaschinen, je 7,6 vH Schleifmaschi und Kraftpressen, 5 vH Fräsmaschinen; es folgen Ha pressen, Querhobelmaschinen und die übrigen norma Maschinen. Sehr hoch ist der Anteil der Sondermaschi mit rd. 48 000 Stück, d. s. rd. 33 vH. Im Mittel si 41 vH aller Maschinen 10 Jahre oder länger in Betri („American Machinist" 23. Juli 1927 S. 1005.) [N 676 f] Pa.

BÜCHERSCHAU

Bewegungsfugen im Beton- und Eisenbetonbau. Von A. Kleinlogel. Berlin 1927, Ernst & Sohn. 220 S. m. 540 Abb. Preis 19 M.

Das Schwinden des erhärtenden und erhärteten Betons, seine verhältnismäßig große Wärmeausdehnungszahl u. a. verursachen Formänderungen, die für große Bauwerke nur dann ohne Nachteile eintreten können, wenn der Entwurf von vornherein auf sie ausreichend Rücksicht nimmt. Der entwerfende Ingenieur ist sich nicht immer über die zweckmäßige Lösung einer Dehnungsfuge für den einzelnen Fall klar, und oft ist eine Anregung, wie sie das vorliegende Buch für die verschiedenen Gebiete bringt, sehr erwünscht.

Für Hochbauten wird neben allgemeinen praktischen Regeln für die Ausführung von Bewegungsfugen an vielen Beispielen gezeigt, wie diese Fugen in Gründungen, Wänden, Decken und Dachbauten zweckmäßig und wirksam angeordnet werden. Weitere Abschnitte bringen bewährte Lösungen von Dehnungsfugen für Silos, Brücken, Kanalbrücken, Wasserleitungen, offene Kanäle, Schleusen und Rohrleitungen. Ein Abschnitt behandelt die Ausbildung der Dehnungsfugen für Staumauern, ein andrer erörtert die Fugenanordnung bei Betonstraßen.

Die zahlreichen der Praxis entnommenen Beispiele mit vielen Übersichts- und Teilzeichnungen geben nicht nur dem Studierenden, sondern auch dem in der Praxis stehenden Ingenieur wertvolle Bereicherung seiner Kenntnisse und fruchtbare Anregungen.

In einem Anhang sind noch in übersichtlicher Weise die in dieses Gebiet fallenden amtlichen Bestimmungen für Deutschland, die Vereinigten Staaten von Nordamerika, die Schweiz, Österreich, Schweden, Norwegen, Italien, Rußland und die Tschechoslowakei zusammengestellt.

[E 528] Stein

Mathematische Aufgaben aus der Technik. Von M. Hauptmann. Leipzig und Berlin 1927, B. G. Teubner. 108 S. m. 115 Abb. Preis 3,60 M.

Es genügt bekanntlich für den Techniker nicht, die Mathematik nur nach ihrem Wesen und Inhalt zu kennen. Viel wichtiger ist, daß er sie auch anwenden lernt. Denn Formelbeherrschung läßt noch lange nicht den mathematischen Kern einer Aufgabe und den Punkt erkennen, an dem das mathematische Werkzeug anzusetzen ist. Es ist sehr erfreulich, daß jetzt immer mehr solche Bücher herausgegeben werden, die die Mathematik in ihrer unendlich vielseitigen Anwendung auf die Technik lehren.

In dem vorliegenden Werk wird eine große Zahl Aufgaben aus den verschiedensten Gebieten der Technik behandelt, so aus der Stoffkunde, Festigkeitslehre, Berg- und Hüttenwesen, Maschinenelemente, Schiffbau, Brückenbau usf. Jedem Abschnitt sind kurze Sacherläuterungen und Angabe des Schrifttums vorangestellt, fast jeder der vollkommen voneinander unabhängigen Aufgaben sind Skizzen beigefügt, die das Eindringen in die Aufgabe und damit ihre Lösung erleichtern helfen.

Das Buch wird ohne Zweifel allen Lehrern der Technik und den Technikern selbst willkommen sein.

[E 389] Harm

Metallniederschläge und Metallfärbungen. Von F. Michel. Berlin 1927, Julius Springer. 179 S. m. 13 Abb. Preis 6,90 M.

Das Buch zählt zu derjenigen Klasse galvanotechnischer Werke, die unter fast völligem Verzicht auf eine Darstellung der chemischen und elektrochemischen Grundlagen dieses Fachgebietes (deren Darstellung in solchen Fällen inhaltlich, z. B. auch hier den schwächsten Teil eines solchen Buches bildet) sich vorwiegend an den Praktiker wenden, um diesem Angaben zu bieten, die, um mit den Worten des Verfassers zu sprechen, ihm ermöglichen, bei Ausführung seiner Arbeiten ohne viele theoretischen Erklärungen auf diesem oder jenem Wege zum Ziele zu kommen. Zu diesem Zwecke wird nur eine beschränkte Anzahl von Badrezepten gebracht, und zwar zumeist der gutbewährten älteren, die der Verfasser außerdem noch selbst erprobt hat, und für die er die einschlägige Arbeitsweise in möglichst breiter und leicht verständlicher Form darlegt. Hierbei hat der Verfasser augenscheinlich in erster Linie an die Bedürfnisse der Galvaniseure und Metallfärber der Schmuckwarenindustrie gedacht.

In der erwähnten Absicht geschrieben, kann das Buch und will es wohl auch nicht zur Einführung in das Gesamtgebiet der Galvanotechnik dienen, zumal ja verschiedene wichtige Gebiete nicht beschrieben werden, z. B. die Glocken- und ähnliche Geräte für Massengalvanisierung, die neueren sog. Wanderbäder und neuere Arten der Oberflächenveredelung, z. B. mittels Überzügen von Kadmium und mittels Verchromung, d. h. durch Verfahren, an denen heute auch der Praktiker nicht mehr achtlos vorübergehen kann, wenngleich er bei dem letzteren Verfahren wohl kaum in die Lage kommen wird, sich seine Bäder selbst zusammenzusetzen. Abgesehen hiervon ist innerhalb der vom Verfasser selbst gezogenen Grenzen das Buch jedoch geeignet, dem praktischen Galvaniseur auf manche Frage, wenn auch nicht auf alle Fragen, in leicht verständlicher Form die gewünschte Auskunft zu geben.

[E 515] Dr.-Ing. Georg Eger

Fortschritte der Chemie, Physik und physikalischen Chemie. 19. Bd., 1. H.: **Die Zerstäubungserscheinungen bei Metallen.** Von Joseph Fischer. Berlin 1927, Gebrüder Borntræger. 70 S. m. 14 Abb. Preis 4,80 M.

Die kleine Monographie behandelt mit guter Gliederung des Stoffes alle Abtragungserscheinungen der Oberfläche von Metallen in der Luftleere oder in Gasen, die man heute noch unter dem Namen Zerstäubung zusammenfaßt, so den reinen Verdampfungsvorgang, ferner die mechanisch-thermische Zerstäubung, die auf einer Sprengwirkung in der Oberfläche eingeschlossener Gase beruht, endlich den Abbau der Metalloberfläche durch chemische Wirkung des umgebenden Gases.

Ein spezieller Fall dieser chemischen Wirkung ist die elektro-chemische Zerstäubung, bei der das Gas erst unter dem Einfluß der Entladung aktiviert und zur Bildung flüchtiger Metallverbindungen befähigt wird, die sich an entfernteren Stellen des Entladungsrohres unter Metallabscheidung wieder zersetzen. Der größte Raum ist, wie zu erwarten, der elektrischen Stoßverdampfung gewidmet: so bezeichnet der Verfasser die durch Auftreten positiver Ionen auf die Metalloberfläche bewirkte Zerstäubung. Ihre Abhängigkeit von den zahlreichen Versuchsvariablen und die dafür bisher aufgestellten Theorien werden kritisch besprochen. Die Darstellung ist klar und anregend. [E 560] Skaupy

Edison. Der Mann und sein Werk. Von George S. Bryan. Übers. von Karl Otten. Leipzig 1927, Paul List. 300 S. m. versch. Abb. Preis 9 M.

Der Inhalt dieses Buches ist — ähnlich wie bei andern bekannten Edison-Biographien — sehr auf das Anekdotenhafte eingestellt, die Darstellung sehr weitschweifig. Die Übersetzung aber macht das Buch unmöglich. Es ist unbegreiflich, daß man zur Verdeutschung dieses Buches, das sich in der Hauptsache mit technischen Dingen befaßt, einen Übersetzer hat wählen können, der offenbar der Technik gänzlich fernsteht, und es anscheinend auch nicht für nötig gehalten hat, sich von fachkundiger Seite beraten zu lassen. Sonst hätten die vielen Entgleisungen auf technischem Gebiete nicht vorkommen können. Es wird z. B. von einem „Druck" von 110 Volt, von „Direktstrom" und von der „Tourenzahl" einer Spule gesprochen; eine „Akkumulatorenbatterie" wird „Lagerbatterie" genannt. Die Umkehrbarkeit von Motor und Generator wird mit „Umsteuerung" bezeichnet. Dergleichen Fehler finden sich in großer Zahl.

Von der Art der Darstellung der technischen Vorgänge geben folgende Stellen einen Begriff: Der Unterschied zwischen Reihen- und Parallelschaltung wird folgendermaßen erklärt (Seite 107): „Um die Lampen voneinander unabhängig zu machen, war es nötig, sie an einen „vielfachen Stromkreis" anzuschließen. Sie konnten nicht in Reihen angeschlossen werden. „Vielfacher Stromkreis" und „Reihen" sind die gebräuchlichen Bezeichnungen für die beiden führenden Systeme, den elektrischen Strom für den allgemeinen Gebrauch zu verteilen. Um eine ungefähre Vorstellung des Reihensystems zu haben, mag man es als eine große Schleife oder ellipsenartige Vorrichtung ansehen, an die alle Lampen direkt angeschlossen sind" usw. Sehr schön heißt es auch in der Beschreibung der ersten elektrischen Lokomotive (S. 225): „Der Motor lief also „parallel" oder „im mehrfachen Bogen". Die Kraft wurde zuerst durch eine umständliche Vorrichtung von Reibungskolben auf die Triebachse übertragen. Wenn der Motorführer die Lokomotive umsteuern wollte, schaltete er einen Hebel und leitete den Strom durch die Armaturrollen." Und derartiger Unsinn erscheint in erstklassiger Aufmachung und wird dem deutschen Volk von einem bedeutenden Verlag angeboten! — Man kann dem Verlag zur Erhaltung seines guten Rufes nur empfehlen, das Buch einer gründlichen Überarbeitung zu unterziehen. [E 391] Wgm.

Die Haager Konferenz 1925. Von Albert Osterrieth. Berlin 1926, Verlag Chemie. 158 S. Preis 6 *M.*

Kurz vor seinem Tode hat Osterrieth die Handschrift des Buches vollendet. Es gibt den Inhalt seiner letzten größeren Arbeit wieder. Er berichtet über die Umstände und Erwägungen, die zu der durchgreifenden Abänderung des Unionvertrages und der Nebenverträge geführt haben und an denen er an hervorragender Stelle beteiligt war. Ausführlich, aber nicht weitschweifig, gibt er Auskunft über die Unterlagen und den Gang der Verhandlungen. Wer zweifelhafte Fragen des Unionsrechtes vom deutschen Standpunkt aus zu entscheiden hat, wird in diesem Buch den besten Wegweiser finden. Wir können nur immer wieder der Trauer Ausdruck geben, daß wir die Beteiligung des Verfassers selbst an dieser Arbeit entbehren müssen. [E 293] Nb.

Chronik des Deutschen Museums von Meisterwerken der Naturwissenschaften und Technik. Gründung, Grundsteinlegung und Eröffnung, 1903 bis 1925. München 1927, Selbstverlag. 91 S. m. zahlr. Abb. Preis 3 *M.*

Vorwort von Prof. von Harnack — Die Gründung — Von der Gründung bis zur Eröffnung der provisorischen Sammlungen am 12. November 1906 — Von der Grundsteinlegung bis zur Vollendung des Museums-Neubaues — Eröffnung des Museums-Neubaues am 7. Mai 1925.

Mitteilungen des Instituts für Kraftfahrwesen an der Sächsischen Technischen Hochschule Dresden. Herausgeg. von Otto Wawrziniok. 3. Sammelbd., 67 S. m. 63 Abb. 4. Sammelbd. 93 S. m. 63 Abb. Berlin 1927, Klasing & Co. Preis 4 *M.*

3. Sammelband: Betrachtungen über die Verhältnisse des Kraftfahrzeugverkehrs in Deutschland am Ende des Jahre 1926. Von Prof. Wawrziniok. — Die Dämpfung des Auspuffgeräusches der Kraftfahrzeugmotoren. Von Prof. Wawrziniok. — Die Kraftstoffbehälter der Kraftfahrzeuge und die zu ihrer Herstellung geeigneten Werkstoffe. Von Prof. Wawrziniok. — Kraftwagenkühler und ihr Verhalten gegenüber Frostschutzmitteln. Von Prof. Wawrziniok. — Leistungsverbesserung der Fahrzeugmotoren durch Leichtmetallkolben. Von Oskar Lindner. — Über Gemischvorwärmung. Von Oskar Lindner. — Bericht über Versuche zur Ermittlung des Reibungskoeffizienten von Belagmaterial trockenlaufender Automobilmotorenkupplungen. Von Fritz Florig. — Die Berechnung des axialen Anpressungsdruckes für Konuskupplungen. Von Fritz Florig. — Untersuchung einer Lanz-Kraftzugmaschine „Bulldog". Von E. Döhnert.

4. Sammelband: Versuche mit spiritus- und alkoholhaltigen Motorkraftstoffen. Von Prof. Wawrziniok.

Hansa-Bücherei. Bibliothek des gesamten kaufmännischen Wissens, 11. Bd.: **Die industrielle Selbstkostenrechnung.** Von Walter Rahm. Berlin-Schöneberg 1927, Mentor-Verlag. 140 S. Preis 4,50 *M.*

Die Aufgaben der Selbstkostenberechnung. — Gliederung der Selbstkosten. — Einführung eines Kalkulationsverfahrens. — Der Einfluß moderner Herstellungsverfahren. — Die Selbstkostenberechnung als Ausschnitt aus der Gesamtorganisation. — Berechnungsarten. — Der Begriff „Selbstkosten". — Die Kostenelemente. — Das Material. — Die Löhne. — Spezielle Kosten. — Der Begriff „Unkosten". — Abschreibungen. — Zuschlagsverfahren. — Betriebsbilanzen. — Inventur. — Statistik. — Sachregister. — Literaturverzeichnis.

Bibliothek des Radio-Amateurs, 15. Bd.: **Innenantenne und Rahmenantenne.** Von Friedr. Dietsche 2. Aufl. Berlin 1927, Julius Springer. 110 S. m. 90 Abb. Preis 3,30 *M.*

Da die Anlage von Hochantennen für Funkliebhaber in größeren Städten oft sehr erschwert, manchmal kaum noch durchführbar ist, kommt das Büchlein von Dietsche für weite Kreise sehr gelegen. Es gibt dem zeitarmen Nichtspezialisten eine gute Anleitung zur selbständigen Beurteilung und zum Bau von Innen- und Rahmenantennen. Wer sich tiefer einarbeiten will und elektrotechnisch vorgebildet ist, wird allerdings zu eingehenderen Werken greifen, von denen einige angegeben sind. Aus dem Inhalt: Theorie, Ausführungsformen, Güte des Empfanges, Anleitungen, Teile und Werkstoffe zum Bau u. a.

Reichsbahn-Handbuch 1927. Bearbeitet in der Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft. Berlin 1927, Verlag der Verkehrswissenschaftlichen Lehrmittelgesellschaft bei der Deutschen Reichsbahn. 659 S. m. 32 Karten. Preis 18,50 *M.*

Die neue Verordnung über Kraftfahrzeugverkehr. Von Dr. Hey. 2. Aufl. Berlin 1927, Rich. Carl Schmidt & Co. 137 S. m. Abb. Preis 2 *M.*

Die Handhabung des Rechenschiebers. Von Dr. H. Schütz. Stuttgart 1927, Dieck & Co. 48 S. m. 40 Abb. u. 100 Beisp. Preis 1,20 *M.*

Die Eisenbahn im Bild. Von John Fuhlberg-Hors. Stuttgart 1927, Dieck & Co. 464 S. m. zahlr. Abb. Preis 20 *M.*

Das Bergwerk im Bild. Von Eduard Pfeiffer. 3. Aufl. Stuttgart 1927, Dieck & Co. 120 S. m. zahlr. Abb. Preis 7,50 *M.*

Das Deutsche Eisenbahn-Adreßbuch. Bearbeitet vom Verbande der Ingenieure der Reichsbahn, E. V. Ausgabe 1927. Berlin 1927, H. Apitz. 612 S. Preis 15 *M.*

Technisches Zeichnen. Von A. Gruber. Ravensburg 1927, Otto Maier. 155 S. m. Abb. Preis 3 *M.*

Arbeit und Gesundheit, 6. H.: Organisation des Rettungswesens in Fabriken und Betrieben. Von Hermann Gerbis. Berlin 1927, Reimar Hobbing. 70 S. m. 30 Abb. Preis 3,20 *M.*

Unsere Technik und Amerika. Von Emo Descovich. Stuttgart 1927, Dieck & Co. 78 S. m. 22 Abb. Preis 2,50 *M.*

Ingenieur, Volk und Welt. Von W. Büttner. Leipzig 1927, Hesse & Becker. 317 S. m. zahlr. Abb. Preis 8 *M.*

Das deutsche Handwerk in Vergangenheit und Gegenwart. Von Bernhard Lehnert. Eisleben 1927, Glockenverlag A. Klöppel. 103 S. Preis 2,10 *M.*

Badische Heimat. Zeitschrift für Volkskunde, ländliche Wohlfahrtspflege, Heimat- und Denkmalschutz. 14. Jahresheft 1927: **Mannheim.** Herausgeg. von Hermann Eris Busse. Karlsruhe 1927, G. Braun. 288 S. m. Abb. Preis 7,50 *M.*

Benjamin Carver Lamme. An Autobiography. New York and London 1926, G. P. Putnam's Sons. 271 S. m. Abb. Preis 3 Dollar.

Schluß des Textteiles

INHALT:

Namen- und Sachverzeichnis Bd. 71 (1927) 1. Halbjahr

Das Verzeichnis wird Nr. 33 dieser Zeitschrift vom 13. August 1927 beiliegen.

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★
BD. 71 SONNABEND, 13. AUGUST 1927 NR. 33

Kompressoren für große Kälteleistungen

Von Direktor Dr.-Ing. Heinz Voigt, Kassel

Die beiden bisher größten Kältemaschinen der Welt, ein Sulzer-Kolbenkompressor von 3,5 und ein Turbokompressor von Brown Boveri & Cie., A.-G. von 6 bis 8 Mill. kcal/h Leistung werden beschrieben, die bisherigen Ergebnisse gestreift und Vergleiche für die Wirtschaftlichkeit beider Maschinenarten angestellt.

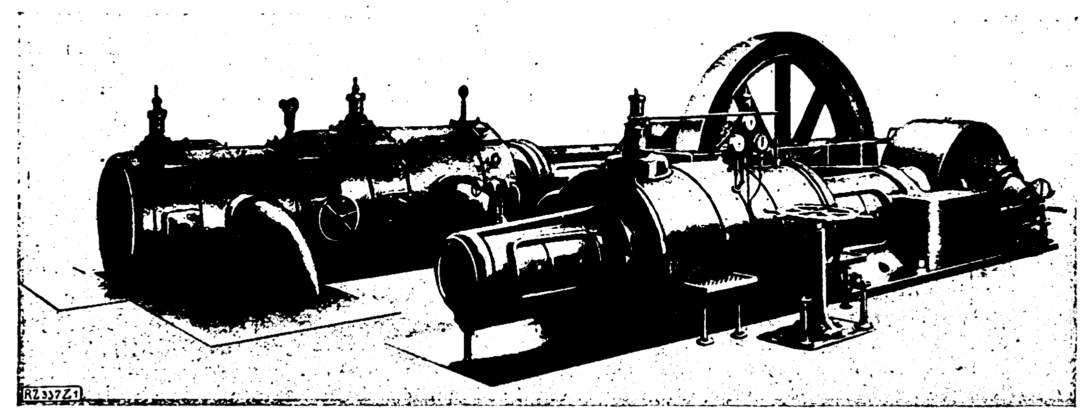


Abb. 1
Kolbenverdichter von 3,5 Mill. kcal/h, gebaut von Gebr. Sulzer

Bis vor wenigen Jahren erstreckte sich die Anwendung von Kältemaschinen in der Hauptsache auf die Herstellung von künstlichem Eis, die Erhaltung von Nahrungs- und Genußmitteln aller Art, die Schiffskühlung, das Abteufen von Schächten und in einigen Sonderfällen auch auf die Herstellung von Eisbahnen. Die hierfür in Frage kommenden Maschinengrößen gingen im allgemeinen nicht über 500 000 kcal/h hinaus. Einige Ausnahmen waren Maschinen bis zu 1 Mill. kcal/h.

Die chemische Großindustrie begann sich erst neuerdings der Kältetechnik zu bedienen, um gewisse Salze, die erst bei tieferer Temperatur ausfallen, maschinell zu erzeugen. So verlangte die Glaubersalzfabrikation, die früher nur mit der natürlichen Winterkälte zu arbeiten gewohnt war, bei der erheblichen Ausdehnung dieses Zweiges sehr bald Kälteleistungen, die die üblichen Maschinengrößen nicht mehr befriedigen konnten. Ein praktisches Ausführungsbeispiel dieser Art ist die neue Glaubersalzfabrik des Werkes Kaiseroda der Kali-Industrie, A.-G., Kassel, die von vornherein rd. 3 Mill. kcal/h bereitstellen mußte, um die verlangte Menge Glaubersalz in ständig durchlaufendem Gefrierprozeß zu erzeugen. Anfragen an große deutsche Kältefirmen im Jahre 1923 ergaben, daß die Ausführung eines Kompressors von dieser Leistung zum mindesten noch ein gewisses Wagnis bedeutete. So wollte eine bekannte Fabrik die Leistung auf drei Maschinen von je 1 Mill. kcal/h verteilen, statt eine einzige Maschine von 3 Mill. kcal/h zu empfehlen.

Kolbenkompressor von 3,5 Mill. kcal/h Leistung

Die Firma Gebr. Sulzer, Ludwigshafen, hat die verlangte Maschine als Ammoniakverdichter entworfen und rechtzeitig zur Ablieferung gebracht. Zum Antrieb des Kompressors, Abb. 1, dient eine unmittelbar gekuppelte Einzylinder-Gegendruck-Dampfmaschine mit Ventilsteuerung für rd. 1200 PS_e größte Leistung bei 150 Uml./min, Eintrittsdampf von 24 at und 350 °C und 3 at Gegendruck. Der liegende zweistufige Kompressor hat 750 und 575 mm Zyl.-Dmr. und 725 mm Hub und ist für Ammoniak-Einspritz-Zwischenkühlung eingerichtet. Die äußersten Grenzen, innerhalb deren diese Maschine im allgemeinen betrieben werden kann, sind:

Verdampftemperatur . .	— 5	— 20 °C
Verflüssigungstemperatur	+ 25	+ 32 „
Kälteleistung	4,12	2,18 Mill. kcal/h.

Meistens ist die Maschine bei — 10 °C Verdampftemperatur, + 25 °C Verflüssigungstemperatur und 20 °C vor dem Regulierventil mit 3,4 Mill. kcal/h belastet.

Die Bauart dieses Kompressors ist aus Abb. 2 bis 5 ersichtlich. Niederdruck- und Hochdruckzylinder sind hintereinander angeordnet. Wegen der außergewöhnlichen Abmessungen mußte man das Ein- und Ausbauen der Kolben und Ventile durch besondere Vorrichtungen erleichtern. Der Hochdruckzylinder, der auf einer Führungsplatte sitzt, kann mittels eines Schneckengetriebes *a* in axialer Richtung verschoben werden. Zum Ein- und Ausbau der geneigt nach unten gerichteten Ventile dienen auf Gewindespindeln einstellbare Füller *b*, die auf Böcken *c* am Fundament abgestützt sind.

Die Kolbenstangen-Stopfbüchsen *d* und *e* haben Metallpackungen von besonderer Bauart. Die Zwischenstopfbüchse *e* ist mit Wasserkühlung (Berieselungskühlung) versehen. Damit man unbelastet anfahren kann, sind an beiden Zylindern Sicherheits- und Umlaufventile *f* und *g* vorhanden, die Saug- und Druckseite miteinander verbinden. Lager und Gestänge werden mittels einer an der Dampfmaschine angebrachten Druckölpumpe geschmiert.

Die Ventile auf der Saug- und Druckseite des Kompressors, Abb. 6 und 7, sind Plattenventile und im wesentlichen gleichgebaut. Ventilplatte und Fängerplatte werden durch Lenkerfedern, also ohne Reibung, geführt.

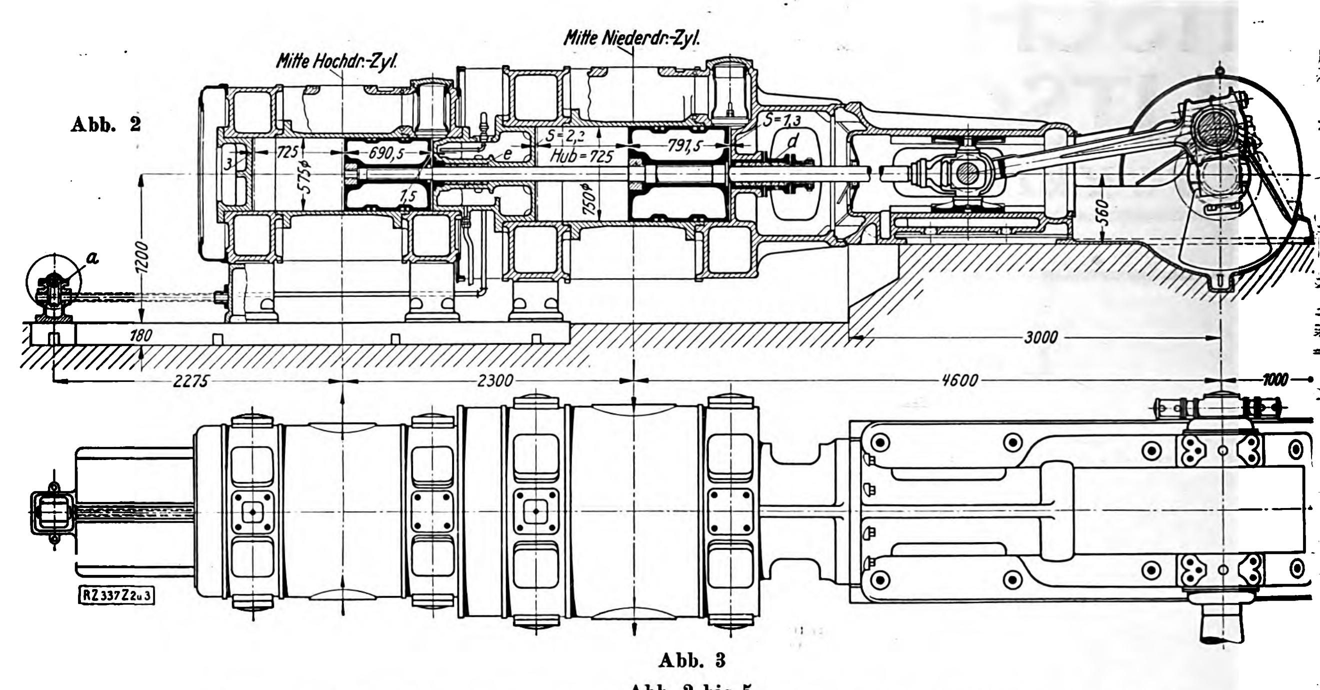


Abb. 3

Abb. 2 bis 5
Ammoniak-Verbundkompressor; 575 und 750 mm Zyl.-Dmr., 725 mm Hub; $n = 150$ Uml./min

Der Stoß beim Öffnen der Ventile wird zunächst durch die Federn *e* und dann von der federnden Fängerplatte *d* aufgenommen. Der Ventilschluß wird durch die Stoßfedern *e* allein herbeigeführt. Das Gewicht der arbeitenden Teile der Ventile ist außerordentlich gering. Da die durchströmenden Dämpfe verhältnismäßig große Flächen der Ventilplatte treffen und die Federung sowie die Dämpfung der Ventilplatte sehr weich sind, so ist nur geringer Überdruck notwendig, um die Ventile offen zu halten. Die freien Querschnitte sind im Verhältnis zum Gesamtquerschnitt der Ventile, verglichen mit Kegelventilen, sehr groß, so daß die Durchströmgeschwindigkeiten der Gase gering sind. Diese Vorzüge machen neben geringem Kraftverbrauch hohe Drehzahlen zulässig. Die geringe Drosselung der Dämpfe in den Ventilen ergibt einen Gewinn an Leistung des Kompressors, gegenüber einem solchen mit Kegelventilen. Die vereinigten Sicherheits- und Umlaufventile am Hochdruck- und Niederdruck-Zylinder, Abb. 8, verbinden bei angehobener Spindel Druck- und Saugseite miteinander, während sie bei gespannter Feder als Sicherheitsventile wirken.

Zum Schmieren der Zylinder und der Kolbenstangen-Stopfbüchsen dient eine besondere Vorrichtung, Abb. und 10. Am freien Wellenende des Kompressors werden über Schraubenräder zwei Doppelkolben-Ölpumpen angetrieben, die aus Tropfölern a_1 bis a_4 gespeist werden. ein Kolben der Pumpe fördert Öl in den Niederdruckzylinder und in den Hochdruckzylinder, ein weiterer Kolben versorgt die vordere Stopfbüchse; überschüssiges Öl tritt aus der Stopfbüchse oben wieder aus und gelan in den Saugstutzen des Niederdruckzylinders. In d gleichen Weise wirkt die Schmierung der Zwischenstopfbüchse, aus der das überschüssige Öl in den Saugstutzen des Hochdruckzylinders abgeleitet wird. Rüc

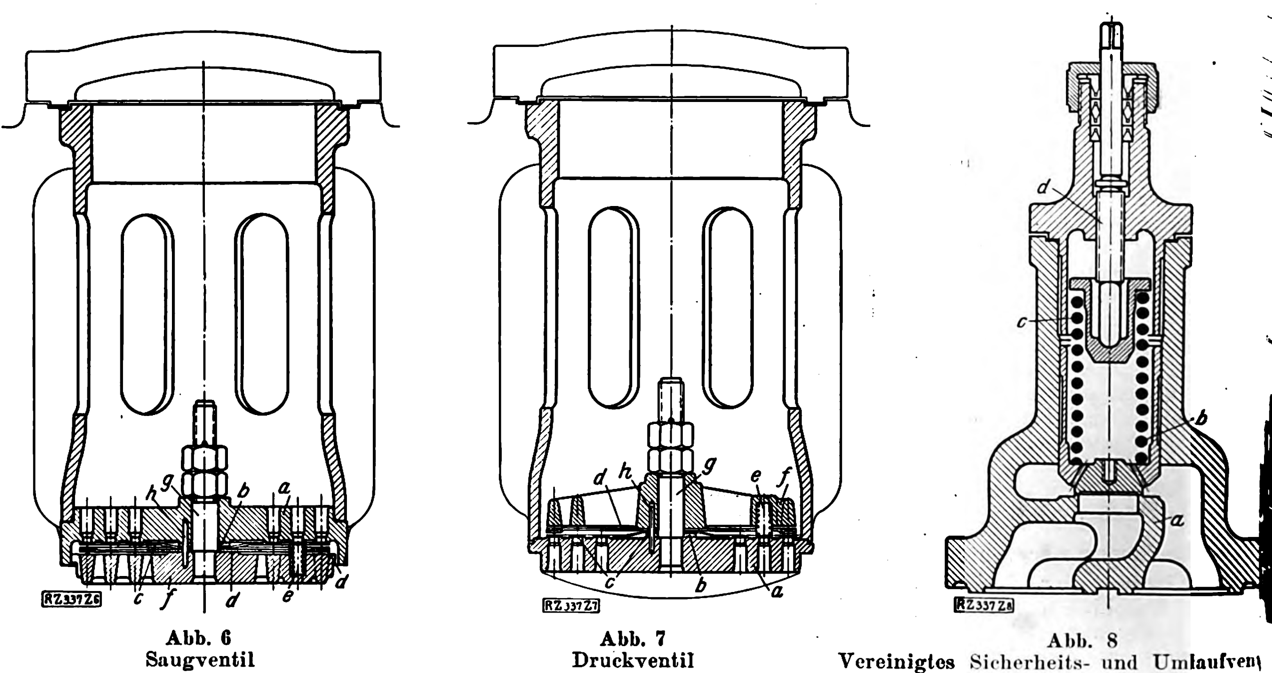


Abb. 6
Saugventil

Abb. 7
Druckventil

a Sitz, *b* Hubscheibe, *c* Ventilplatte, *d* Fängerplatte, *e* Stoßfedern, *f* Hubbegrenzer, *g* Verbindungsbolzen, *h* Sicherungsstift

Abb. 8
Vereinigtes Sicherheits- und Umlaufven

a Sitz, *b* Ventilkörper, *c* Feder, *d* Spindel

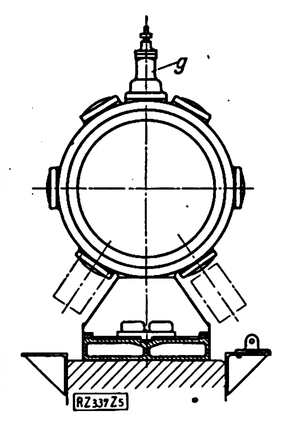
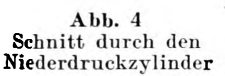



Abb. 4
Schnitt durch den Niederdruckzylinder

Abb. 5
Ansicht des Hochdruckzylinders von hinten

a Schneckengetriebe *b* Füller *c* Böcke
d, *e* Kolbenstangen-Stopfbüchsen
f Sicherheits- und Umlaufventil für den Niederdruckzylinder
g „ „ „ „ „ Hochdruckzylinder

…chlagventile b_1 bis b_4 an der Ölpumpe verhindern, daß …as in die Pumpe strömt. Bei Stillstand der Maschine …erden außerdem die Absperrhähne c_1 bis c_4 geschlossen.

Dieser bisher größte Kälte-Kolbenkompressor der …elt hat trotz seiner im Kältemaschinenbau ungewöhn…ichen Abmessungen seit der Inbetriebsetzung im Spät…ommer 1924 in jeder Weise befriedigt. Kleine anfängliche …chwierigkeiten im Betrieb sind sofort behoben worden.

Schon vor der Inbetriebnahme dieser Maschine mußte mit Rücksicht auf die Absatzverhältnisse für Glaubersalz an eine beträchtliche Erweiterung der Kälteanlage gedacht werden. Obgleich heute Kolbenkompressoren von 6 Mill. kcal/h Leistung gebaut werden können, bestanden damals noch Bedenken gegen die Verwendung größerer Maschinen als der eben beschriebenen. Da der weitere Kältebedarf ungefähr das Doppelte der Leistung der ersten Maschine bedingte, so schlug die Firma Gebr. Sulzer vor, zwei weitere Kompressoren von je 3 Mill. kcal/h Leistung aufzustellen. Damit wäre aber im Kraftwerk der für eine Turbodynamo von 4750 kW Leistung bestimmte Platz für die Kälteanlage verbraucht und eine sofortige Erweiterung des Kraftwerks nötig geworden.

Turbokompressor von 6 bis 8 Mill. kcal/h Leistung

Unter diesem Zwang der Verhältnisse entschloß man sich, eine schon früher theoretisch erwogene Möglichkeit in die Praxis umzusetzen und für die Erweiterung einen Ammoniak-Turbokompressor vorzusehen, ein Schritt, der mit Rücksicht auf die noch ungeklärten Fragen der Stopfbüchsen- und sonstigen Abdichtung gewagt war. Bei vorurteilsloser Prüfung ergaben sich folgende Vorteile des Turbokompressors:

1. Vollkommene Ölfreiheit des Abdampfes, während Kolbenmaschinenabdampf das zum Kesselspeisen dienende Kondensat verschmutzt.
2. Vollkommene Ölfreiheit auch des Ammoniakdampfes, wodurch Verdampfer und Kondensatoren für Ammoniak praktisch blank bleiben und Wärme gut übertragen.
3. Geringer Bedarf an Grundfläche und an umbautem Raum.

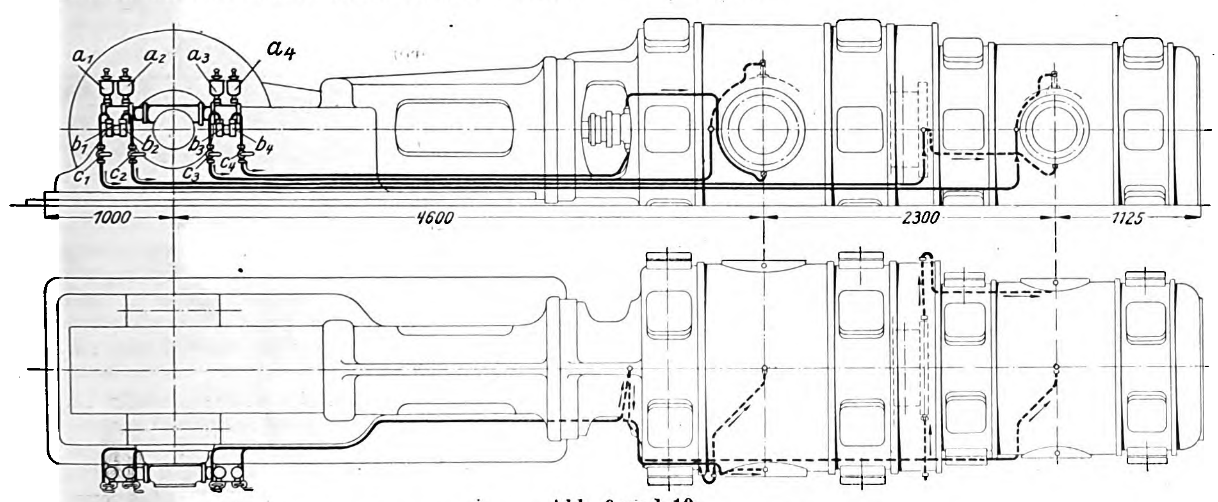


Abb. 9 und 10
Schmierung der Zylinder und Stopfbüchsen des Kolbenkompressors
a_1 bis a_4 Tropföler b_1 bis b_4 Rückschlagventile c_1 bis c_4 Absperrhähne

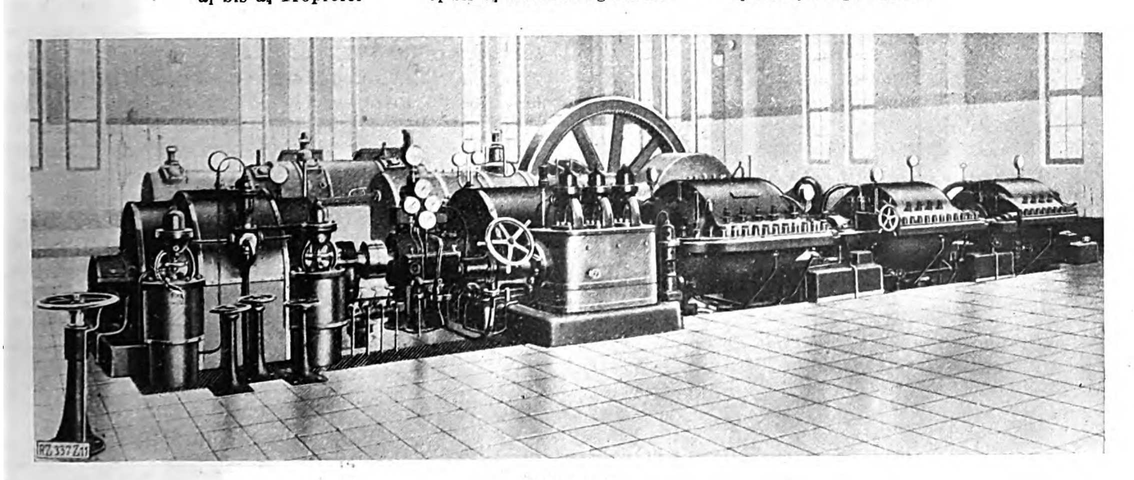


Abb. 11
Turboverdichter von 6 bis 8 Mill. kcal/h, gebaut von Brown, Boveri & Cie.

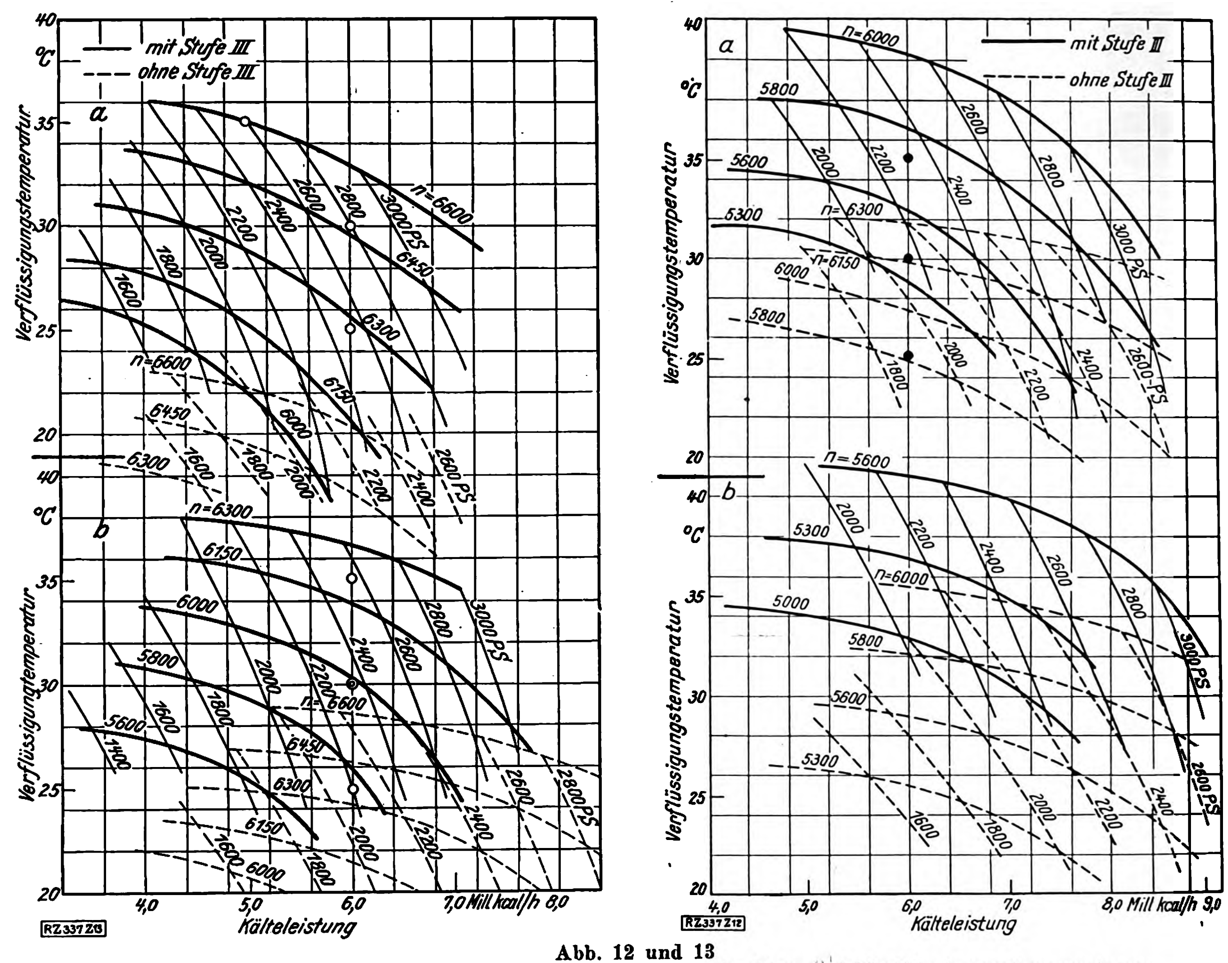


Abb. 12 und 13
Kennlinien des Turbokompressors für verschiedene Drehzahlen und Verflüssigungstemperaturen

a Verdampftemperatur —10°
b „ —5°

a Verdampftemperatur —20°
b „ —15°

4. Kleine Fundamente.
5. Keine Möglichkeiten für Stöße und Schwingungen in den Dampf- und Ammoniakleitungen.
6. Geringer Ölbedarf.
7. Keine Gefahr, die Maschine bei Fehlern in der Bedienung, z. B. beim Anfahren mit geschlossenem Druckventil, zu beschädigen.

Die Nachteile des Turbokompressors bestehen eigentlich nur darin, daß der Dampfverbrauch bei kleineren Maschinen wegen des schlechteren Wirkungsgrades von Turbomaschinen etwas höher ist als der eines Kolbenkompressors. Bei größeren Ausführungen und insbesondere bei Betrieb mit Kondensation verschieben sich die Verhältnisse aber zugunsten des Turbokompressors.

Auf Grund obiger und der weiter unten folgenden theoretischen Überlegungen wurde mit bekannten Herstellern von Turbokompressoren verhandelt, wobei eine der namhaftesten deutschen Fabriken wegen des großen Wagnisses die Abgabe eines Angebots ablehnte. Der Auftrag wurde der Firma Brown, Boveri & Cie., A.-G., Baden (Schweiz), erteilt, deren Diffusorregelung hierbei besonders in die Wagschale fiel. Diese gestattet in Verbindung mit den übrigen Regelmitteln lückenloses Zusammenarbeiten mit dem Kolbenkompressor im Anschluß an dessen höchste Kälteleistung.

Die Antriebdampfturbine, Abb. 11, ist als zweigehäusige Maschine derart durchgebildet, daß der an die Kondensation angeschlossene Niederdruckteil nach außen, der Hochdruckteil nach der Kompressorseite hin angeordnet ist. Man kann so beim Betrieb der Maschine als reiner Gegendruckmaschine den Niederdruckteil abkuppeln, was mit Rücksicht auf zweckmäßige Gesamtwärmewirtschaft des Werkes praktisch häufig stattfindet.

Der Kompressor ist dreigehäusig, damit man ihn durch Zu- und Abschalten des dritten (Hochdruck-) Gehäuses gut an die veränderlichen Kühlwassertemperatur der beim Werk vorbeifließenden Werra im Sommer u. Winter anpassen kann. Die Aufteilung in drei Gehäu gestattet auch eine sehr günstige Aufstellung von zwei Kühlern zwischen der ersten und zweiten und zw schen der zweiten und dritten Stufe des Kompressors.

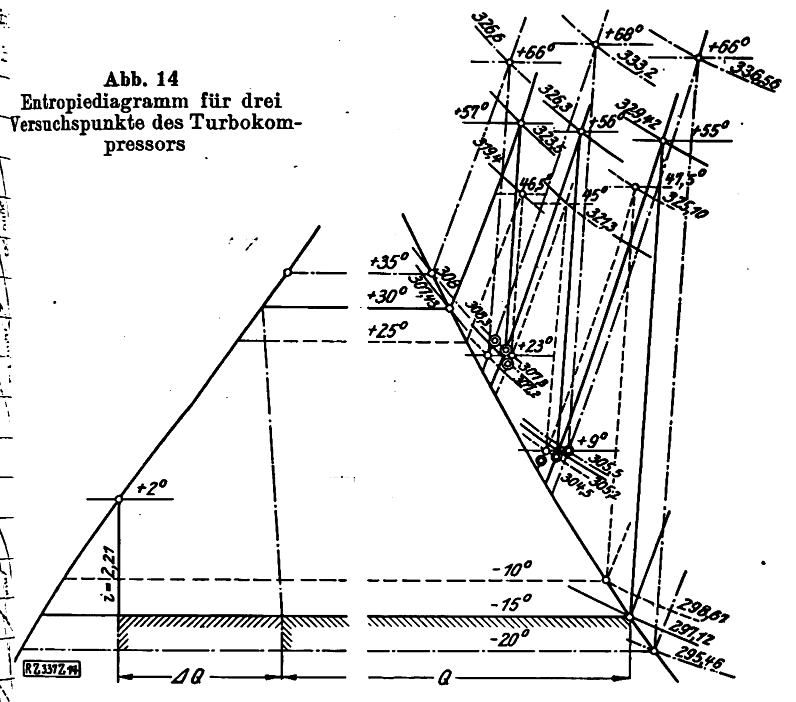
An Stelle der beim Kolbenkompressor verwendet Einspritzkühler werden hier reichlich bemessene Ob flächenkühler benutzt, die sich bei Luftkompressor von größter Leistung hinreichend gut bewährt hab Selbstverständlich wurde für Ammoniakdämpfe beso ders geeigneter Baustoff gewählt. Die in Gruppen a geordneten Oberflächenkühler lassen sich zwecks R nigung einzeln abschalten, während der zweite Kühl derselben Gruppe mit verstärkter Leistung den Betri aufrechterhält.

Die Oberflächenkühlung, die übrigens auch bei K benkompressoren verwendet wird, hat der Einspritzki lung gegenüber noch den Vorteil eines besseren Gesa wirkungsgrades. Bei gleichwertiger Einspritzkühlu müßten nämlich rd. 15 vH flüssiges Ammoniak e gespritzt werden, das unter Wärmebindung und e sprechender Kühlwirkung verdampft und von den f genden Kompressorstufen mitverdichtet werden m Diese für den Kälteprozeß nutzlose Volumenvermehru vermehrt den Kraftbedarf des Kompressors um rd. 7 gegenüber derjenigen bei Oberflächenkühlung.

Die Hauptzahlen dieser Maschinengruppe sind:

Antriebturbine:

Dampfdruck am Eintrittsventil . .	24 at
Dampftemperatur am „ . .	350 °C
Anzapfdruck	3 at
oder Gegendruck	3 „
Drehzahl	5400 bis 6750 Uml./m
Leistung	1000 „ 2600 PSe.


Abb. 14
Entropiediagramm für drei Versuchspunkte des Turbokompressors

In Abb. 14 sind drei Betriebspunkte für — 10/+ 25, — 15/+ 30 und — 20/+ 35 °C im Entropiediagramm dargestellt; hier fällt besonders die den Kraftverbrauch vermindernde Wirkung der beiden Zwischenkühler vorteilhaft auf. Die bis auf + 2 ° getriebene Unterkühlung der Kälteflüssigkeit (links) wird durch einen mit kalter Lauge beschickten Kühler erreicht, der hinter den Kondensator geschaltet ist und bekanntlich die Kälteleistung bei gleichbleibender Umlaufmenge erhöht. Außerdem wird durch eine Kälte-Rückgewinnungsanlage die abzukühlende und auszukristallisierende Lauge durch einen Vorkühler, der mit der ausgefrorenen, kristallarmen Lauge beschickt wird, abgekühlt, wodurch der gesamte Kälteverbrauch ebenfalls erheblich vermindert wird.

Abb. 15 zeigt ein Bild der ganzen Gruppe auf dem Prüfstand; einschließlich der Antriebturbine hat die Gruppe eine Länge von 11,7 m. Aus dem Schnitt durch das Niederdruckgehäuse des Kompressors, Abb. 16, ist besonders auch der Antrieb der beweglichen Diffusoren ersichtlich. Die Stopfbüchsen der Hauptwellen, die bei Kolbenkompressoren erst auf Grund langjähriger Erfahrung zu befriedigenden Abdichtungen gebracht werden konnten, werden mit Sperröl abgedichtet; dem Gas wird ein Ölstrom entgegengeführt, der auf der Gasseite über einen Schwimmer, also unter Flüssigkeitsabschluß, und auf der Außenseite unmittelbar zum Ölbehälter zurückfließt. Von hier wird das Öl mittels einer Zahnradpumpe wieder den Stopfbüchsen zugedrückt. Ein Öldruckregler hält den Druck des Sperröls um ein unveränderliches Maß über dem veränderlichen Ammoniakdruck. Dieses Verfahren, das die Herstellerin bei ähnlichen Anlagen, z. B. bei Gasgebläsen, wenn auch für kleinere Drücke, schon seit Jahren anwendet, hat sich auch hier bewährt. Allerdings waren infolge von Nebenerscheinungen, wie Schaumbildung des Sperröls und unvollkommenem Druckausgleich der sechs Stopfbüchsen, noch Änderungen notwendig, die die Inbetriebnahme des Kompressors verzögerten.

Die Flansche der wagerecht geteilten Gehäuse sind mit Rinnen versehen, in denen mittels eines besonderen Kompressors ein geringer Unterdruck gegenüber der Außenluft unterhalten wird, so daß etwa entweichendes Ammoniak abgesogen wird und nicht ins Freie gelangen kann. Diese Absaugvorrichtung steht auch mit Vorräumen der Stopfbüchsen der Haupt- und Diffusorwellen sowie der Kühler in Verbindung; das abgesogene Ammoniak-Luftgemisch wird in einer besonderen Rückgewinnvorrichtung getrennt und das Ammoniak wieder verwendet.

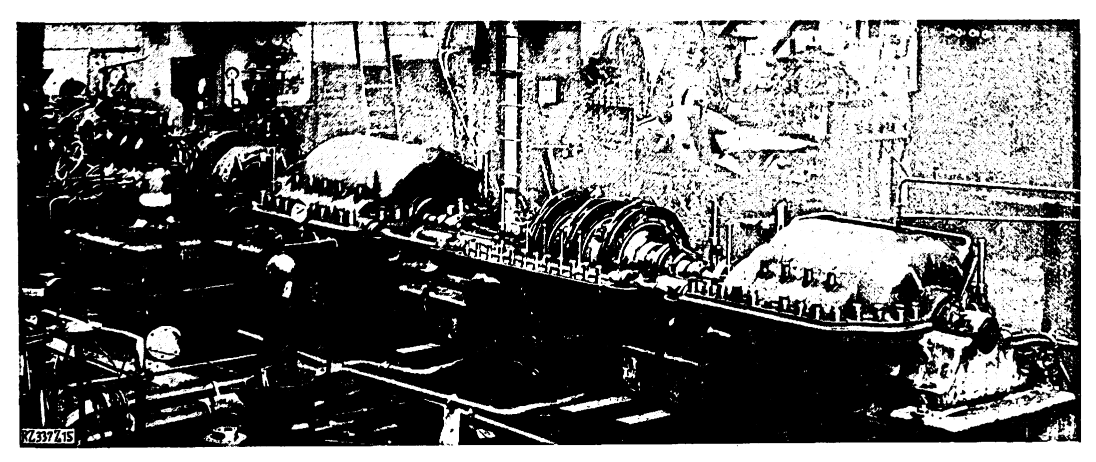
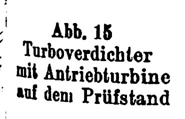
Diese Rückgewinnvorrichtung, bei deren Entwurf wegen der Unsicherheit über die etwa entstehenden Undichtheitsverluste nur Annahmen gemacht werden konnten, ist im Betrieb. Sie befriedigt aber noch nicht voll-

Kompressor:

Die der Bestellung zugrunde gelegten Kennlinien, Abb. 12 und 13, zeigen in vier Einzelbildern die gegenseitige Abhängigkeit der Verflüssigungstemperatur und der stündlichen Kälteleistungen für verschiedene Drehzahlen. Die Einzelbilder entsprechen Verdampftemperaturen von — 5, — 10, — 15, — 20 °C. Die dünn ausgezogenen Linien sind Linien gleicher Leistungsaufnahme. Die gestrichelten Linien beziehen sich auf den Betrieb bei abgeschalteter Hochdruckstufe. Der Garantie wurden folgende Werte zugrunde gelegt:

Kälteleistung	6 000 000 kcal/h
Angesogene Dampfmenge . . .	172,5 m³/min
Ammoniakgewicht	5,65 kg/s
Verdampfdruck	2,4 at abs
Verflüssigungsdruck	11,9 „
Verdampftemperatur	— 15 °C
Verflüssigungstemperatur . . .	+ 30 „
Drehzahl	6000 Uml./min
Leistungsaufnahme	2365 PS.

Der Kompressor ist aber auch imstande, die Kälteleistung auf 8 Mill. kcal/h zu erhöhen und bei — 20 ° Verdampftemperatur und + 35 ° Verflüssigungstemperatur noch 5 Mill. kcal/h zu erzeugen. Die Kennlinien zeigen die gute Anpassungsfähigkeit des Turbokompressors, die in Wirklichkeit noch übertroffen wurde. Der große Belastungsbereich von 3 bis 8 Mill. kcal/h kann mit rd. 10 vH Drehzahländerung bestrichen werden, während bei einem Kolbenkompressor die Drehzahl im Verhältnis von 3 : 8 geändert werden müßte.



Abb. 15
Turboverdichter mit Antriebturbine auf dem Prüfstand

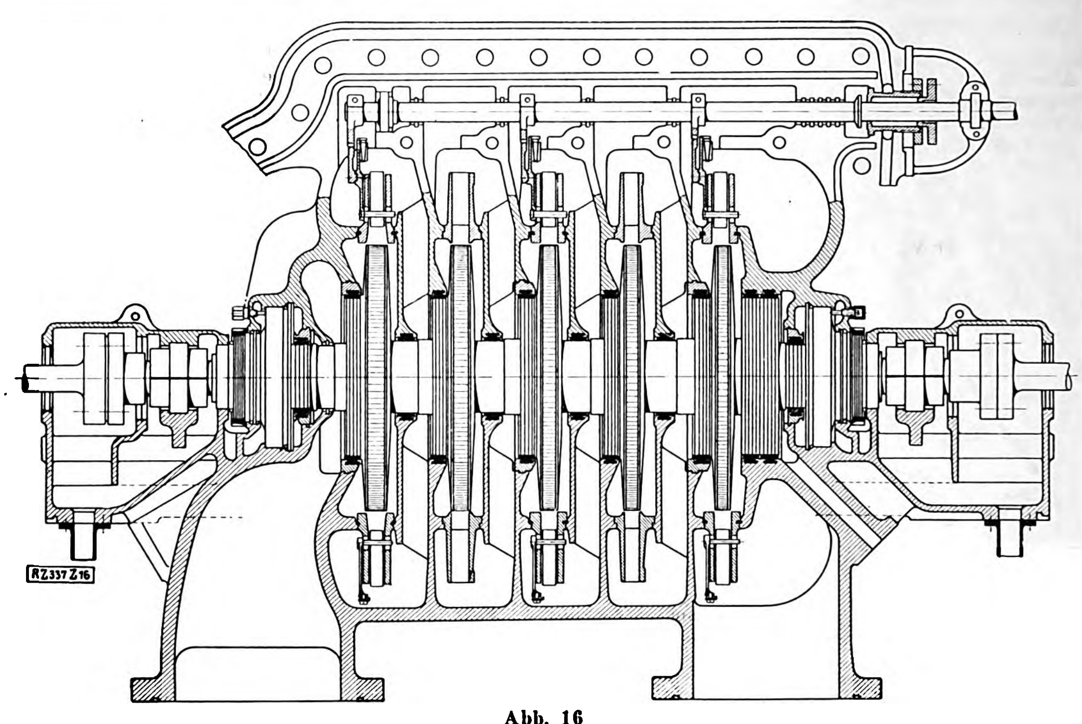


Abb. 16
Schnitt durch das Niederdruckgehäuse des Turbokompressors

kommen, da ihre Betriebsverhältnisse zum Teil noch nicht geklärt sind. Erwähnt sei, daß die Lässigkeitsverluste Wochen hindurch so gering waren, daß die Absaug- und die Rückgewinnanlage überhaupt nicht zu laufen brauchten. An einer Verbesserung dieser Hilfsanlage wird zur Zeit gearbeitet, damit man auf alle Fälle das etwa entweichende Ammoniak wiedergewinnen kann.

Allgemeines Arbeitsverfahren eines Kältekompressors[1])

Das Arbeitsverfahren der Kaltdampf-Kältemaschine, gleichgültig ob Kolben- oder Turbo-Kompressor, besteht darin, daß ein geeigneter Kälteträger die am Orte der Abkühlung abzuführende Wärme aufnimmt und sie bei höherer Temperatur an das Kühlwasser wieder abgibt. Hierzu eignen sich solche Flüssigkeiten, die innerhalb praktisch bequemer Drücke bei tiefer Temperatur unter Wärmeaufnahme aus dem Kühlgut verdampfen. Die Wärme wird dann unter Aufnahme von Arbeit (Verdichtung) auf die höhere Temperatur des Kühlwassers gebracht, von dem sie dann aus dem Prozeß abgeführt wird.

Dieses „Hochpumpen" der Wärme erfolgt im Kältekompressor, der den Kaltdampf auf einen so hohen Druck verdichtet, daß er bei der Temperatur des zur Verfügung stehenden Kühlwassers unter Wärmeabgabe kondensiert.

[1]) Die folgenden theoretischen Überlegungen stammen von Oberingenieur Baumann, Baden-Schweiz, der den Turbo-Kompressor entworfen hat.

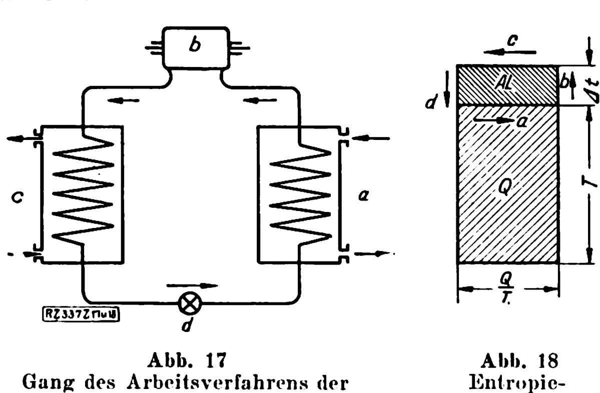


Abb. 17
Gang des Arbeitsverfahrens der Kaltdampf-Kältemaschine

a Verdampfer, *b* Kompressor, *c* Kondensator, *d* Drosselventil

Abb. 18
Entropiediagramm der Kaltdampf-Kältemaschine

Abb. 17 zeigt den Verlauf dieses Prozesses. In der Kühlschlange des Verdampfers a verdampft der Kälteträger bei der gewünschten Kalttemperatur und dem zugehörigen Dampfdruck unter Wärmeaufnahme aus dem zu kühlenden Mittel, das im Verdampfer außerhalb der Rohrschlange umläuft und entweder unmittelbar gekühlt wird oder als Zwischenträger die Wärme von einer entfernt gelegenen Stelle im Sinne der eingezeichneten Pfeile herbringt. Der in der Verdampferschlange gebildete Dampf wird vom Kompressor b angesogen, verdichtet und dem Kondensator c zugeführt, wo er sich unter Wärmeabgabe an das Kühlwasser verflüssigt; das Kühlwasser leitet die im Verdampfer a aufgenommene Wärme als auch den Wärmewert der Verdichtungsarbeit ab. Der verflüssigte, unter dem Kompressordruck stehende Kälteträger ist nun wieder zur Verdampfung und Wärmeaufnahme bereit, nachdem er sich über das Drosselventil d unter entsprechender Temperatursenkung auf den Kondensatordruck entspannt hat.

Der Kälteträger vollführt somit einen geschlossenen Kreislauf, dessen Phasen im Entropiediagramm, Abb. 18 übereinstimmend mit Abb. 17 bezeichnet sind. Beim Idealprozeß nach Carnot soll die Zu- und Ableitung der Wärme bei gleichbleibender Temperatur, also isothermisch, erfolgen, während die Zustandsänderungen von der tieferen zur höheren Temperatur und umgekehrt Adiabaten sind. Die isothermische Zustandsänderung im Verdampfer vollzieht sich unter Wärmezufuhr, wobei die Fläche des unteren Rechtecks die Kälteleistung Q darstellt. Nach adiabatisch gedachter Verdichtung in b erfolgt die isothermische Zustandsänderung im Kondensator unter Abgabe der Wärme $Q + AL$, wobei AL die zum Prozeß notwendige Arbeit, also den Unterschied zwischen Verdichtungs- und Expansionsarbeit, darstellt. Die adiabatische Expansion in d beschließt den Kreislauf; sowohl die Verdichtung b als auch die Expansion d vollziehen sich in Wirklichkeit nicht adiabatisch, erstere erfolgt infolge der Kompressorverluste unter Wärmezufuhr und letztere verläuft bei Benutzung des Drosselventils (an Stelle einer Expansionsmaschine) nach einer Linie unveränderlichen Wärmeinhaltes. Aber auch die Expansion in einer Expansionsmaschine unter Arbeitsabgabe würde wegen der Maschinenverluste nicht adiabatisch erfolgen.

Beim Carnotschen Kreisprozeß ist

$$\varepsilon = \frac{\text{Kälteleistung}}{\text{aufgewendete Arbeit}} = \frac{T}{\Delta t}$$



die Leistungszahl. Man sieht daraus, daß der Gütegrad einer Kühlmaschine in der Hauptsache von dem zu überwindenden Temperaturgefäll Δt abhängt, das durch die zu erzielende Kalttemperatur T und die Temperatur des Kühlwassers festgelegt ist. Der Gütegrad kann also beim Idealprozeß durch die Art des Kälteträgers nicht beeinflußt werden.

Volumen verschiedener Kälteträger

In Abb. 19 sind für verschiedene Kälteträger und für Verdampftemperaturen von 0 bis 30° die für eine Kältekalorie notwendigen Sattdampfmengen aufgetragen; daraus ergibt sich für 0° folgende Verhältnisreihe:

Kohlensäure, CO_2	1
Ammoniak, NH_3	3,5
Chlormethyl, CH_3Cl	6,9
Schweflige Säure, SO_2	9,5
Butan[2]), C_4H_{10}	15,5
Chloräthyl, C_2H_5Cl	24
Wasser, H_2O	1300

Für eine Kälteleistung von 1 Mill. kcal/h wären hiernach bei —20°C Verdampftemperatur die zu verdichtenden Sattdampfvolumen:

Kälteträger	Sattdampfvolumen m³/h	m³/min
Kohlensäure	510	8,5
Ammoniak	2 180	36,3
Chlormethyl	4 340	72,3
Schweflige Säure	6 530	108,8
Butan	8 950	149
Chloräthyl	16 750	279,1
Wasser	1 740 000	29 000

Erfahrungsgemäß arbeiten Turbokompressoren für die hier in Frage kommenden Druckverhältnisse (rd. 1:5) bei weniger als rd. 50 m³/min nicht mehr wirtschaftlich und nur bei ungewohnt hohen Drehzahlen und sehr kleinen Raddurchmessern. Dabei entstehen aber Schwierigkeiten, z. B. durch die Kraftübertragung in den kleinen Ritzeln des Vorgeleges, durch die verhältnismäßig großen Spaltverluste der Laufräder, die kritischen Drehzahlen der Wellen und die ungünstige Beschauflung der Räder. Bei Verwendung von Ammoniak wäre demnach der Turbokompressor erst von rd. 1 Mill. kcal/h an möglich, einer Kälteleistung, die in einer Maschine bereits zu den Ausnahmefällen gehört.

Man sucht daher für kleinere Kälteleistungen Kälteträger zu verwenden, die in der Reihe der Sattdampfvolumina höher liegen, z. B. schweflige Säure, Butan oder Chloräthyl, die bei 0° für die gleiche Kälteleistung das 2,7-, 4,4- und 7fache Volumen erfordern. Mit Wasserdampf als Kälteträger ließe sich die Anwendbarkeit des Turbokompressors nach unten noch weit mehr steigern, weil sein Sattdampfvolumen für eine Kältekalorie bei 0° 1300mal größer ist als dasjenige von Kohlensäure; aber ein derart großes Volumen würde die Wettbewerbfähigkeit des Turbokompressors gegenüber den mit Kälteträgern von kleinen Volumen betriebenen Kolbenkompressoren ausschließen. Nach dem heutigen Stande der Technik dürften die Mindestkälteleistungen für Turbokompresoren ungefähr sein:

Kälteträger	Mindestkälteleistung kcal/h
CO_2	3 000 000
NH_3	1 300 000
CH_3Cl	600 000
SO_2	500 000
C_4H_{10}	300 000
C_2H_5Cl	250 000
H_2O	8 000

Obschon mit sinkenden Verdampftemperaturen die Ansaugvolumen für den Verdichter steigen, kann man die Mindestkälteleistung nicht kleiner ansetzen, weil sich mit zunehmendem Verdichtungsverhältnis das Endvolumen unzulässig verkleinern würde. Die Aufstellung zeigt, daß der Turbokompressor selbst bei Anwendung von Chloräthyl, dessen Volumen für eine Kältekalorie bei 0° 24mal größer als das von Kohlensäure ist, erst von rd. 250 000 kcal/h an mit dem Kolbenkompressor in Wettbewerb treten kann. Hingegen ist der Turbokompressor nach oben in seiner Anwendbarkeit sozusagen unbegrenzt. Für rd. 1300 mm Raddurchmesser sind die oberen Grenzen der Leistung ungefähr in Zahlentafel 1 gegeben:

Zahlentafel 1
Größte Kälteleistung in Mill. kcal/h

Kälteträger	Verdampftemperatur 0 °C	−10 °C	−20 °C	−30 °C
CO_2	200	160	120	80
NH_3	60	40	27	17
CH_3Cl	30	20	14	9
SO_2	22	15	9	6
C_4H_{10}	14	10	7	5
C_2H_5Cl	9	6	3,6	2,2
H_2O	0,17	—	—	—

[2]) In Amerika aus Erdöl erzeugt.

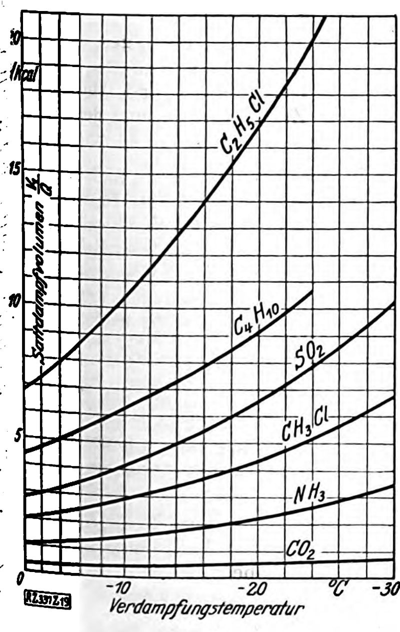
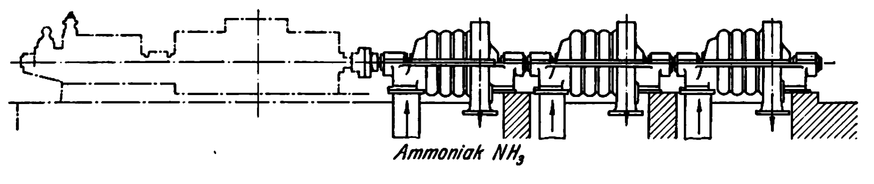


Abb. 19
Sattdampfvolumen verschiedener Kälteträger



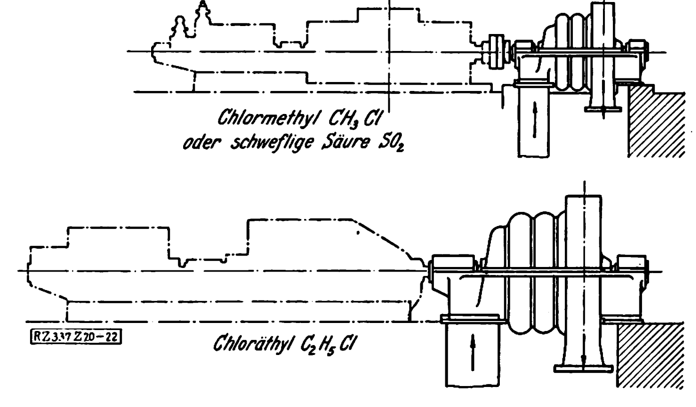


Abb. 20 bis 22
Vergleich von Turbokompressoren für Ammoniak, Chlormethyl, schwefliger Säure und Chloräthyl bei gleicher Kälteleistung von 3 Mill. kcal/h



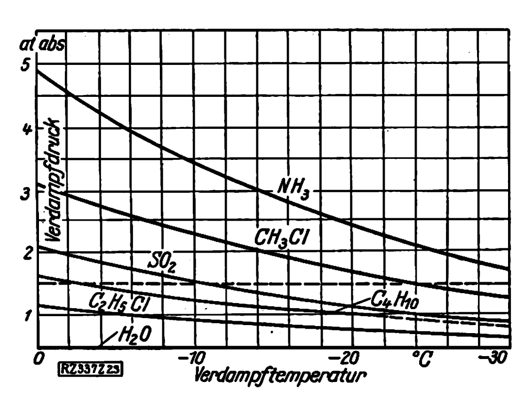


Abb. 23
Verdampfdrücke von Kälteträgern

Für so hohe Kälteleistungen braucht man aber nicht Kälteträger mit großem Sattdampfvolumen, sondern CO_2 oder NH_3, wobei der Vorteil des Turbokompressors zu voller Wirkung kommt.

Erforderliche Radzahl

Für ein bestimmtes Druckverhältnis ist die Radzahl um so kleiner, je größer das spezifische Gewicht des Dampfes im Verhältnis zum Druck ist. In Zahlentafel 2 sind die bei 200 m/s Umfangsgeschwindigkeit ungefähr notwendigen Radzahlen für Verdampftemperaturen von 0 bis — 30 ° und die Verflüssigungstemperatur von + 25 ° zusammengestellt, wobei besonders auffällt, daß NH_3 die rd. dreifache und H_2O die rd. sechsfache Radzahl gegenüber andern Kälteträgern verlangt.

Zahlentafel 2
Notwendige Radzahlen bei 200 m/s Umfangsgeschwindigkeit

Verdampftemp. °C	Kälteträger						
	CO_2	NH_3	CH_3Cl	SO_2	C_4H_{10}	C_2H_5Cl	H_2O
0	2	6	3	3	3	3	17
—10	3	11	4	4	4	4	—
—20	4	15	5	5	5	5	—
—30	5	20	6	6	6	6	—

Durch Erhöhung der Umfangsgeschwindigkeit auf z. B. 400 m/s (Räder mit Radialbeschauflung) könnte man für mittlere Temperaturen mit Ausnahme von Ammoniak und Wasser mit einem einzigen Rad auskommen, so daß sich der Verdichter, allerdings unter Einbuße am Wirkungsgrad, äußerst einfach gestalten würde. Ein Chloräthylverdichter für die Mindestleistung von 250 000 kcal/h

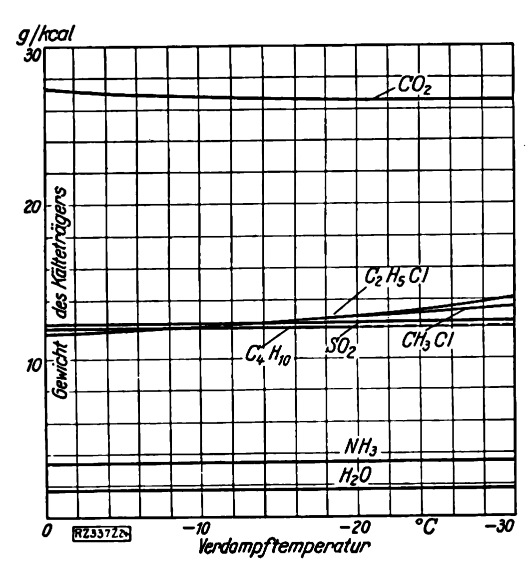


Abb. 24
Notwendige Gewichte der Kälteträger für 1 Kältekalorie

könnte so mit einem Rad von 200 mm Dmr., das fliegend an das Zahnradvorgelege angebaut ist, ausgeführt werden. Ein gleichwertiger Ammoniak-Kolbenkompressor, der rd. siebenmal weniger Volumen zu fördern hätte, müßte bei 120 Uml./min doppeltwirkend einen Hubraum von rd. 30 l aufweisen. Dieser Kolbenkompressor würde also trotz des siebenmal kleineren Dampfvolumens einen größeren Raum beanspruchen als der Chloräthyl-Turboverdichter.

In Abb. 20 bis 22 sind drei Turbokompressoren von 3 000 000 kcal/h für Ammoniak, Chlormethyl oder schweflige Säure und Chloräthyl maßstäblich verglichen.

Für die Wahl des Kälteträgers kommen nicht allein die besprochenen Verhältnisse, sondern noch andre Gesichtspunkte in Frage, von denen hier nur einzelne kurz gestreift werden können. So verdampfen bei den gebräuchlichen Kühltemperaturen gerade diejenigen Kälteträger, die sich ihres großen Volumens wegen für Turbokompressoren eignen, z. B. schweflige Säure, Butan und Chloräthyl, unter 1 at. Verdampfer und Niederdruckseite des Verdichters müssen daher zur Verhütung von Störungen des Wärmeüberganges sorgfältig gegen Lufteintritt geschützt werden. Aus Abb. 23 ist ersichtlich, daß Ammoniak im ganzen Gebiet der Verdampftemperaturen über 1 at liegt, während die andern Kälteträger, wie Chlormethyl, Butan und schweflige Säure, teils über, teils unter 1 at und Chloräthyl vollständig unter 1 at liegt.

Wenn das in der Zeiteinheit umzuwälzende Gewicht des Kälteträgers ein Maß ist für die Menge der einmaligen Füllung, so könnte das für 1 Kältekalorie notwendige Gewicht des Kälteträgers, Abb. 24, in bezug auf den Anschaffungspreis eine Rolle spielen.

Die zum Teil unangenehmen, zum Teil gesundheitsschädlichen Wirkungen einzelner Kälteträger und ihre Einflüsse auf die verschiedenen Baustoffe werden oft von den Anhängern bisheriger Bauarten übertrieben. Alle Kälteträger können, in zu großen Mengen eingeatmet, gefährlich werden, aber man darf auch behaupten, daß keiner dieser Stoffe bei den in Kältemaschinen praktisch vorkommenden Undichtigkeiten die Gesundheit der Bedienung gefährden kann. Dieser Umstand wäre also kein Grund gegen die Einführung technisch berechtigter Neuerungen.

Wichtig für die Wahl des Kälteträgers ist dessen Verdichtungsexponent, der nach dem Boltzmannschen Gesetz eine Funktion der Atomzahl ist. Bei zweiatomigen Gasen wie Luft, beträgt er 1,4, bei dreiatomigen, wie CO_2, SO_2 usw., rd. 1,25, und bei mehratomigen, z. B. Chloräthyl C_2H_5Cl, sinkt er bis auf rd. 1,10, also beinahe auf den Exponenten 1 der Isotherme. Die infolge der Verdichtung eintretende Erwärmung ist deshalb bei den mehratomigen Dämpfen kleiner, man hat also hier die sonst nur mit Zwischen- oder Zylinderkühlung erzielbare Verminderung der Verdichtungsarbeit umsonst. Die Anwendung mehratomiger Kältemittel, z. B. des für Turbokompressoren besonders geeigneten Choräthyls, ist daher auch in dieser Beziehung günstig.

Andre allgemein kältetechnische Vor- und Nachteile einzelner Kälteträger, z. B. die Wirkung der Unterkühlung der Kälteflüssigkeit, die Abscheidung von Flüssigkeit aus dem Dampf vor dem Verdichter, die Zusatzverdichtung der Kälteflüssigkeit bei Kohlensäure, die Zwischendampfentnahme am Drosselventil, die Überflutung des Verdampfers usw., kann man in einschlägigen Quellen nachsehen[3]).

Schlußfolgerungen

Die Erwartungen, mit denen man an die Bestellung dieses ersten Ammoniak-Turbokältekompressors heranging, haben sich in nunmehr siebenmonatigem Dauerbetrieb erfüllt. Die Ergebnisse der Abnahmeversuche sollen später veröffentlicht werden.

Die Grenze, von der ab für Ammoniak als Kälteträger die Turbomaschine gegenüber der Kolbenmaschine überhaupt in Frage kommen kann, scheint etwa bei 1,5 Mill kcal/h zu liegen[4]). Benutzt man jedoch einen in der Reih

[3]) Hirsch, Die Kältemaschine. Göttsche, Die Kältemaschin Ostertag, Kälteprozesse. Reif, Störungen an Kältemaschinen, Zeitschrift f. d. ges. Kälteindustrie.

[4]) Lorenz, Die Möglichkeit der Verwendung von Kreiselgebläs als Kühlmaschinenverdichter; Z. f. die ges. Kälteindustrie 1910.



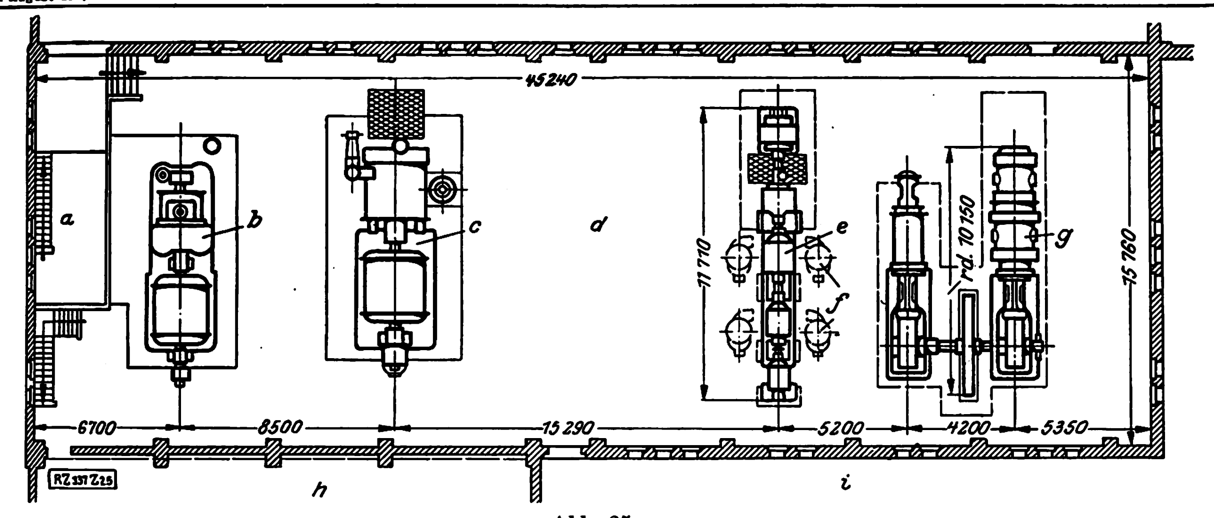


Abb. 25
Grundriß der Kompressor-Anlage

a Kondensation
b Anzapf-Kondensations-Turbodynamo 2500 kW
c „ Gegenstrom- „ 4700 „
d Raum für einen weiteren Turbokompressor
e BBC-Turbokompressor, 8 Mill. kcal/h
f Zwischenkühler
g Sulzer-Kolbenkompressor, 3,4 Millionen kcal/h
h Schaltanlage
i Ammoniakkondensator

der Ansaugvolumen hochstehenden Kälteträger, wie Chlormethyl, schweflige Säure oder Chloräthyl, so könnte man die wirtschaftliche Grenze für Turbokompressoren noch erheblich herunterdrücken, wenn nicht andre Bedenken gegen die Verwendung dieser Gase sprächen. Gegen Ammoniak besteht kein Bedenken, nachdem es gelungen ist, in der Sperrölstopfbüchse eine einwandfreie Lösung der Abdichtung zu finden.

Die Anlagekosten betragen bei Turbokompressoren von 6 bis 8 Mill. kcal/h etwa 50 bis 60 vH der Kosten von gleich starken Kolbenkompressoren einschließlich des Dampfantriebs, der Bedarf an Grundfläche beträgt etwa ein Drittel des Bedarfs eines Kolbenkompressors, Abb. 25.

Die Wirtschaftlichkeit einer Turbokompressoranlage gegenüber einer Kolbenkompressoranlage muß aber in jedem einzelnen Fall gewissenhaft untersucht werden, wobei außer den Kühlwasserverhältnissen in erster Linie die Frage eine Rolle spielt, ob die Dampfseite mit Gegendruck oder mit Kondensation betrieben werden soll. In besonderen Fällen können auch Verbindungen von Turbokompressoren für Niederdruck und Kolbenkompressoren für Hochdruck wirtschaftliche Vorteile bieten.

Für den Praktiker wichtig ist, daß die von ganz großen Kältemaschinen (über 2 Mill. kcal/h), gleichgültig, ob Turbo- oder Kolbenkompressor, gelieferten Kältemengen zur Zeit nur unter gewissen Voraussetzungen sicher beherrscht werden können. Sobald an einen großen Kompressor mehrere Verdampfergruppen angeschlossen sind, die aus Betriebsrücksichten abwechselnd ein- und ausgeschaltet werden, während andere gleichzeitig durchlaufen, treten Ammoniakverschiebungen von Gruppe zu Gruppe und damit Regelschwierigkeiten ein. Die bisherigen Erfahrungen zeigen, daß man große Kälteleistungen nur dann in einer einzigen Maschine vereinigen darf, wenn es möglich ist, diese Maschine mit gleichartigen Verdampfern zu belasten, die unter möglichst gleichen Betriebsverhältnissen arbeiten.

Ein großes Arbeitsfeld wird neuerdings dem Turbokompressor bei der Herstellung von Wasserstoff für die Ammoniaksynthese aus den Kokereigasen erschlossen; auch dürften Turbokompressoren von großen Leistungen für die jetzt in Entwicklung begriffenen Pläne der Gasfernversorgung in Frage kommen. Es kann daher gesagt werden, daß die Arbeit, die die Hersteller und die Ingenieure des bestellenden Werkes beim Bau und bei Inbetriebnahme dieser größten Kältemaschine geleistet haben, auch auf andern Gebieten ihre Früchte tragen wird. Vielleicht ist auch die Zeit nicht mehr allzufern, wo man ähnlich der zentralen Städteheizung im Winter an eine zentrale Kühlung im Sommer herangehen kann, um die Belastung der großen Wärmekraftwerke wirtschaftlicher zu gestalten. Da es sich hierbei um erhebliche Kälteleistungen handeln dürfte, wird gerade hier der Turbokompressor den Anforderungen genügen können. [B 337]

Anordnung und Ausgestaltung von Petroleumhäfen

Bei der Feuergefährlichkeit vieler Ölsorten ist es erforderlich, besondere Häfen oder Hafenteile für den Ölumschlag vorzusehen, um einer Ausbreitung von Bränden vorzubeugen. Diese Häfen bezeichnet man im allgemeinen als „Petroleumhäfen". Bei ihrem Ausbau ist besonders zu beachten, daß die Brandgefahr nach Möglichkeit eingeschränkt wird und entstehende Brände im Keim erstickt werden können. Hierzu dient einmal eine zweckentsprechende Anordnung der Ölbehälter, ferner Sicherheits- und Feuerlöscheinrichtungen.

Wie man im Einzelfalle vorgegangen ist, hat Dr. Siebert an der Hand von 13 Ausfuhr- und 16 Einfuhrhäfen verschiedener Bauart untersucht[1]).

Eine mustergültige Anlage ist hiernach der Petroleumhafen von Richemond, ein offener, nur für die Ölverschiffung bestimmter Hafen bei San Francisco, der durch eine niedrige Hügelkette vom Hinterland getrennt ist. Besondere Hafenteile für den Ölumschlag mit vorbildlichen Einrichtungen findet man in einer ganzen Anzahl von Welthäfen. In den neueren europäischen Ölhäfen hat man zum Teil die Ein- und Ausfahrt verschließbar ausgeführt. In dieser Hinsicht ist der Petroleumhafen von Amsterdam, ein hufeisenförmiger Hafen mit zwei schmalen Zufahrten, bemerkenswert. Die Hufeisenform hat allerdings den Nachteil, daß die starke Krümmung des Ufers für lange Dampfer unbequem ist.

Beim neuen Hamburger Petroleumhafen, der 1914 fertiggestellt worden ist, hat man als Abschluß eiserne Pontons vorgesehen. Da diese die Ein- und Ausfahrt der Schiffe jedoch sehr behindern, hat man sie in den letzten Jahren nicht mehr verwendet, hält sie jedoch für den Bedarfsfall in greifbarer Nähe.

Die Behälter selbst hat man mit Erdwällen umgeben und mit Sicherheitsvorrichtungen wie Abflußrohren, Lüftungsanlagen, Blitzableitern und Berieselungsanlagen versehen.

Für die Feuerlöschung von Ölbränden hat man in letzter Zeit Schaumlöschverfahren ausgebildet; es fehlen hierbei jedoch noch die praktischen Erfahrungen. Zur Brandverhütung in den Petroleum-Hafenanlagen sind polizeiliche Bestimmungen erlassen. [N 631] W. S.

[1]) Dr. Siebert, Anordnung und Ausgestaltung von Petroleumhäfen. Dissertation der Technischen Hochschule Danzig. Berlin 1926, Ernst & Sohn.

Kreisplatte mit Rippenstern

Von Dr.-Ing. M. Schilhansl, München.

Anwendungsbeispiele für als Kreisplatte mit Rippenstern bezeichnete Konstruktionsteile — Näherungslösung für den Kamm eines Axialdrucklagers und Vergleich mit der strengen Lösung — Näherungsverfahren, bei dem die von den versteifenden Rippen aufzunehmenden Stützkräfte durch Einzelkräfte ersetzt werden.

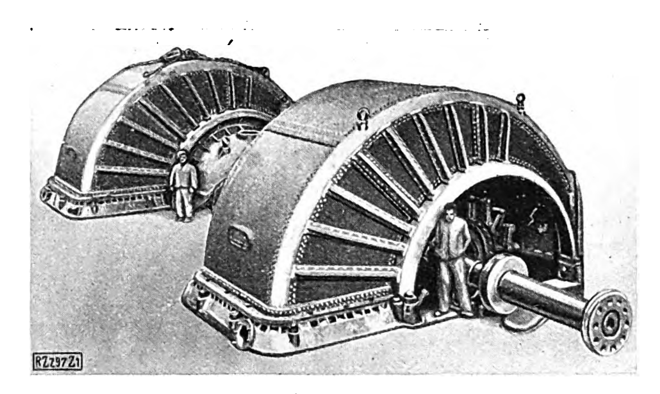


Abb. 1
Spiralförmiges Einlaufgehäuse zu den Turbinen des Kraftwerkes Finsing der Mittleren Isar-A.-G.

Bei vielen plattenförmigen Bauteilen ist es naheliegend, durch Hinzufügung von Rippen eine größere Steifigkeit zu erreichen. In manchen Fällen führt dies auch zum Ziel, in andern Fällen dagegen wird nichts gewonnen oder eine nur mangelhafte Entlastung erreicht. Es sind sogar Fälle denkbar, wo durch die Anbringung von Rippen wertvolle Eigenschaften eines Bauteiles wie z. B. die gleichmäßige Wärmeleitfähigkeit nach allen Seiten verloren gehen. Ferner ist zu bedenken, daß die Spannungen in unmittelbarer Nähe der Rippe bei unrichtiger Verteilung der Rippen größer sein können als in der Mitte des zwischen den Rippen gelegenen Plattenfeldes.

Die rechteckige, durch Rippen versteifte Platte wurde von Nádai[1]), Marcus[2]) und Müller-Wien[3]) behandelt. Diese Arbeiten sind hauptsächlich auf die Bedürfnisse des Bauingenieurs zugeschnitten. Für eine kreis- oder kreisringförmige, durch als starr angenommene Rippen versteifte Platte habe ich in der Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik[4]) ein allgemeines Lösungsverfahren mitgeteilt, mit ihm können solche und ähnliche Maschinenteile, wie sie in Abb. 1 bis 4 gekennzeichnet sind, auf ihre Festigkeit hin untersucht werden.

Bei der gedrungenen Ausführung des Lagers, Abb. 4, ist die Versteifung durch Rippen gerade noch zulässig; der besondere Verwendungszweck dieses Maschinenteiles erfordert nämlich, daß die elastische Verschiebung der Mitte eines zwischen den Rippen liegenden Plattenfeldes gegen den durch die Rippen versteiften Streifen kleiner sei als die Dicke der Ölschicht zwischen Kamm und Spursegmenten. Diese Dicke wird zu etwa 0,002 bis 0,003 cm angegeben. Wollte man beispielsweise den Kamm für ein Drucklager mit höherer Belastung durch geometrische Vergrößerung der Ausführung nach Abb. 4 entwerfen, so wäre zu befürchten, daß infolge der zu groß werdenden Durchbiegungen der „Felder" die durch die Rippen versteiften radialen Streifen die Übertragung der axialen Belastung mehr oder weniger allein übernehmen und so in metallische Berührung mit den Spursegmenten kommen. In einem mir bekannt gewordenen Falle hat Prof. Dr. D. Thoma, München, derartige Bedenken geäußert.

Es ist nun in einem solchen Fall, wo es sich nur um die Feststellung der Größenordnung handelt, nicht nötig die ziemlich zeitraubende strenge Lösung durchzurechnen, sondern man wird sich zunächst mit einem Näherungsverfahren begnügen. Erst wenn dies zu dem Ergebnis führt, daß die so ermittelte Durchbiegung in der Nähe der als zulässig erkannten Grenze liegt, wird es nötig, die strenge Lösung aufzusuchen.

[1]) Vergl. Nádai, Die elastischen Platten, Berlin 1925, S. 130 u. f. ein umfassendes Literaturverzeichnis findet sich auf S. 324 u. 325.
[2]) Vergl. Marcus, Die Theorie elastischer Gewebe, Berlin 1924.
[3]) Vergl. Müller-Wien, Zeitschr. f. angew. Math. u. Mech. Bd. 6 (1926) S. 355.
[4]) Vergl. Z. f. angew. Math. u. Mech. Bd. 6 (1926) S. 484.

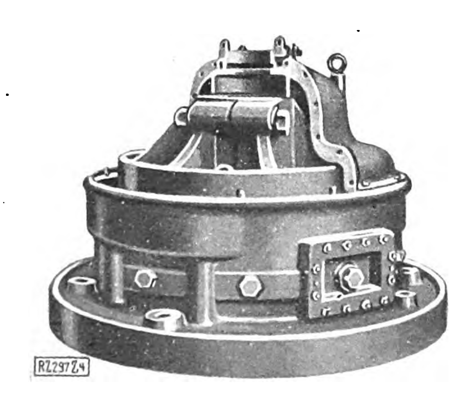


Abb. 4
Segmentdrucklager mit eingesetztem Druckkamm (Außenansicht)

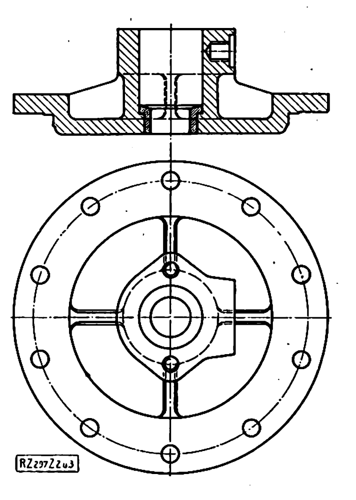


Abb. 2 und 3
Zylinder einer Schmalspurlokomotive

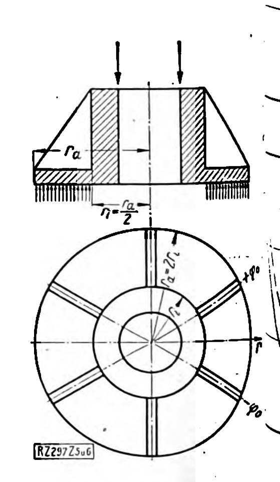


Abb. 5 und 6
Ringplatte mit Rippenstern

Ein für die zahlenmäßige Auswertung manchmal zwa unbequem scheinender, aber im Vergleich zu der bei strei gen Lösungen meistens aufzuwendenden Rechenarbeit noc als kurz zu bezeichnender Weg ist der, einen Ansatz m einem oder mehreren Freiwerten für die Gestalt der elast schen Fläche zu machen, der der zu erwartenden Form un ihren Merkmalen und Grenzbedingungen möglichst vollstä dig entspricht, und den oder die Freiwerte durch die An wendung des Satzes vom Kleinstwert der Formänderung arbeit zu bestimmen[5]). In unserem Fall empfiehlt sich ei Ansatz

$$w = A(r - r_i)(1 + \cos k\varphi) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1$$

hierin bedeutet w elastische Verschiebung senkrecl zur Plattenmittelebene, r und φ Polarkoordinaten, Nabenhalbmesser, k Zahl der Rippen und A Integrations freiwert. Gl. (1) genügt zwar weder der Differentialglei chung für die elastische Fläche, noch der Grenzbedingung daß die Ringplatte infolge ihres Zusammenhanges mit de Nabe am Innenrand $(r = r_i)$ als eingespannt zu betrachte ist und am Außenrand $(r = r_a)$ die Scherkräfte und dam auch die radialen Biegungsspannungen verschwinden mü ten. Dagegen sind folgende Grenzbedingungen erfüllt:

[5]) Vergl. Föppl, Drang und Zwang, Bd. 1 S. 130.

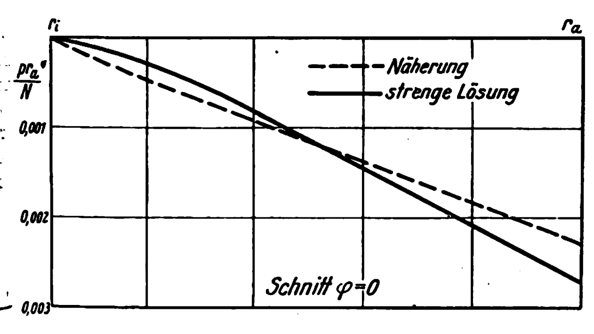
1. am Innenrand wird die Verschiebung $w = 0$;

2. längs der Halbmesser $\varphi = \pm \varphi_0$ $\left(\varphi_0 = \frac{\pi}{k}\right)$, wo die als starr angenommenen Rippen sitzen, ist die Einsenkung $w = 0$;

3. längs dieser Halbmesser treten wagerechte Tangenten in der Umfangsrichtung auf, wodurch der stetige Übergang zu den Nachbarfeldern gesichert ist.

Ich habe diesen Fall auch mit Hilfe der strengen Lösung durchgerechnet und füge den Vergleich der beiden Rechnungen für einen Druckkamm nach Abb. 5 und 6 in Abb. 7 und 8 bei. Die Näherungsrechnung ergibt am Außenrand eine kleinere Formänderung, eine Beobachtung, die man auch bei anderen Festigkeitsaufgaben machen kann. Ich verweise z. B. auf die von Nádai[6]) gefundene Durchbiegung für die durchlaufende, auf einem Netz von Stützen in quadratischer Teilung aufliegende Platte, für die der größte Biegungspfeil bei einem Stützenabstand von 2 a gegeben ist durch

$$f = 1{,}045 \frac{p\,a^4}{E\,h^3}.$$



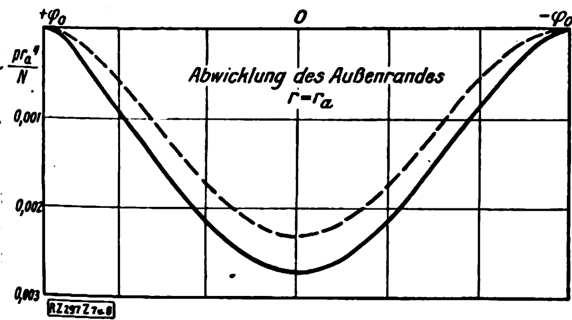


Abb. 7 und 8

Vergleich von strenger Lösung und Näherung für die elastischen Verschiebungen auf dem radialen Schnitt $\varphi = 0$ (oben) und dem Außenrand (unten) für eine Ringplatte mit Rippenstern nach Abb. 5 und 6

Eine Näherungslösung nach Föppl[7]), deren Freiwert mit Hilfe des Satzes vom Kleinstwert der Formänderungsarbeit ermittelt wurde, liefert dagegen:

$$f = 0{,}55 \frac{p\,a^4}{E\,h^3}.$$

Daß die strenge Lösung den 1,9fachen Betrag ergibt, liegt daran, daß sie im Gegensatz zur Näherungslösung die Verhältnisse in der Umgebung der punktförmigen Stütze berücksichtigt.

Mit den Zahlenwerten: Elastizitätsmodul $E = 2\,100\,000$ kg/cm²,

Belastung $P = p\,\pi\,(r_a^2 - r_i^2) = 230\,000$ kg,

Außenhalbmesser $r_a = 76$ cm und

Plattendicke $h = 8$ cm,

erhält man für Abb. 5 und 6 die größte Durchbiegung $f = 0{,}017$ cm. Damit ist die Nichtzulässigkeit dieser Bauart bewiesen.

Bei anderen Auflagerbedingungen lassen sich andere einfache Ansätze finden, doch soll auf diese hier nicht mehr eingegangen, sondern noch ein wesentlich verschiedenes Näherungsverfahren angegeben werden. Als Beispiel hierfür wähle ich eine eingespannte Kreisplatte ($r_i = 0$) mit $k = 6$ Rippen.

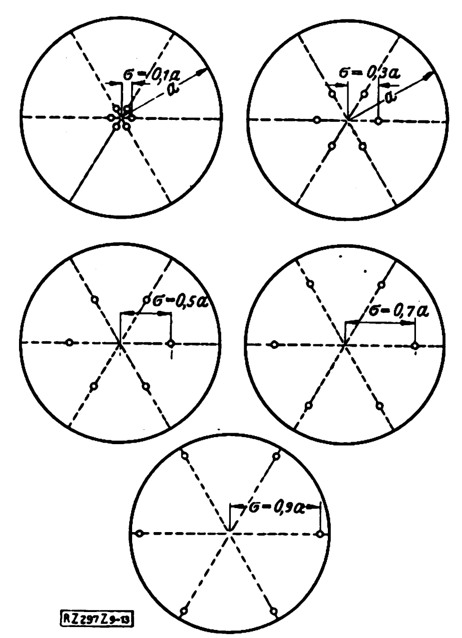


Abb. 9 bis 13

Kreisplatte mit 6 Einzelkräften in verschiedenen Abständen σ vom Plattenmittelpunkt

Ich denke mir zunächst die Rippen entfernt und die am äußeren Umfang eingespannte Kreisplatte durch eine gleichmäßige Flächenlast p [kg/cm²] verformt. Die für diesen Belastungszustand und die angenommenen Grenzbedingungen passende Lösung für die elastische Fläche w_0 ist bekannt; sie lautet:

$$w_0 = \frac{p}{64\,N}\,(a^2 - r^2)^2 \quad \ldots \ldots \ldots \quad (2),$$

worin N = Plattensteifigkeit $= \frac{E h^3}{12\,(1-\nu^2)}$ [cmkg], a = Plattenhalbmesser und ν = Querdehnungszahl.

Weiterhin untersuche ich eine ebenfalls am Außenrand eingespannte Kreisplatte, die als Belastung nur eine Anzahl k über irgend einen zum Plattenumfang konzentrischen Kreis vom Halbmesser σ in gleichen Abständen $2\,\varphi_0 = 2\,\pi/k$ verteilte Einzelkräfte P_σ trägt. Die Lösung für diesen Belastungsfall kann aus den von A. Föppl in den Sitzungsberichten der Bayerischen Akademie der Wissenschaften über „Die Biegung einer kreisförmigen Platte" 1912 mitgeteilten Formeln für die Kreisplatte mit exzentrischer Einzellast[7]) unmittelbar abgeleitet werden. Sie setzt sich aus zwei Teillösungen w' und w zusammen, von denen die erste vom Plattenmittelpunkt bis zum Kreise mit dem Halbmesser σ, die zweite von diesem Kreise bis zum Halbmesser a gilt. Jede der beiden Lösungen kann in folgender Form geschrieben werden:

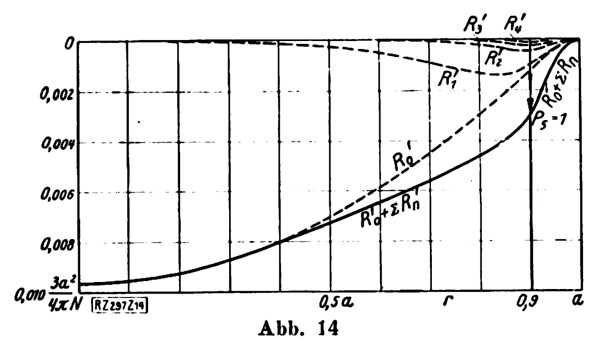


Abb. 14

Schnitt längs des Halbmessers $\varphi = 0$ durch die elastische Fläche einer eingespannten Kreisplatte unter der Belastung durch sechs Einzelkräfte $P_5 = 1$ (Lasteneinheit)

[6]) Vergl. Zeitschr. f. angew. Math. u. Mech. Bd. 2 (1922) S. 7 u. 12.
[7]) Vergl. Föppl, Drang und Zwang, Bd. 1 S. 204.

$$w' = R_0' + \sum_{nk=1}^{nk=\infty} R_n' \cos n k \varphi \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (3);$$

$$w = R_0 + \sum_{nk=1}^{nk=\infty} R_n \cos n k \varphi \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (4).$$

Mit den Grenzbedingungen dieses Sonderfalles erhält man:

$$R_0' = c_0 \left\{ (r^2 + \sigma^2) \ln \frac{\sigma}{a} + \frac{(a^2 + r^2)(a^2 - \sigma^2)}{2 a^2} \right\} \quad . \; . \; . \quad (5),$$

$$R_n' = c_n \left\{ \frac{r^{nk}}{a^{2nk}} \left[(nk-1)\sigma^2 - nk\, a^2 + \sigma^2 \frac{a^{2nk}}{\sigma^{2nk}} \right] + (nk-1) \frac{r^{nk+2}}{a^{2nk}} \left[1 - \frac{nk}{(nk+1)} \frac{\sigma^2}{a^2} - \frac{1}{(nk+1)} \frac{a^{2nk}}{\sigma^{2nk}} \right] \right\} \quad . \; . \; . \quad (6),$$

$$R_0 = c_0 \left\{ (r^2 + \sigma^2) \ln \frac{r}{a} + \frac{(a^2 + \sigma^2)(a^2 - r^2)}{2 a^2} \right\} \quad . \; . \; . \quad (7),$$

$$R_n = c_n \left\{ \frac{r^{nk}}{a^{2nk}} \left[(nk-1)\sigma^2 - nk\, a^2 + (nk-1) r^2 - \frac{nk(nk-1)}{nk+1} \frac{\sigma^2}{a^2} r^2 \right] + \frac{1}{r^{nk}} \left(r^2 - \frac{nk-1}{nk+1} \sigma^2 \right) \right\} \quad . \; . \; . \; . \quad (8).$$

Für die in diesen Formeln noch vorkommenden Freiwerte c_0 und c_n findet man:

$$c_0 = \frac{k P_\sigma}{8 \pi N} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (9),$$

$$c_n = c_0 \frac{\sigma^{nk}}{nk(nk-1)} = \frac{k P_\sigma \sigma^{nk}}{8 \pi N nk (nk-1)} \quad . \; . \quad (10).$$

Ich setze nun P_σ gleich der Lasteinheit und berechne die elastischen Flächen für verschiedene Angriffstellen σ der Lasteinheiten, die in Abb. 9 bis 13 für $\sigma = 0{,}1\,a$, $\sigma = 0{,}3\,a$, $\sigma = 0{,}5\,a$, $\sigma = 0{,}7\,a$ und $\sigma = 0{,}9\,a$ eingezeichnet sind. In Abb. 14 ist ein Schnitt durch die elastische Fläche mit der Ebene $\varphi = \varphi_0$ gezeichnet, und zwar für die k Lasteneinheiten auf dem Halbmesser $\sigma = 0{,}9\,a$, wobei die Größe der einzelnen Summanden R_0, R_1, R_2 usw., bzw. R_0', R_1', R_2' usw. gestrichelt eingetragen ist.

Die Rechnung läßt sich unter Zuhilfenahme des Maxwellschen Satzes von der Gegenseitigkeit der Verschiebung erheblich abkürzen, der aussagt, daß die an der Stelle i sitzende Lasteinheit an der Stelle m eine Einsenkung hervorruft, die gerade so groß ist, als die Einsenkung an der Stelle i, die durch eine an der Stelle m sitzende Lasteinheit erzeugt wird. Setze ich an die Stelle der Lasteinheit die Kraft P_σ, so sind die unter Zugrundelegung der Lasteinheit berechneten Einsenkungen mit P_σ zu vervielfachen.

Durch geeignete Wahl der P_σ als Funktion des „Parameters" σ kann man erreichen, daß an den Stellen der Lastenangriffe die Einsenkungen w mit umgekehrten Vorzeichen gerade so groß sind, wie die aus Gl. (2) zu berechnenden Durchbiegungen w_0. Bei einer strengen Lösung müßte auf diesem Halbmesser eine stetige Linienbelastung $P_\sigma = f(\sigma)$ angenommen werden und könnte dementsprechend auch verlangt werden, daß die Einsenkung längs der Halbmesser $\varphi = \pm \varphi_0$ nach Überlagerung des Verformungszustandes w_0 verschwindet[8]). Gerade weil die stetige Linienbelastung durch mehrere Einzelkräfte ersetzt wird, kann das vorgeschlagene Verfahren nur als Näherungslösung bezeichnet werden.

Man erhält durch Zusammenzählen der von den Einzelkräften P_1, P_2, P_3 usw. an einer Stelle hervorgerufenen Einsenkungen und durch ihren Vergleich mit der Größe $-w_0$ an derselben Stelle ein System von ebensovielen linearen Gleichungen, als man Kräfte P_σ angesetzt hat. Im allgemeinen kommt man mit sehr wenig Einzelkräften aus, ohne daß die Ergebnisse besonders ungenau werden. Man erhält:

Aus diesem Gleichungssystem sieht man sofort, daß man auf der linken Seite nur die Glieder links von den (fett gedruckten) Diagonalgliedern zu berechnen hat, die rechts davon stehenden folgen aus dem bereits erwähnten Satz von Maxwell. Die Ausrechnung dieses Gleichungssystems stößt auf keinerlei Schwierigkeiten, auch zur Berechnung der endgültigen Durchbiegung sind nur noch lineare Kombinationen von bereits bekannten Zahlen nötig.

Man wird sich vielleicht gewundert haben, daß ich beim Gleichungsystem (11) mit so vielen Dezimalstellen gerechnet habe, obschon ich das Verfahren als Näherungsrechnung bezeichnet habe. Dies ist jedoch nötig und nicht zu umgehen; denn bei der schließlichen Überlagerung der durch die gleichmäßige Flächenlast p und durch die fünf Einzelkräfte als Ersatz der Rippen hervorgerufenen Verformungen handelt es sich um die Unterschiede nahezu gleich großer Zahlen, wie am folgenden Beispiel gezeigt werden möge. Im Punkte $r = 0{,}1\,a$ ist

$$
\begin{aligned}
w_0 &= 0{,}9801 \, \frac{p\,a^4}{64\,N} \\
w_{P_1} &= -0{,}067\,68 \, \frac{p\,a^4}{64\,N} \\
w_{P_2} &= -0{,}458\,10 \quad " \\
w_{P_3} &= -0{,}308\,32 \quad " \\
w_{P_4} &= -0{,}140\,94 \quad " \\
w_{P_5} &= -0{,}005\,02 \quad " \qquad -0{,}980\,06 \quad " \\
\hline
f &= 0{,}000\,04 \, \frac{p\,a^4}{64\,N}
\end{aligned}
$$

Für f_{max} erhält man schließlich

$$f_{max} = 0{,}000\,31 \, \frac{p\,a^4}{N} \, .$$

Das geschilderte Verfahren liefert an den Angriffspunkten der Einzelkräfte unendlich große Biegungsspannungen. Dies ist nur eine Folge der Annahme, daß die Einzelkräfte auf einen Punkt wirken. Nimmt man dagegen auf dem Kreis mit dem Halbmesser σ statt der Einzelkräfte eine Linienbelastung p' an, die auf einem Bogen von der Länge e von $\varphi = +\varphi_0$ oder $-e$ von $\varphi = -\varphi_0$ aus gemessen den Betrag $p'' =$ konst erreicht und dazwischen null ist, wobei $p'' = P/2\,e$ ist, so bleiben die Biegungsspannungen endlich. Zweckmäßigerweise setzt man hierbei $2\,e$ gleich der Dicke der Rippen. Es ist jedoch nicht nötig, dies von vornherein zu berücksichtigen. Man kann nach dem Vorgang von Nádai[9]) die Einzelkraft p auf einen Kreis vom Halbmesser e verteilt ansehen und nachträglich für den Mittelpunkt dieses Kreises die endlich bleibenden Spannungen berechnen.

[8]) Die weitere Verfolgung dieses Gedankens führt auf eine Integralgleichung erster Art (vergl. v. Mises, Zeitschr. f. angew. Math. und Mech. Bd. 5 (1925) S. 150 ff.), in der die Lösungen 2 und 3 als „Kern" unter dem Integral erscheinen und die Lösung 1 als linke Seite der Integralgleichung auftritt.

[9]) s. Fußnote [6]).

$$
\left.
\begin{aligned}
\mathbf{0{,}453\,993}\, P_1 + 0{,}339\,157\, P_2 + 0{,}198\,532\, P_3 + 0{,}079\,213\, P_4 + 0{,}009\,554\, P_5 &= -0{,}9801 \frac{\pi\, p\, a^2}{48} \\
0{,}339\,157\, P_1 + \mathbf{0{,}279\,103}\, P_2 + 0{,}173\,369\, P_3 + 0{,}071\,158\, P_4 + 0{,}008\,754\, P_5 &= -0{,}8281 \frac{\pi\, p\, a^2}{48} \\
0{,}198\,532\, P_1 + 0{,}173\,369\, P_2 + \mathbf{0{,}125\,580}\, P_3 + 0{,}056\,053\, P_4 + 0{,}007\,261\, P_5 &= -0{,}5625 \frac{\pi\, p\, a^2}{48} \\
0{,}079\,213\, P_1 + 0{,}071\,158\, P_2 + 0{,}056\,053\, P_4 + \mathbf{0{,}034\,901}\, P_4 + 0{,}005\,568\, P_5 &= -0{,}2601 \frac{\pi\, p\, a^2}{48} \\
0{,}009\,554\, P_1 + 0{,}008\,754\, P_2 + 0{,}007\,261\, P_3 + 0{,}005\,568\, P_4 + \mathbf{0{,}003\,153}\, P_5 &= -0{,}0361 \frac{\pi\, p\, a^2}{48}
\end{aligned}
\right\} \quad (11).
$$

[B 297]

Die Abhängigkeit der Vorgänge im Hochofen von der Stückgröße der Beschickungsstoffe

Von Prof. Diepschlag, Breslau

Beziehungen zwischen Erzbeschaffenheit, Windmengen und Ofenabmessungen — Feinerzbeschickung — Wirtschaftliche Aussichten der Erzzerkleinerung — Beheizung der Beschickungsstoffe — Verteilung der Stoffe durch die Aufgabevorrichtungen

Beim Studium alter Schriften über die Hochofentechnik kann man wahrnehmen, daß jene alten Praktiker mit den mannigfaltigen Erscheinungen und Vorgängen des Hochofenbetriebes genau vertraut waren. Ihre Beobachtungen und Erfahrungen über das Verhalten der Beschickung im Hochofen, über die Eigenart der Beschickungsstoffe, über die Eigentümlichkeiten der Verbrennung und Schmelzung und über die Güte der erzeugten Roheisensorten gehen bis in alle Einzelheiten.

Sie wissen z. B. ganz genau, welche Erze für die Erzeugung eines bestimmten Roheisens günstig sind und welche sich in geringerem Maße eignen. Ihnen ist bekannt, daß im Hochofen eine hohe Temperatur im Gestell erzeugt werden muß und daß man das erreicht, indem man das Gestell möglichst eng baut, das Feuer gewissermaßen konzentriert, daß man dagegen im Stückofen weniger hohe Temperaturen anwendet und daher ein weites Gestell braucht. Sie wußten ferner, daß eine Beeinflussung des Ofenganges mittels Regelung der Windzufuhr durch die Düsen derart möglich war, daß je nach dem Betriebzustande die Düsen weiter in den Ofen geschoben oder zurückgezogen wurden, daß man sogar mit verschiedenen Düsenquerschnitten arbeiten und durch diese Maßnahme die Windpressung regeln konnte. Jedenfalls war die Erkenntnis Allgemeingut, daß gewisse Beziehungen zwischen Schmelzvorgängen, Gestellweite, Windmengen und Windpressung bestanden.

Karsten[1]) schreibt 1827 darüber wörtlich: „Ohne eine zweckmäßige, nach der Wirksamkeit des Gebläses, nach der Eigenschaft der Erze und nach der Verbrennlichkeit der Kohlen eingerichtete Konstruktion des Schachtes und Gestelles und ohne eine der Beschaffenheit des Brennmaterials angemessene Geschwindigkeit der Gebläseluft ist ein unnötig hoher Kohlenaufwand beim Hochofenbetrieb nie zu vermeiden." Man ersieht daraus, wie genau man damals über den Zusammenhang vorwiegend mechanischer Vorgänge und Zustände im Hochofen unterrichtet war. Erklärlich ist dieser Zustand vielleicht dadurch, daß die damals genau beobachteten Erscheinungen des Ofenganges wegen der kleinen Ofeneinheiten viel empfindlicher hervortraten und daß die Überwachung der Vorgänge im Hochofen mehr auf Einzelheiten eingestellt war. Damals war die von einem einfachen Gebläse gelieferte Windmenge und Windpressung das Gegebene, die Ofenabmessungen mußten dem angepaßt werden.

Erst mit der Einführung der Dampfgebläse waren die Windmengen nicht mehr so eng begrenzt, und dadurch war, worauf auch Johannsen[2]) hinweist, eine wichtige Vorbedingung für die bedeutende Vergrößerung der Hochöfen erfüllt. Allerdings haben noch andere Einflüsse vorgelegen, die eine Vergrößerung der Öfen veranlaßten. Nachdem die Verwendbarkeit von Koks erwiesen war, konnte Brennstoff in jeder beliebigen Menge zur Verfügung gestellt werden, im Gegensatz zur Holzkohle, deren ausreichende Beschaffung zunehmende Schwierigkeiten bereitete. Der Eisenbedarf wurde infolge der Verbreitung der Dampfkraftmaschinen sehr stark gesteigert, und schließlich wurde die industrielle Entwicklung durch die Schaffung leistungsfähiger Fördermittel, Eisenbahn, Schiffahrt, am meisten gefördert.

Infolge der Vergrößerung der Hochöfen ist zweifellos die unmittelbare Beobachtung der Vorgänge im Hochofen insofern erschwert worden, als die verschiedenen Vorgänge und Erscheinungen nicht so augenfällig hervortraten und die Aufmerksamkeit durch neu erwachsende Aufgaben, wie Förderfragen und wirtschaftliche Angelegenheiten größeren Ausmaßes, von den Vorgängen im Hochofen abgelenkt wurde.

Jedenfalls ist in der Folgezeit nicht mehr die klare Erkenntnis der Zusammenhänge der Betriebsgrößen des Hochofens wahrzunehmen. Die Hochofenpraxis entwickelte sich mehr nach der Richtung durch Anschauung begründeter Erfahrung, man erblickte die Ursache des erfolgreichen Ofenbetriebes vorwiegend in der richtigen Wahl der inneren Abmessungen des Ofens und ließ die hiermit in Zusammenhang stehenden anderen Punkte zu sehr außer acht. Es gab Vorschriften für das Ofenprofil, die vielfach geheim gehalten wurden und die man nur mit Widerstreben änderte. So hatte fast jeder Betrieb besondere Ofenabmessungen. Das Ergebnis der Erfahrungen aus jener Zeit war wohl, daß eine gewisse Abhängigkeit zwischen der Erzbeschaffenheit und dem Ofenprofil besteht, daß auch die erzeugte Roheisensorte hiermit im Zusammenhang steht und daß der Ofengang bei einer gewissen Betriebsgeschwindigkeit am regelmäßigsten ist; über eine rein erfahrungsmäßige Bewertung dieser Vorgänge kam man aber nicht hinaus.

Erst die neue Hochofenpraxis, die durch wirtschaftlichen Zwang die Ansprüche an die Leistungsfähigkeit eines Hochofens derart vermehrte, daß eine weitgehende Steigerung der bisherigen Betriebsgeschwindigkeit notwendig wurde, hat erzwungenermaßen das Aufeinandereinstellen der zusammenwirkenden Vorgänge des Ofens erbracht. So ist heute bekannt, daß eine Erweiterung des Ofenprofils möglich ist, wenn gleichzeitig die Windmenge und der Winddruck entsprechend geändert werden. Erfreulicherweise ist, wie aus dem neueren in- und ausländischen Schrifttum ersichtlich, die Aufmerksamkeit auf die mechanischen Vorgänge im Ofen in erhöhtem Maße gelenkt worden, nachdem lange Zeit die Untersuchung und Erörterung der chemischen Vorgänge viel zu sehr im Vordergrund gestanden hat.

Bei Betrachtung der Vorgänge im Hochofen muß man zwischen den chemischen Umsetzungen der aufeinanderwirkenden Stoffe, die mehr oder weniger ohne willkürliche Beeinflussung vor sich gehen, und den vielfachen Vorgängen mechanischer Art unterscheiden, die die Bedingungen für einen günstigen Verlauf der Umwandlungen schaffen. Wenn z. B. die Eisenoxyde vornehmlich durch Kohlenoxyd reduziert werden sollen, so ist als Vorbedingung die Aufgabe zu erfüllen, daß das Kohlenoxyd mit der gesamten Menge Eisenoxyd unter den besten Reaktionsverhältnissen in Berührung kommt. Bei dem heutigen Betriebe des Hochofens ist das nur sehr unvollkommen der Fall[3]); man hat den Reaktionsablauf viel zu sehr zufälligen Vorgängen preisgegeben, und daraus sind die starken Abweichungen der einzelnen Betriebergebnisse bezüglich Brennstoffaufwand und Ofenleistung zu erklären. Aus dieser Erkenntnis ist ein Untersuchungsplan entstanden, der sich die Beobachtung der Beschickung und der Gase während des Durchsatzes zur Aufgabe macht, um die bisher vorliegenden Bewertungen der Güte nach, die sich in der Erfahrung des Hochöfners bekunden, genauer festzustellen.

Man kann, die Vorgänge im Hochofen nach diesen Gesichtspunkten betrachtet, die Bedingungen kennzeichnen, die zur Erreichung eines günstigen Verlaufes zu erfüllen sind. Dicke Erzstücke werden sich sowohl in der Erwärmung als auch in dem Angriff der Reduktionsgase im Gegensatz zu feinkörnigen Beschickungsstoffen nicht so schnell verändern, sondern rückständig bleiben. Es wäre daher erstrebenswert, dem Hochofen nur feinkörnige Schmelzstoffe zuzuführen. Die einzelnen Körner sind dann im Verhältnis zu ihrem Inhalt mit einer großen

[1]) Karsten, Handbuch der Eisenhüttenkunde, Bd. 3, S. 139. Berlin 1827.

[2]) Johannsen, Geschichte des Eisens S. 116, Düsseldorf 1925.

[3]) Diepschlag, „Stahl und Eisen" Bd. 44 (1924) S. 430.



Oberfläche den Einflüssen der Heiz- und Reaktionsgase ausgesetzt und werden den von diesen ausgelösten Veränderungen nur wenig nachhinken. Diese günstigste Beschaffenheit kann man aber nicht ohne weiteres anwenden, weil eine Beschickung aus Feinstoffen den Widerstand des Gasstromes derart vergrößert, daß der Gebläsewinddruck ein zulässiges Maß übersteigt, weil ein erheblicher Teil der Beschickung als Gichtstaub herausgeschleudert werden würde und schließlich die meisten Erze in grobstückiger Form gewonnen werden und ihre weitgehende Zerkleinerung wirtschaftliche Möglichkeiten überschreiten würde.

Immerhin ist eine Zerkleinerung grober Erzstücke vor der Begichtung erstrebenswert und wird auch zum Teil in der heutigen Hochofenpraxis durchgeführt. Es fragt sich nur, bis auf welche Korngrößen soll die Zerkleinerung erfolgen? Die Entscheidung wird sowohl von technischen als von wirtschaftlichen Gesichtspunkten beeinflußt und ist von Fall zu Fall verschieden.

Gewisse Erze, namentlich Brauneisenerze, haben die Eigenschaft, bei der Erwärmung zu zerspringen. Wenn sie daher auch in Stücken dem Hochofen zugeführt werden, so verwandeln sie sich doch bald dadurch, daß sie Hydratwasser abgeben, in einen feinkörnigen Beschickungsstoff. In solchen Fällen ist weitgehende mechanische Zerkleinerung vor der Begichtung nicht nötig. Beruht jedoch der Zerfall auf dem Verlust der Kohlensäure aus Karbonaten, so tritt er erst in tieferen Zonen des Ofens ein und darum ist es in diesem Falle möglich, daß die Beschickungssäule von hier bis zur Gicht wegen der Durchsetzung mit dicken Erzstücken ungleichmäßig vorgewärmt wird. Eine Vorzerkleinerung dicker Erzstücke erscheint dann vorteilhaft.

Bei der Verwendung sehr harter Stückerze, z. B. zahlreicher Rot- und Magneteisenerze, die sich bei der Erhitzung nicht verändern, ist die Zerkleinerung grober Stücke notwendig. Der Grad der Zerkleinerung wird heute durch wirtschaftliche Bedingungen vorgeschrieben. Es läßt sich nicht zahlenmäßig angeben, welcher Gewinn bei der Erzeugung des Roheisens durch eine Zerkleinerung des Erzes erreicht wird, man muß lediglich darauf bedacht sein, daß sich die Erzbrechkosten in den Roheisengestehungskosten nicht ungünstig bemerkbar machen. Die Erzbrechkosten sind von der Stückgröße des Roherzes sowie von seiner Härte und sonstigen Beschaffenheit abhängig. Daraus geht hervor, daß für die verschiedenen Erzsorten auch verschieden hohe Erzzerkleinerungskosten in Ansatz gebracht und daß sie bei der Gesamtbewertung des Erzes berücksichtigt werden müssen. Technisch ist die Frage geklärt, die Entwicklung geht in Richtung einer zunehmenden Zerkleinerung der Stückgrößen bis herunter zu den Abmessungen, die eine Gasundurchlässigkeit der Beschickungssäule zur Folge haben würde. Wirtschaftliche Unübersichtlichkeit der Erfolgmöglichkeiten hemmen diesen Fortschritt.

Wenn die Erze auf eine bestimmte Korngröße vor der Verwendung im Hochofen zerkleinert werden sollen, so ist diese Aufgabe nur durchführbar, solange alle Erzbestandteile in grobstückiger Form geliefert werden. Wie aus den nachstehenden Beispielen hervorgeht, ist das jedoch nicht der Fall. Zur Bestimmung der Stückgröße einiger Erzsorten sind z. B. von Lent[4]) größere Proben durch aufeinanderfolgende Absiebungen in mehrere Korngrößengruppen geschieden und die Gewichtanteile jeder Gruppe gewogen worden.

Zahlentafel 1. Gewichtanteile der Korngrößengruppen verschiedener Erze

Korndurchmesser mm	Gränges-berg vH	Roteisen-erz vH	Kirma-D-Erz vH	Siegerländer Rotspat vH
größer als 100 . . .	23	38	8	4
80 bis 100 . . .	6	4	8	4
60 „ 80 . . .	12	2	10	5
40 „ 60 . . .	2	2	12	8
20 „ 40 . . .	15	23	18	15
10 „ 20 . . .	6	7	12	13
0 „ 10 . . .	36	24	32	51

(Spalten 2–5: Erzsorte)

[4]) Lent, Betriebsversuche Rheinische Stahlwerke, unveröffentlicht.

Die Zahlen in vH des Gesamtgewichtes der Erzproben, Zahlentafel 1, geben ein anschauliches Bild von der Verteilung der Korngrößen im angelieferten Erz. Auch die allgemein als Stückerze angesprochenen Magnet- und Roteisenerzproben haben einen erheblichen Anteil an Feinbestandteilen. Eine Zerkleinerung auf eine einheitliche Stückgröße ist bei keiner der vorliegenden Erzsorten möglich, weil bei allen feinste Korngrößen in großer Menge vorhanden sind. Würde man z. B. als wünschenswerte einheitliche Korngröße 20 mm Korndurchmesser wählen, so würde ein großer Teil Feinerz entfallen, bei 10 mm Korngröße wäre dieser Anteil wohl schon kleiner, Zahlentafel 2.

Zahlentafel 2. Gewichtanteile an entfallendem Feinerz

bei Korngröße	Gränges-berg vH	Roteisen-erz vH	Kirma-D-Erz vH	Siegerländer Rotspat vH
20 mm Dmr.	42	31	44	64
10 „ „	36	24	32	51

In jedem Falle sind die Mengen ausfallenden Feinerzes jedoch so groß, daß sie nicht durch Absieben beseitigt werden können, ohne daß die Frage ihrer wirtschaftlichen Wiederverwendung geklärt ist.

Bei der Zerkleinerung der Stückerze entstehen unvermeidlich ebenfalls feine Bestandteile, die den Anteil an Gesamtfeinerz noch beträchtlich erhöhen können. Die Menge und die Feinheit der durch das Brechen der Stückerze entfallenden feinen Splitter und Staube sind von der Natur der Erze und dem Brechvorgang abhängig. Je nachdem das in den Erzen vorliegende, fest verwachsene Mineralkonglomerat aufgebaut ist, zerspringen die einzelnen Stücke in zahlreiche kleine und kleinste Teile, oder sie bleiben in wenigen größeren Stücken zusammen. Ebenso kommt es für dieses Verhalten darauf an, ob der Brechvorgang auf einer zerdrückenden oder zerreibenden Beanspruchung beruht, wie er z. B. einerseits von dem Backenbrecher und anderseits von dem Kreiselbrecher ausgeübt wird.

Auch der Grad der Beanspruchung der Erzstücke spielt bei der Zerkleinerung eine Rolle. Nach Untersuchungen beim American Institute of Mining and Metallurgical Engineers[5]) ist bei der Zerkleinerung heterogener Mineralien der Entfall an feinen Bestandteilen kleiner, wenn das Brechen stufenweise in mehreren Arbeitsgängen vor sicht geht. Infolge all dieser Vorgänge bleibt schließlich der Entfall an Feinerz doch so groß, daß er schätzungsweise unter Berücksichtigung der in obigen Beispielen mehrerer Erzsorten schon von Natur vorhandenen Feinerzbestandteile nach dem Brechen insgesamt 50 vH und mehr ausmachen würde, das heißt, nur die Hälfte der Erze könnte in gewünschter Stückgröße dem Hochofen zugeführt, die andere Hälfte müßte vor der Verwendung erst künstlich stückig gemacht werden.

Ein Hochofenbetrieb, der die Hälfte oder noch mehr feiner Erzmengen durch besondere Verfahren stückig machen müßte, würde voraussichtlich eine derartige Erhöhung seiner Erzkosten erleiden, daß die durch solche Maßnahmen erreichten Betriebsvorteile nicht in gleichem Verhältnis nachgewiesen werden könnten. Daraus folgt, daß voraussichtlich der Betrieb eines Hochofens mit einer einheitlichen Erzstückgröße von 20 oder auch 10 mm Korndurchmesser in wirtschaftlicher Hinsicht nicht in Frage kommt. In der Bilanz stehen auf der Ausgabenseite die Kosten für die Zerkleinerung der Stückerze sowie diejenigen für die Stückigmachung der Feinerze, demgegenüber stände ein Gewinn infolge eines geringern Brennstoffaufwandes, der nicht genau gemessen werden kann, hinzu kommen unbestimmbare Gewinne infolge gleichmäßiger Eisenerzeugung der Güte und Menge nach. Der Versuch würde in wirtschaftlicher Hinsicht ein Wagnis darstellen.

Wenn hier die Gleichstückigkeit der Erze näher behandelt ist, so bezieht sich diese grundsätzliche Forderung in gleicher Weise auf den Koks, da die Koksstücke in Hinsicht auf die Eigenart der Beschickungssäule bezüglich de

[5]) „Revue de Métallurgie" Bd. 23 (1926) S. 664.

Vorwärmungsvorgänge ebenfalls in Betracht kommen. Beim Koks ist im allgemeinen der durch die Zerkleinerung entfallende Anteil an Kleinkoks mit Korndurchmessern unterhalb der gewünschten Größe kleiner als bei den Erzen. Trotzdem ist die Aufgabe hier noch schwieriger, weil man den Feinkoks für den Schachtofen nicht verwenden kann und er ein minderwertiges Abfallerzeugnis sein würde.

Es wäre denkbar, daß man künftig den Hochofen mit noch kleineren Erzstückgrößen, wie die angegebenen Korndurchmesser von 20 oder 10 mm, betreiben lernte. Der Anteil an ungeeigneten Feinerzen ginge dann erheblich herunter. Man hätte dann höhere Kosten für die Erzzerkleinerung und geringere für die Stückigmachung. Immerhin läge noch ein weiter Spielraum zwischen dem 10 mm-Korn und einer Größe, die mit dem Gasstrom als Gichtstaub abginge, wie folgendes Zahlenbeispiel zeigt. Ein unmittelbar neben dem Ofen im ersten Staubsammler aufgefangener Gichtstaub hatte die Zusammensetzung:

SiO_2	14,20 vH	P_2O_5	1,79 vH
FeO	11,25 „	Al_2O_3	14,50 „
Fe_2O_3	29,35 „	CaO	8,90 „
MnO	0,59 „	C	4,31 „

Seine Korngrößen, die durch aufeinanderfolgendes Absieben bestimmt wurden, lagen zwischen 0 und 0,5 mm Dmr., und zwar war der Gewichtanteil jeder Absiebung:

Sieb Nr.	Korngrößen	Gewichtanteil vH	Summe der Gewichtanteile vH
1	größer als 0,47 mm	1,74	—
2	0,283 bis 0,47 mm	7,60	9,34
3	0,195 „ 0,283 „	17,50	26,84
4	0,163 „ 0,195 „	23,78	50,62
5	0,122 „ 0,163 „	21,88	72,50
6	0,093 „ 0,122 „	9,81	82,31
7	kleiner als 0,093 mm	17,69	100,00

Nach dem Untersuchungsergebnis werden erst Korngrößen von 0,3 mm Dmr. und weniger in größeren Mengen als Gichtstaub abgeführt. Die Gefahr des Herausschleuderns der Beschickung wäre daher auch bei kleinen Korngrößen bis zu 0,3 mm herunter nicht bedeutend, wenn sie nur gleich sind. Eine andere Schwierigkeit entstände indessen durch das starke Anwachsen des Strömungswiderstandes, daraus ergäben sich ungeeignet hohe Winddrücke, wenn nicht die Höhe der Beschickungssäule gleichzeitig verkleinert würde. Die Beschickungssäule kann aber um so niedriger gehalten werden, je gleichmäßiger und je schneller sich die Beschickungsstoffe erwärmen.

Die Erwärmung der Beschickung ist lediglich von der Verteilung des Heizgasstromes auf den Querschnitt und von der Stückgröße der Stoffe abhängig. Die gleichmäßige Verteilung der Heizgase wird durch gleich große Stückigkeit der Beschickungsstoffe begünstigt. Die Beschickungsstoffe erwärmen sich um so schneller, je geringer die Stückgrößen oder je größer die Temperaturunterschiede zwischen Heizgasen und Beschickung in jedem wagerechten Querschnitt sind. Im Grenzfalle, bei unendlich kleinen Korngrößen, ist in jedem wagerechten Querschnitt der Temperaturunterschied zwischen Heizgas und Beschickungsstoffen gleich null, d. h. es findet vollkommener Wärmeaustausch statt. Für diesen vorbildlichen Fall hat Le Chatelier[6]) den Temperaturverlauf bei den beteiligten Stoffen festgestellt. In Abb. 1 ist schematisch die Art der Beheizung dargestellt.

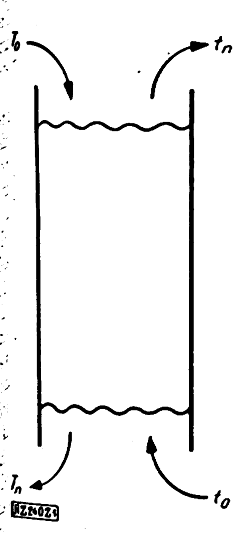


Abb. 1
Wärmeaustausch im Schachtofen
(Le Chatelier)

[6]) „Revue de Métallurgie" Bd. 23 (1926) S. 629.

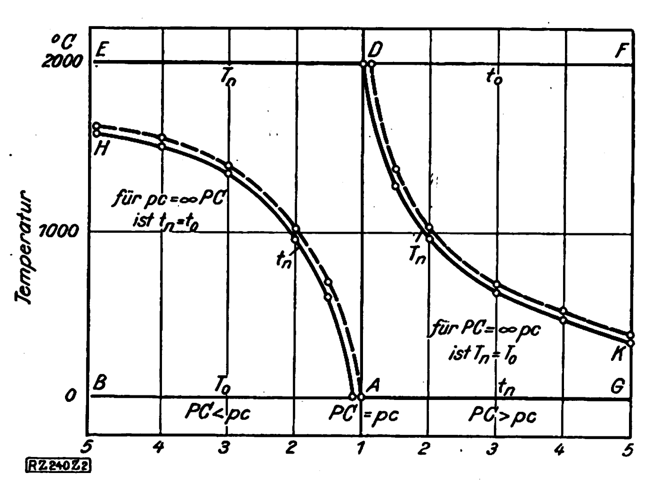


Abb. 2
Gichtgastemperatur in Abhängigkeit von $PC : pc$

In den Schacht gelangen in der Zeiteinheit P kg Schmelzstoffe mit der Temperatur T_0, diese treten unten, wenn zunächst angenommen wird, daß sie in Menge und Zusammensetzung unverändert bleiben, mit der Temperatur T_n aus. Der Heizgasstrom tritt unten mit der Temperatur t_0 ein, seine Menge betrage p kg je Zeiteinheit. Unter der Voraussetzung, daß er im Schacht unverändert bleibt, tritt er oben in derselben Menge bei einer Temperatur t_n aus. Ist die mittlere spezifische Wärme der festen Stoffe im gesamten Temperaturbereich C und entsprechend die der Heizgase c, so ist, da die Summe der in den Schachtofen eintretenden Wärmemengen gleich der austretenden Wärmemenge ist, und vorausgesetzt, daß im Ofen durch chemische Umsetzungen oder andere Vorgänge kein Wärmeverbrauch oder Wärmegewinn auftritt und daß keine Wandverluste vorhanden sind,

$$P C T_0 + p c t_0 = P C T_n + p c t_n \quad . . . . (1).$$

Findet im Ofen ein Wärmeverbrauch Q statt, so ist

$$P C T_0 + p c t_0 = P C T_n + p c t_n - Q \quad . . . (2).$$

Ist nun z. B. $P C = p c$, so ist

$$T_n = t_0 \text{ und } t_n = T_0.$$

Die Austrittstemperatur der festen Stoffe ist nach Gleichung (1) gleich der Eintrittstemperatur der Heizgase, und die Austrittstemperatur der Heizgase ist gleich der Eintrittstemperatur der festen Stoffe. Es hat also vollkommener Wärmeaustausch stattgefunden. Ist $P C > p c$, so ist aus Gleichung (1) zu entnehmen, daß $T_n < t_0$ wird, da t_n nicht kleiner als T_0 werden kann, es ist demnach $t_n = T_0$.

Ist dagegen $P C < p c$, so kann T_n nicht größer als t_0 werden, es ist daher $T_n = t_0$ und $t_n > T_0$.

Auf der unteren Geraden BG, Abb. 2, entspricht Punkt A der Beziehung $P C = p c$, nach links sind alle Wertverhältnisse $P C < p c$ maßstäblich aufgetragen, nach rechts alle Wertverhältnisse $P C > p c$. Die Senkrechte $A D$ entspricht maßstäblich einem Temperaturabstand $t_0 - T_0$, indem die Wagerechte $E F$ die Temperaturhöhe t_0 und die Wagerechte $B G$ die Temperatur T_0 bezeichnet. Im Punkte A, in dem das Wertverhältnis $P C = p c$ herrscht, ist die Gichtgastemperatur $t_n = T_0$, sie ist also durch den Punkt A gekennzeichnet. Für alle Wertverhältnisse $P C > p c$ bleibt $t_n = T_0$, die Gichtgastemperatur fällt also mit der Strecke AG zusammen.

Rechnet man für die verschiedensten Wertverhältnisse $P C < p c$ die Werte für t_n aus, indem man $T_n = t_0$ setzt, so ergibt sich für die Gichtgastemperatur eine Kurve AH, die zuerst steil ansteigt, dann flacher wird und DE im Unendlichen erreicht, d. h. ist der Wert der Heizgase $p c$ unendlich größer als der Wert $P C$ der festen Stoffe, so treten die Gichtgase mit der Eintrittstemperatur t_0 wieder aus. Rechnet man ebenfalls für alle Wertverhältnisse $P C > p c$ unter Einsetzung von $t_n = T_0$ die Werte für T_n aus, so ergibt sich rechts von AD eine Kurve DK für T_n, die besagt, daß die Austrittstemperatur T_n der festen Stoffe um so kleiner wird, je größer $P C$ gegenüber $p c$ ist.

Links von AD bleibt die Austrittstemperatur der festen Stoffe gleich der Eintrittstemperatur der Heizgase, während die Gichtgastemperatur von dem Anfangswert T_0 wächst. Rechts von AD bleibt die Gichtgastemperatur gleich der Eintrittstemperatur der festen Stoffe, dagegen sinkt die Austrittstemperatur der festen Stoffe. Der günstigste Betriebsfall entspricht dem Wertverhältnis $PC = pc$, hier findet vollkommener Wärmeaustausch statt.

Wird $PC < pc$, so steigt sofort die Gichtgastemperatur stark an; wird $PC > pc$, so sinkt die Austrittstemperatur der festen Stoffe und unterschreitet leicht ein Maß, das für den jeweils vorliegenden Schachtofenbetrieb unanwendbar ist. Der Spielraum in dem Wertverhältnis PC zu pc darf sich daher nur in sehr engen Grenzen um $PC = pc$ bewegen. Findet in dem Schachtofen ein Wärmeverbrauch entsprechend Gleichung (2) statt, so verschieben sich die Kurven, Abb. 2, etwas nach rechts, die gestrichelten Linien entsprechen den Verhältnissen der Gleichung (2). Die Art der Linien wird dadurch nicht verändert. Diese Darstellung gibt eine anschauliche Beziehung zwischen dem Wärmeinhalt der Heizgase, ihrer Temperatur und der Gichtgastemperatur. Allerdings ist eine rechnerische Anwendung auf die Vorgänge im Hochofen nicht ohne erhebliche Schwierigkeiten möglich, da die Benutzung richtiger Werte für die spezifischen Wärmen und die Berücksichtigung der durch die Ofenvorgänge entstehenden Veränderungen schwierig ist.

Die Benutzung kleiner Korngrößen als Beschickungsstoffe von Schachtöfen ist möglich, wenn die Beschickungssäule nicht zu hoch ist, und wenn die Stoffe in einer einheitlichen Korngröße vorliegen. Die Stoffsäule kann niedriger gehalten werden, weil unter solchen Bedingungen die Erwärmung schneller vonstatten geht infolge der Kleinheit der Korngrößen und gleichmäßiger, infolge der Gleichstückigkeit und der dadurch verursachten guten Verteilung des Heizgasstromes. Die Beziehung zwischen dem Gaswiderstand und den Abmessungen der Beschickungssäule geht aus einer Gleichung hervor. Wenn P_1 der Anfangsdruck des Gasstromes und P_2 dessen Enddruck ist, ferner V das wahre Gasvolumen, H die Beschickungshöhe und F den Beschickungsquerschnitt bedeutet, so kann man schreiben $P_1 - P_2 = k \frac{VH}{F}$; k ist eine Zahlengröße, die in erster Linie von der Teilchengröße der Beschickung in der Weise abhängig ist, daß sie mit abnehmender Korngröße anwächst. Beim Hochofen ist die Beziehung zwischen Druckgefälle und Gasvolumen nicht linear, weil sich das Volumen infolge chemischer Vorgänge und der Abkühlung verändert.

Die Zahl k muß durch Versuche ermittelt werden, sie ist allerdings nicht auf andere Versuchsfälle übertragbar, da ihr Wert nicht von den Korngrößen allein, sondern auch von der Gestalt der einzelnen Körner abhängt. Je nachdem sie angenäherte Kugelgestalt oder unregelmäßig geformte Oberflächen haben, sind die Hohlräume zwischen den Teilchen in der Beschickungssäule verschieden groß. Der Strömungswiderstand ist am kleinsten, wenn die einzelnen Stoffteile Kugelform haben und unendlich groß, wenn sie bei sonst gleichen Abmessungen kubische Form aufweisen, sich so zusammen schichten, daß keine Hohlräume entstehen.

Die verschiedenen zerkleinerten Erzsorten haben unregelmäßige, zerklüftete Oberflächen, die sich entweder unter Bildung von größeren Hohlräumen in Annäherung an den in der Kugelform vorliegenden günstigsten Fall zusammenschichten oder sich, namentlich wenn sie infolge ihrer Struktur plättchenförmig ausgebildet sind, ohne erhebliche Hohlraumbildung zusammenlegen. Solche Stoffe zeigen ganz allgemein ein deutlich unterschiedliches physikalisches Verhalten. Die ersteren kann man als körnige, rieselnde Stoffe bezeichnen, sie zeigen eine gewisse Gesetzmäßigkeit ähnlich den Flüssigkeiten mit hoher innerer Reibung. Die andern sind mehlige Stoffe, sie neigen zu Zusammenballungen und weisen nur einen geringen Unterschied zwischen dem scheinbaren und dem wahren spezifischen Gewicht auf.

Mit dieser auf die Oberflächenbeschaffenheit zurückzuführenden Verschiedenartigkeit des Verhaltens in bezug auf den Widerstand dem Gasstrom gegenüber steht die Festlegung der unteren Grenze der Korngrößen für den Schachtofenbetrieb in unmittelbarem Zusammenhang. Nach der obigen Gleichung erhält in dieser Erscheinung der Faktor k seinen Wert, die Höhe H wird nach dem Wärmeaustauschvermögen, das mit den Korngrößen wieder in unmittelbarer Beziehung steht, bemessen und die Querschnittsfläche F des Schachtofens nach der Heizgasmenge und dem Wertverhältnis PC zu pc.

Das Druckgefälle ist insgesamt der Höhe der Beschickungssäule verhältnisgleich, aber umgekehrt verhältnisgleich dem Quadrate des Durchmessers. Wächst z. B. bei stets gleicher Heizgasmenge p und einem Durchmesser der Beschickungssäule 1 das Wertverhältnis $PC:pc$, so verändert sich dieses durch Verdopplung des Durchmessers zu 4 $PC:pc$. Daraus geht der starke Einfluß des Durchmessers und seiner Änderung au[f] den Heizvorgang hervor. Es ist aber auch ersichtlich, i[n] welchem Maße bei Veränderung des Ofendurchmessers, di[e] in der Zeiteinheit erzeugten Heizgasmengen dieser Veränderung angepaßt werden müssen, damit wieder ein günstiges Verhältnis PC zu pc erreicht wird. In gleichem Zusammenhang steht auch die Erscheinung der hohen Erzeugungsfähigkeit der Öfen mit weitem Gestell.

Wenn die Größe der Hohlräume für die Höhe de[s] Strömungswiderstandes eine Rolle spielt, so ist zu beachten, daß die in den Erzen enthaltenen feinen und feinsten Bestandteile eine Verengerung und Verstopfung verursache[n] und daher ganz besonders auf die Gasdurchlässigkeit ungünstig einwirken. Es wäre daher angebracht, gerad[e] diese Bestandteile vor der Verhüttung auszuscheiden. Be[i] Erzen, die nur geringe Mengenanteile dieser Feinstoff[e] haben, wie Rot- und Magnateisenerze, vielleicht auch Ro[h]spate, erscheint es wirtschaftlich möglich, sie nach de[m] Brechen durch eine Windaufbereitung von dem Staub z[u] befreien. Die Staube sind metallarm und geringwerti[g]. Brauneisenerze, die im Hochofen schon durch die Erwä[r]mung staubfein zerfallen, kommen für die beschriebene Betriebsweise nicht in Betracht, sie gehören zu den mu[l]migen Stoffen, die die Beschickungssäule stark verdichte[n].

Das Ergebnis der Untersuchungen kann folgende[r]maßen zusammengefaßt werden. Eine Zerkleinerung d[er] Beschickungsstoffe auf einheitliche Stückgrößen bis Kor[n]größen herunter auf 20 oder 10 mm Dmr. kommt nicht [in] Frage, weil der Entfall an Feinerz einen großen Teil d[er] gesamten Erzmenge ausmachen würde. Zu den Zerklein[e]rungskosten kämen hohe Stückbarmachungskosten d[er] entfallenden Feinerze. Bei dem Versuch, mit noch kle[i]neren Korngrößen zu arbeiten, würde der Entfall [an] Feinerz geringer werden, insbesondere wenn das Erz st[u]fenweise zerkleinert wird. Die Zerkleinerungskosten st[ei]gen. Mit abnehmenden Korngrößen wächst der Strömung[s]widerstand des Heizgasstromes im Ofenschacht stark a[n], infolge besserer Wärmeübertragung kann die Beschi[c]kungssäule aber niedriger gehalten werden, so daß d[ie] Möglichkeit besteht, daß Druckgefälle wieder zu ve[r]ringern.

Wesentlich für die Höhe des Strömungswide[r]standes ist neben der Korngröße die Oberflächengestalt der einzelnen Körner und der Mengenanteil an stau[b]förmigen Bestandteilen. Die Staube können durch Au[f]bereitung vor der Verhüttung entfernt werden. Korngröß[en] von weniger als 0,3 mm kommen für Schachtofenbetrie[b] nicht in Frage, da sie von dem Heizgasstrom mitgeriss[en] werden. Bei beschränkter Beschickungshöhe wird e[in] günstiges Verhältnis PC zu pc durch richtige Bem[es]sung des Querschnittes erreicht. Dadurch sind die früh[er] gekennzeichneten Zusammenhänge zwischen Erzbescha[f]fenheit, Ofenquerschnitt und Heizgasmenge festgestellt, [es] sei denn, daß man dazu übergehen wird, ähnlich wie [b]ei einem neuen Gaserzeugungsverfahren[7]), die Luft von unt[en] derart einzublasen, daß das feinkörnige Gut in der ganz[en] Schütthöhe sich in einer auf- und abwirbelnden Bewegu[ng] befindet.

Die Verkleinerung der Korngröße der Beschickung[s]stoffe ermöglicht heiztechnisch eine Verringerung der B[e]schickungshöhe. Die Reduktionsvorgänge werden dadur[ch]

[7]) DRP 437970 und 438843.

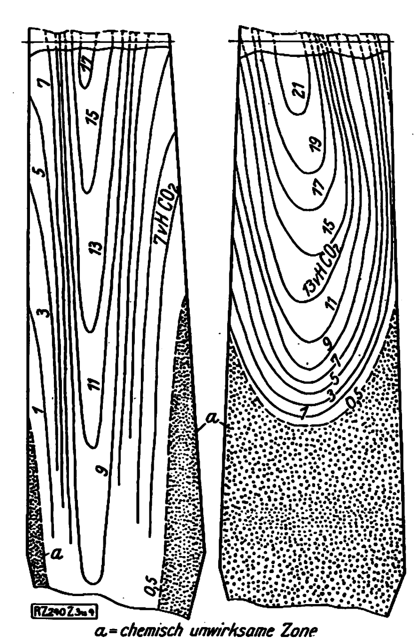


Abb. 3 Reduktionsgebiet im Schachtofen, großstückiges Erz

Abb. 4 Reduktionsgebiet im Schachtofen, Feinerz

icht beeinträchtigt; denn auch hier gilt, daß die Reaktions-berflächen größer werden und der Umfang des Reaktions-erlaufes ansteigt. Die Reaktionsgeschwindigkeiten sind roß genug, daß die chemischen Umsetzungen sich in egen heute erheblich kürzerer Zeit vollziehen können.

Nach Versuchen[7a]), die an einem Versuchshochofen vom ureau of Mines ausgeführt worden sind, reduzieren sich ie Eisenoxyde unter Bildung von CO_2 im Schacht, und die eduktionszone liegt höher, das heißt, die Reduktion ist rüher beendet, wenn die Beschickung kleinstückig ist. In bb. 3 sind die Versuchsergebnisse jener Untersuchungen der Weise bildlich dargestellt, daß in einem Senkrecht-chnitt des Schachtofens Punkte gleichen Kohlensäurege-altes miteinander verbunden sind. Die Beschickung be-tand aus Erzen von 8,3 bis 12 mm Korngröße. Dem-egenüber ist in Abb. 4 der Versuchsbefund in gleicher Weise dargestellt, wenn die Korngröße der Beschickung leiner als 3,2 mm ist. Hier ist die CO-Reduktion viel rüher beendet und unterhalb dieser Reduktionszone befin-et sich ein ausgedehnter Raum, in dem chemische Um-etzungen nicht stattfinden. Daraus folgt, daß, wenn die eheizung kleinstückiger Beschickung in kürzerer Zeit öglich ist, als großstückiger, mit Rücksicht auf die che-ischen Vorgänge ebenfalls eine Verkürzung der Be-chickungssäule durchführbar ist.

Voraussetzung für den einwandfreien Betrieb eines chachtofens mit kleinstückiger Beschickung, größerem fendurchmesser und geringerer Beschickungshöhe ist die Möglichkeit, den Heizgasstrom auch tatsächlich gleich-mäßig über den ganzen Querschnitt zu verteilen. Das ist iber bei einer Beschickung gleicher Korngröße nicht ohne weiteres der Fall, weil durch die aneinanderliegenden klein-stückigen Beschickungsstoffe die durch sie gebildeten Hohl-räume an den Wandungen größer sind als im Innern eines jeden Wagerechtquerschnittes[8]). Infolgedessen entsteht in der Randzone an den Wandungen eine höhere Strömungs-geschwindigkeit als in der Mitte. Die Randzonen werden stärker und schneller aufgeheizt als die in der Mitte lie-genden Beschickungsstoffe. Auf diese Erscheinung ist wahrscheinlich die bei den erwähnten amerikanischen Ver-suchen beobachtete Tatsache zurückzuführen, daß bei dem Betriebe mit Feinerz, entsprechend Abb. 4, der Betrieb des Versuchsofens sehr unregelmäßig war, die Beschickungs-stoffe unvorbereitet und kalt im Gestell ankamen und das erzeugte Roheisen schwefelhaltig war. Der Heizgasstrom hat wahrscheinlich die Beschickungssäule nicht im gewünschten Umfange durchdringen können, sondern ist in der Hauptsache an den Rändern nach oben gestiegen. Wenn man die Abmessungen jenes Versuchsofens betrachtet, so kann man feststellen, daß der Ofen im Vergleich zu seiner Höhe einen sehr kleinen Durchmesser hatte, 0,9 zu 9,0 m, und da das Verhältnis der hier in Frage kommenden Randzone zum Innenquerschnitt bei der Verteilung des Gasstromes sicher eine Rolle spielt, ist anzunehmen, daß nur wegen seiner schlanken Form der Versuchsofen eine so schlechte Aufheizung der Beschickungssäule zeigte. Mit zunehmendem Ofendurchmesser wird das Verhältnis Randzone zu Ofeninnern kleiner und dadurch wird der Anteil an Porenraum für das Ofeninnere im Verhältnis zum Ofenrand günstiger. Es ist also anzunehmen, daß die Beeinträchtigung der gleichmäßigen Verteilung durch die Eigenart der Randzone mit zunehmendem Ofendurchmesser gemildert wird.

Eine weitere Schwierigkeit bei der Erreichung einer gleichmäßigen Beheizung des gesamten Ofenquerschnittes entsteht dadurch, daß mit Verkleinerung der Korngrößen auch die Verbrennungszone vor den Formen kleiner wird, weil die an der Verbrennung teilnehmende Brennstoffoberfläche stark zunimmt. Nach Le Chatelier[9]) kann man annäherungsweise annehmen, daß der Abstand der Zone vollständiger Verbrennung von der Eintrittstelle des Windes in den Ofen der Größe der Kohlenstücke verhältnisgleich ist. Durch die Zusammenziehung der Verbrennungszone entsteht eine höhere Verbrennungstemperatur, nach dem Ofeninnern dagegen ein Temperaturabfall, so daß infolge großer Temperaturunterschiede in der Schmelzzone Unregelmäßigkeiten im Ablaufe der Schmelz- und Umsetzungsvorgänge leicht eintreten. Die Verbrennungszone läßt sich nur dadurch vergrößern, daß entsprechend der Vergrößerung der Brennstoffoberfläche die Windmengen gesteigert sind.

Auch bei neueren Untersuchungen an deutschen Hochöfen[10]) hat sich herausgestellt, daß ähnlich wie bei dem amerikanischen Versuchshochofen in der Randzone eine schnellere Aufheizung der Beschickung und eine frühere Beendigung der Reduktion als in den Ofenschichten im Innern stattfindet. Dieser Fehler würde auch bei gleicher Stückgröße der Beschickungsstoffe nicht ohne weiteres verschwinden, wenn nicht der Ofendurchmesser sehr groß ist. Bei Vergrößerung des Ofendurchmessers entsteht aber noch eine Schwierigkeit in der gleichmäßigen Verteilung der Beschickungsstoffe durch die Aufgabevorrichtung, den Gichtverschluß. Je größer der Ofendurchmesser wird, desto unzulänglicher werden die Gichtverschlüsse. Der Verschluß hat nicht nur die Aufgabe, die Beschickungsstoffe in gleichmäßiger Schüttung auf den ganzen Querschnitt des Ofens zu verteilen, sondern auch die verschiedenartigen Schmelzstoffe des Möllers in gleichmäßiger Mischung dem Ofen zuzuführen. Bei der Begichtung mit Stoffen sehr ungleicher Korngrößen, wie sie heute noch allgemein erfolgt, muß verhütet werden, daß während der Begichtung eine Trennung der Korngrößen stattfindet. Die Berücksichtigung dieser Aufgaben spielt bei den heute bekannten Bauarten der Gichtverschlüsse eine hervorragende Rolle. Man kann bei den Gichtverschlüssen die Beobachtung folgender Grundsätze unterscheiden:

1. Gleichmäßige Verteilung der Beschickungsstoffe im Aufgabetrichter des Verschlusses
   a) durch entsprechende Bemessung der Doppelverschlüsse,
   b) durch bewegliche Vorrichtungen am Außenverschluß.
2. Gleichmäßige Verteilung der Beschickungsstoffe durch Vorrichtungen unter dem Verschluß
   a) durch feststehende,
   b) durch bewegliche Vorrichtungen.

Zur Kennzeichnung sind die Grundzüge dieser Bauarten in einigen Abbildungen schematisch dargestellt. Alle Verschlußbauarten sind bisher von dem in Abb. 5 dargestellten Kegelverschluß oder dem Glockenverschluß

[7a]) Stahl und Eisen" Bd. 44 (1924) S. 391, 793, 986, 1081.
[8]) Spannbauer, „Stahl und Eisen" Bd. 46 (1926) S. 8.

[9]) Le Chatelier, Die industrielle Feuerung (1922) S. 34.
[10]) Bulle und Lennigs, Hochofenuntersuchungen und ihre rechnerische Auswertung. Berichte der Fachausschüsse des Vereins deutscher Eisenhüttenleute, Hochofenausschuß Bericht 78. Stahleisen G.m.b.H., Düsseldorf.



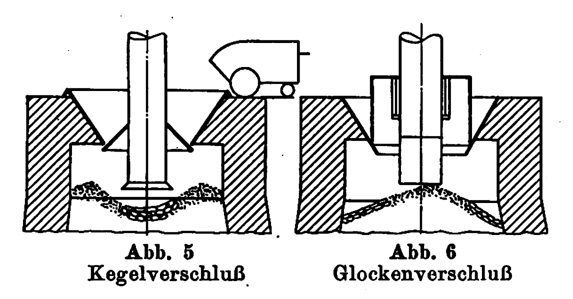


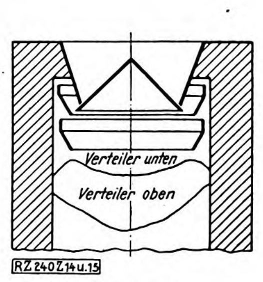
Abb. 5 Kegelverschluß

Abb. 6 Glockenverschluß

nach Abb. 6 abgeleitet. Ein andres Konstruktionselement ist bisher mit Erfolg nicht angewendet worden. Wenn man außer den oben gekennzeichneten Aufgaben eines Gichtverschlusses noch die hinzunimmt, feste Stoffe in einen Druckraum überzuführen, also zu schleusen, so wären an sich auch andere technische Lösungen dieser Aufgabe möglich. Die Schwierigkeit, die verschiedenartigen Aufgaben mit einer Vorrichtung auszuführen, haben anscheinend bisher das Festhalten an dem Kegel- oder Glockenverschluß oder einer Vereinigung beider bewirkt.

Es wäre immerhin denkbar, die Aufgabe der Schleusung und der Verteilung zu trennen. Ein Vergleich zwischen der Wirkungsweise des Kegelverschlusses und der des Glockenverschlusses zeigt ohne weiteres, daß die Verteilung verschiedenartig sein muß. Beim Kegelverschluß werden die Beschickungsstoffe beim Gichten nach außen gedrängt, um so mehr, je gröber die Stücke sind, beim Glockenverschluß nach innen.

Bei den in den Abb. 7 bis 10 wiedergegebenen Gichtverschlüssen wird auf eine gleichmäßige Verteilung und Vermischung der Beschickungsstoffe der Nachdruck gelegt. Nach der Bauart, Abb. 7, erfolgt sie in der Weise, daß der kleine obere Verschluß die Stoffe beim Gichten gleichmäßig auf den Umfang des unteren Verschlusses fallen läßt, selbst wenn durch die Begichtung eine ungleichmäßige Anhäufung im oberen Verschluß stattfindet. Der Verschluß, Abb. 8, bewirkt dadurch eine gleichmäßige Verteilung in dem unteren Trichter, daß durch Drehung des oberen Trichters jede Ladung auf eine bestimmte Stelle des unteren Verschlusses gebracht wird. Diesen Verschluß hat man bei amerikanischen Hochöfen häufig (McKea-Verschluß) angewendet, findet aber auch bei einzelnen deutschen Öfen. Eine Bauweise, bei der in ähnlicher Art diese Ausführung vorliegt, ist der Thümmler-Neumarck-Verschluß, Abb. 9. Dieser Verschluß stellt gewissermaßen eine Vereinigung der Grundsätze, Abb. 7 und 8, dar.



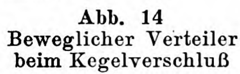


Abb. 14 Beweglicher Verteiler beim Kegelverschluß

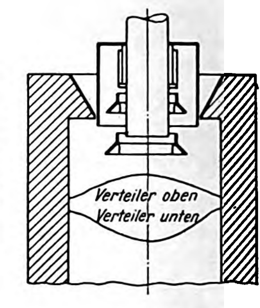


Abb. 15 Beweglicher Verteiler beim Glockenverschluß

Die Beschickungsstoffe unter dem Verschluß werden durch in dem Ofen eingebaute Verteiler, wie sie in Abb. 11 bis 13 dargestellt sind, verteilt, und zwar ist bei dem Kegelverschluß, Abb. 11, ein Anschlagring auf dem Umfang des Ofenraumes eingebaut, während bei dem Glockenverschluß, Abb. 12, ein solcher Anschlagring unter der Glocke angeordnet ist. Die aus dem Verschlußtrichter beim Gichten abrutschenden großstückigen Beschickungsstoffe eilen vor und werden von dem Verteiler zurückgeworfen. Den Verteiler, Abb. 13, hat man durchbrochen, so daß die groben Stücke nicht an allen Stellen des Umfanges zurückgeworfen werden.

Verschlüsse mit beweglichen Verteilern zeigen Abb. 14 und 15, u. zw. Abb. 14 die Anordnung eines Verteilers für einen Kegelverschluß und Abb. 15 entsprechend einen Glockenverschluß. Der Anschlagring, der die großen und voreilenden Beschickungsstoffe zurückwirft, kann in beliebige Höhe gestellt werden, so daß durch diese Maßnahme ein weiterer Einfluß auf die Art der Verteilung ausgeübt werden kann. Diese Vorrichtung sachgemäß zu handhaben

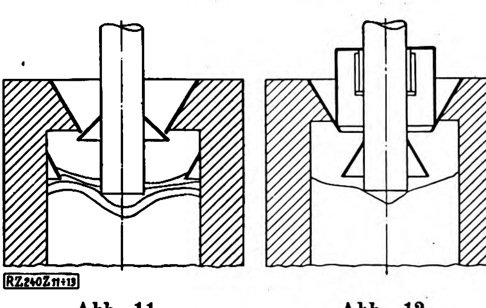


Abb. 11 Verteiler beim Kegelverschluß

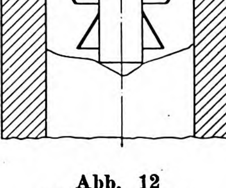


Abb. 12 Verteiler beim Glockenverschluß

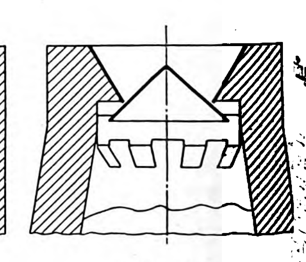


Abb. 13 Verteiler mit unterteilten Anschlagleisten

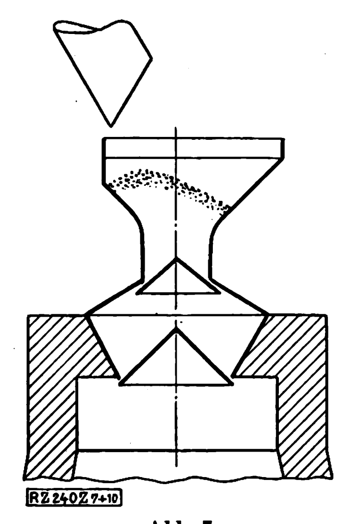


Abb. 7 Gichtverschluß mit Verteilung durch kleinen Ober- und großen Unterverschluß

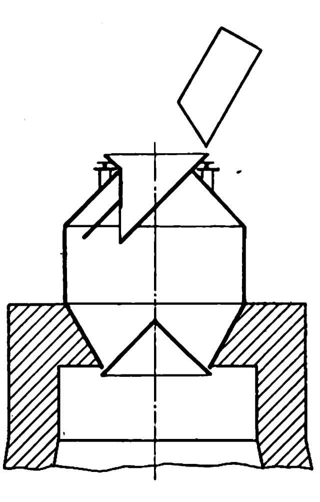


Abb. 8 Gichtverschluß mit Verteilung durch drehbaren Aufgabetrichter

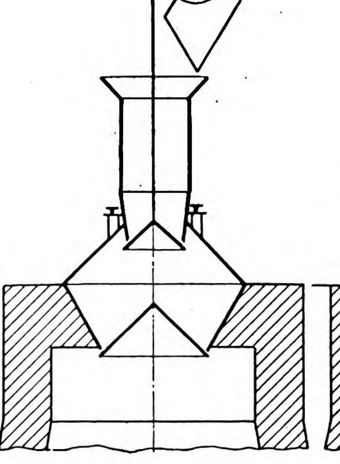


Abb. 9 Gichtverschluß mit Verteilung durch drehbaren kleinen Oberverschluß

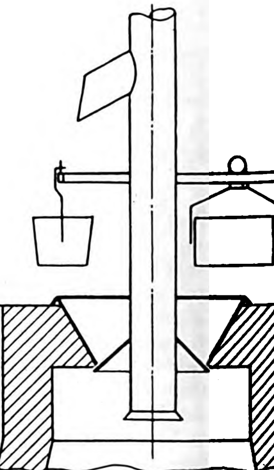


Abb. 10 Gichtverschluß mit Verteilung durch fahrbare Aufgabegefäße



wird nur dadurch erschwert, daß die tatsächliche Verteilung nicht beobachtet werden kann.

In Abb. 16 bis 18 sind schließlich noch Ausführungsmöglichkeiten dargestellt, die ebenfalls unter Benutzung beweglicher Verteiler eine gleichmäßige Ausbreitung der Beschickung auf den Querschnitt bewirken soll. Bei diesen Ausführungsformen bilden die Verteiler gleichzeitig Bestandteile des Verschlusses.

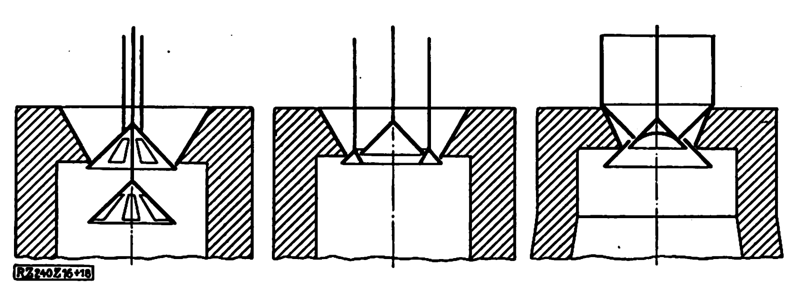


Abb. 16 bis 18
Begichtung durch Teilung des Verschlußkegels

Der Verschluß, Abb. 16, besteht aus einem Kegelverschluß, bei dem zwei ineinander gefügte Kegel auf dem Umfange mehrere Öffnungen haben, die einander verdecken. Wenn beim Gichten der untere Kegel gesenkt wird, so fallen Beschickungsstoffe durch die Öffnungen des oberen Kegels in den Ofen. Beim Senken des oberen Kegels gelangen dann die noch zurückgebliebenen Beschickungsstoffe an den Rand des Ofenquerschnittes. Bei der Bauweise, Abb. 17, liegt der mittlere Verschlußkegel in einem beweglichen Verschlußring, und die Wirkungsweise ist so, daß entweder durch Senken des gesamten Verschlusses oder durch Heben des mittleren Kegelverschlusses die Beschickung teils an den Rand, teils in die Mitte des Querschnitts gebracht wird. Eine wechselnde Beschickung der Randzone und der Mittelzone wird durch den Verschluß nach Abb. 18 erreicht, wenn ein Kübel mit kleiner Bodenöffnung den oberen Kegel senkt und das nächste Mal ein Kübel mit großer Bodenöffnung den Gesamtverschluß öffnet.

Durch alle diese Ausführungsformen wird zwar eine gleichmäßige Verteilung über den Querschnitt des Ofens angestrebt, aber nicht in so genauer Weise erreicht, daß nicht noch Verbesserungsmöglichkeiten in Aussicht ständen.

Aus technischen Gründen wird voraussichtlich die Entwicklung des Hochofenbetriebes nach der Richtung einer Verkleinerung der Stückgrößen der Beschickungsstoffe führen. Ein Heruntergehen auf mittlere Korngrößen kommt dabei weniger in Betracht als auf solche schon geringer Korndurchmesser. Die Beheizungs- und Reduktionszeiten können dadurch erheblich abgekürzt werden. Daraus ergibt sich eine geringere Bauhöhe des Ofens. Die Bemessung der Windmenge und dementsprechend der Heizgasmenge müssen den veränderten Verbrennungsvorgängen in der Brennzone angepaßt werden. Der Ofendurchmesser steht in Beziehung zur Heizgasmenge und zur Heizgasverteilung. Die Aufgabevorrichtung muß die Beschickungsstoffe gleichmäßig verteilen, eine richtige Mischung der verschiedenen in einem Möller enthaltenen Stoffe gewährleisten und den Gasdruckraum von der Außenluft dicht abschließen. Diese Anforderungen werden bisher unvollkommen erfüllt, weil dazu, so verschiedenartig sie auch sind, nur ein einziger Bauteil verwendet wird. [B 240]

Neue Zwillingsverbund-Dampfmaschine für Schiffe

Die Entwicklung der Dieselmaschine im letzten Jahrzehnt hat zur Folge gehabt, daß man heute mehr als früher geneigt ist, Neuerungen bei Dampfmaschinen in der Praxis zu erproben, um die Dampfmaschine gegenüber dem Dieselmotor wettbewerbfähig zu erhalten. In dieser Hinsicht ist eine von der Firma Christiansen & Meyer, Harburg (Elbe), gebaute Heißdampf-Zwillingsverbundmaschine Woolfscher Bauart bemerkenswert, die in den Fischdampfer „Claus Bolten“ eingebaut und mit gutem Erfolg erprobt worden ist[1]).

Den thermischen Wirkungsgrad hat man hierbei auf zweierlei Art verbessert, einmal indem man zwischen den beiden Hoch- und Niederdruck-Zylinderpaaren je einen von einer Klug-Steuerung angetriebenen Kolbenschieber eingebaut hat, der zwei Zylinder bedient, Abb. 1 und 2, und außerdem, indem man den Niederdruckzylinder für Gleichstrombetrieb eingerichtet hat. Hierdurch sind die schädlichen Flächen im Hochdruckzylinder auf 63 vH, im Niederdruckzylinder auf 60 vH der mittleren theoretischen Zylinderfläche vermindert worden.

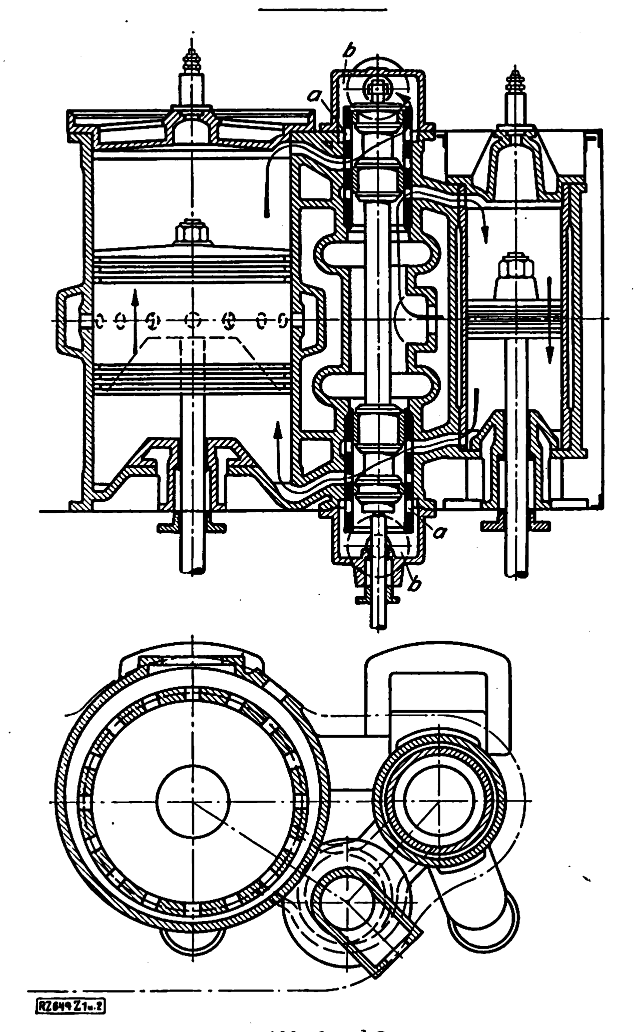


Abb. 1 und 2
Heißdampf-Doppelverbundmaschine
a Schlitze der Schiebereinsätze *b* äußerer Schieberraum

Die Dampfwege sind in Abb. 1 durch Pfeile angedeutet. Der Restdampf im Niederdruckzylinder nach dem Schließen der Auspuffschlitze ergäbe eine zu hohe Vorverdichtung. Daher läßt man ihn zum Teil durch die Schlitze *a* der Schiebereinsätze nach *b* und von dort durch ein Hilfsabdampfrohr zum Kondensator entweichen.

Bei der Vierzylindermaschine für „Claus Bolten“ haben die Hochdruckzylinder 315 mm und die Niederdruckzylinder 660 mm Dmr.; der Hub beträgt 660 mm. Die Kurbelwellen der beiden Maschinenhälften sind um 90° gegeneinander versetzt. Auf der Probefahrt ergab sich bei 525 PS_i, 106 Uml./min und 84 vH Luftleere ein Kohlenverbrauch von 0,51 kg/PS_ih. [M 644] W. S.

[1]) Dr.-Ing. C. Commentz, Fortschritte im Schiffsdampfmaschinenbau, „Werft-Reederei-Hafen“ Bd. 8 (1927) S. 149.

Fachsitzung Verbrennungsmotoren

gelegentlich der 66. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure, Mannheim-Heidelberg 1927

Die Fachsitzung fand am 28. Mai unter dem Vorsitz von Prof. Dr.-Ing. Nägel statt und war, wie in früheren Jahren, außerordentlich stark besucht. In einer kurzen Ansprache des Vorsitzenden wurde betont, daß gerade in der Gegenwart die Entwicklung im Maschinenbau, besonders auf dem Gebiete des Verbrennungsmotors, gehemmt werde durch einen gewissen Mangel an Erkenntnis grundsätzlicher Vorgänge, der grundlegender Forschung Erfolg verspreche. Die Bedeutung der Forschung werde vielleicht in der schaffenden Industrie nicht immer genügend gewürdigt. Es sei außerordentlich wichtig, dem neuen Geschlecht von Ingenieuren, das in die Praxis eintritt, wieder neue Erkenntnis mitzugeben, die im Laufe der Jahre den Erfolg zeitigt.

Als erster sprach sodann Prof. R. Stribeck über

Versuche auf dem Gebiete der schnellaufenden Dieselmotoren.

Der Vortrag ist in Z. Bd. 71 (1927) S. 765 erschienen.

Hierauf sprach Prof. P. Langer über

Kritische Betrachtungen über Wertungen von Verbrennungsmotoren.

Der Vortrag ist in Z. Bd. 71 (1927) S. 914 erschienen.

Im Anschluß hieran bestätigte Dir. F. Schultz, daß heute in der Bewertung von Verbrennungsmotoren eine große Verwirrung herrsche und beinahe jedes Werk ein eigenes Verfahren anwende. Um diesem Übelstand abzuhelfen, habe der Verein deutscher Ingenieure vor zwei Jahren die Anregung gegeben, neue Regeln für die Verbrennungsmotoren als Ersatz für die aus dem Jahre 1906 aufzustellen. Wie dringend dies sei, gehe daraus hervor, daß der heute alles beherrschende Dieselmotorenbau erst 1906 begonnen habe.

Bei der Bewertung von Verbrennungsmotoren sind gewisse grundlegende Gesichtspunkte notwendig, die die neuen Regeln geben sollen. Außerdem sind die einzelnen Motorenarten, die sich schwer gemeinsam behandeln lassen, Ölmotoren, Gasmotoren, Schiffsmotoren, Großdieselmotoren, schnellaufende Motoren, getrennt bearbeitet worden, indem man gemeinsame Grundsätze aufgestellt, aber für jede Gattung noch zusätzliche Erläuterungen gegeben hat; dazu kommen noch Gaserzeuger und Abwärmeverwerter. An die Spitze der Regeln sollen die allgemeinen vertraglichen Bestimmungen und Hinweise auf die Maße gestellt werden. Gewisse Meßverfahren werden besonders empfohlen, so daß in Berichten über Abnahmeversuche darauf verwiesen werden kann. Das waren die Gedanken, die den Unterausschuß bei seinen bisherigen Arbeiten leiteten, und die Arbeiten sind soweit fortgeschritten, daß man sie dem Ausschuß bald vorzulegen hofft.

Die Ausführungen des Langerschen Vortrages zielen darauf hin, die Regeln auch für wissenschaftliche Versuche zu verwenden. Obgleich bei der Aufstellung der Regeln in erster Linie an die Auseinandersetzung zwischen Kunden und Lieferer gedacht war, war es schon vielfach üblich, daß man sich auch bei wissenschaftlichen Arbeiten auf diese Regeln stützte. In den Regeln kann aber nur das Aufnahme finden, was sich im praktischen Gebrauch eingebürgert hat. Die Anregungen des Vortrages seien auch wohl nicht für die in Arbeit befindliche Ausgabe der Regeln bestimmt, sondern sollen einen Weg weisen, wie man weitere Maßstäbe für die Bewertung finden kann, um das Durcheinander im Schrifttum und in den meisten Köpfen zu vermeiden. Wenn die Wissenschaft diesen Mangel beseitigen und feste Grundmaßstäbe schaffen wolle, so sei das zu begrüßen.

Der Einwand, daß der Vergleich mit dem Ottoschen Prozeß eine Utopie sei, weil die danach berechneten Drücke und Temperaturen bei den heutigen Verbrennungsgeschwindigkeiten nie erreichbar wären, sei hinfällig; denn man könne nicht wissen, ob die heute unmöglich scheinenden Werte nicht eines Tages Wirklichkeit werden. Im Dampfkesselbau habe man ähnlich überraschende Erfahrungen gemacht. Ob allerdings der Vergleich mit dem Otto-Prozeß vollen Einblick gewährt und jedem Verbrennungsverfahren Gerechtigkeit widerfahren läßt, muß dahingestellt bleiben. Bei der Bewertung von Dieselmaschinen muß man z. B. die verbrennungstechnisch-chemische und die mechanisch-spülungsmäßige Seite auseinanderhalten. Eine so zergliederte Wertung ermöglicht dem Konstrukteur, aus den Ergebnissen der Forschungen die richtigen Schlüsse zu ziehen.

Prof. K. Neumann sprach sodann über

Die Dieselmaschine als Kraftfahrzeugmotor.

Die Arbeit ist in Z. Bd. 71 (1927) S. 775 veröffentlicht.

Nach der Mittagspause wurde die Aussprache über die Vorträge von Stribeck und Neumann durch Dr.-Ing. Modersohn eröffnet. Er erinnerte an das Bild des dreiteiligen Verdichtungsraumes, s. Abb. 1 S. 765.

Die Streitfrage sei, ob der Raum a, der „Luftspeicher", eine Vorkammer sei oder nicht. Man unterscheide zwei Vorkammerverfahren, das heute gebräuchliche mit der Durchström-Vorkammer und einen Vorläufer mit der Rückström-Vorkammer. Die Durchström-Vorkammer ist dadurch gekennzeichnet, daß sich die Vorkammer zwischen Einspritzdüse und Hauptbrennraum befindet, also der Brennstoff zunächst durch die Vorkammer strömen muß, bevor er in den Brennraum gelangt. In die Rückström-Vorkammer wird dagegen zunächst ein kleiner Teil des Brennstoffs durch die verdichtete Luft mitgerissen und verpufft darin. Die in der Vorkammer eintretende Druckerhöhung kehrt dann die Stromrichtung um, und die Luft strömt aus der Vorkammer in den Brennraum, wobei weiterer Brennstoff zugeführ[t] wird.

Der Acro-Motor verkörpert das Verfahren der Rückström-Vorkammer. Er ist eine selbständige und wertvoll[e] Weiterbildung des Gedankens, den Steinbecker, Z. Bd. 67 (1923) S. 780, jahrelang vergeblich verfolgt hat. Da[s] Acro-Verfahren benutzt eine in den Kolben verlegte Steinbecker-Retorte. Das von Prof. Stribeck verwendete Meß[-]verfahren sei scharfsinnig, könne aber zu gewissen Trug[-]schlüssen führen, weil der Wärmeübergang an das Therm[o-]element von den Strömungen der Maschine beeinflußt wir[d,] insbesondere von dem „Orkan", der in dem als „Pforte" be[-]zeichneten Querschnitt herrscht.

Die Ergebnisse der Messungen sind kein Beweis dafü[r,] daß der Acro-Motor das Wesen der Vorkammermaschin[e] nicht berührt; vielmehr lassen sie sich gerade im Sinne de[r] Vorkammer deuten. Dabei ist die wichtigste Frage: woh[er] kommt das Druckgefälle, das die Strömung der Luft aus de[m] Luftspeicher in die Flamme bewirkt? Eine Druckwelle, di[e] sich vom Zylinder in die Vorkammer fortpflanzt, müßt[e] bald abklingen und könnte nicht die Energie haben, u[m] während der ganzen Einblas- und Einspritzzeit zu wirke[n.] Vielmehr ist anzunehmen, daß wenigstens zu Beginn de[s] Einspritzvorganges ein kleiner Teil des Brennstoffes in d[ie] Vorkammer mitgerissen wird und dort eine, wenn auch n[ur] schwache Verpuffung eintritt, die ein Druckgefälle gege[n] über den übrigen Räumen erzeugt.

Die Messungen bestätigen diese Annahme insofern, a[ls] der größte Druckunterschied zwischen den Räumen c und [a] kurz vor der Totlage eintritt. Dieser erzeugt eine Strömu[ng] aus dem Raum c in den Raum a; wird nun der Brennst[off] in Richtung der nach dem Innern des Kolbens gerichtet[en] Luftströmung eingespritzt, so reißt die Luft einen Teil d[es] Brennstoffes mit.

Wird die Maschine von außen angetrieben, so tritt na[ch] den Messungen die höchste Temperatur 60 bis 80 mm v[or] dem Deckel, d. h. in der Kolbenkammer auf. Da man a[n-]nehmen muß, daß die Zündung immer dort am leichtest[en] stattfindet, wo die höchste Temperatur herrscht, so bestär[kt] dies die Annahme, daß die Zündung zunächst im Kolbe[n-]hohlraum eintritt. Das arme Gemisch, das dort verpuf[ft,] braucht keine große Druck- und Temperatursteigerung h[er-]vorzurufen. Beim Indizieren einer Vorkammer findet ma[n,] daß das größte Druckgefälle nur rd. 3 at beträgt. Be[im] Acro-Motor rechnet Prof. Stribeck selbst nur mit rd. 1,5[.] Die damit verbundene Temperatursteigerung ist so unerhe[b-]lich (rd. 40 °), daß sie in den aufgenommenen Temperat[ur-]linien kaum in die Erscheinung treten kann. Somit stütz[en] die Ergebnisse der Stribeckschen Versuche geradezu die A[n-]nahme, daß im Kolbenhohlraum die erste Zündung, v[er-]bunden mit Vorkammerwirkung, eintritt.

Hr. Ostwald: Die stroboskopische Temperat[ur-]messung zeigt, daß die Reaktion in der Pforte stattfind[et;] es fehlt jedoch der Nachweis, auf welcher Seite der Flamm[en-]fläche Sauerstoffüberschuß herrscht. Man braucht aber n[ur] nach dem gleichen Verfahren stroboskopische Gasanaly[sen] durchzuführen, um festzustellen, ob im hohlen Kolben o[der] im Raum c Sauerstoffüberschuß vorhanden ist.

Geh. Reg.-Rat Büchner: Es ist fraglich, ob bei [der] geringen Entfernung der Pforte vom Zylinderdeckel [die] Zeit überhaupt für das Eindringen von Brennstoff in [den] Kolbenhohlraum ausreicht. Bei der Maschine von Ste[in-]becker liegen ganz andere Maßverhältnisse vor, die oh[ne] weiteres nicht vergleichbar sind. Der Acro-Motor ist sei[ner] historischen Entwicklung nach eine Maschine mit Dru[ck-]zerstäubung. In diese ist der Hohlraum im Kolben ein[ge-]gliedert worden, der Luftspeicher genannt wird. Man ka[nn] den Acro-Motor als eine Maschine mit Druckzerstäubu[ng] ansehen, mit einem Verdrängerraum des Kolbens, der [die] Luft nach dem Kolbeninnern treibt und den Brennstoff [im] Gleichstrom der Pforte entgegenführt, wobei der Verbr[...]



nungsraum in dem sogenannten Zündtrichter im Verhältnis zum Kolbendurchmesser verengt ist und sich daran ein Hohlraum im Kolben anschließt, dessen Wirkung verschieden sein kann. Ob daher jeder Acro-Motor ein Luftspeichermotor wie der Versuchsmotor ist, läßt sich nicht endgültig entscheiden.

Dir. F. Schultz: Die mitgeteilten Ergebnisse beziehen sich nur auf die Temperaturen; aus diesen allein Rückschlüsse auf verbrannte Brennstoffmengen zu ziehen, scheint nicht ohne weiteres zulässig. In der Kammer *a* findet die Verbrennung unter gewaltigem Luftüberschuß, in der Pforte unter Luftmangel oder unter geringem Luftüberschuß statt. Man braucht also aus den Versuchen nicht zu folgern, daß die weitaus größte Brennstoffmenge oberhalb der Pforte verbrennt. Es ist nicht einzusehen, wie die Flamme in der Pforte aus dem Luftspeicher im Kolben gespeist werden soll und warum der Druck im Luftspeicher höher als im Raum *c* ist. Diese Schlußfolgerung wäre berechtigt, wenn die Verbrennung weiter in den Kolbenhub hineinreichen würde. Druckdiagramme hätten Aufschluß darüber geben können, ob der Motor mit Gleichdruck oder mit abfallendem Druck arbeitet. Bei abfallendem Druck wäre eine Strömung aus dem Raum *a* begreiflich.

Prof. Stribeck (als Schlußwort eingesandt): Insoweit die Messungen mit feinen Thermoelementen erfolgten — und nur aus diesen habe ich auf die Arbeitsweise geschlossen — liegt kein Anlaß vor, an der Richtigkeit der Ergebnisse zu zweifeln. Ich habe diesen Messungen solche mit trägem Thermoelement gegenübergestellt und an Abb. 29 und 30, Z. Bd. 71 (1927) S. 773, erläutert, wie bei dem von außen angetriebenen Motor die Temperatur des trägen Thermoelements mit zunehmendem Abstand vom Deckel zunimmt, obwohl dabei die Gastemperatur an allen Stellen nahezu gleich ist, und daß die Temperaturunterschiede des Thermoelementes lediglich dem Einfluß der Gasströmungen zuzuschreiben seien. Indem Dr.-Ing. Modersohn nicht zwischen der Temperatur des trägen Thermoelements und der mittleren Gastemperatur unterscheidet, also den Einfluß der Gasströmungen außer acht läßt, gelangt er zu dem Trugschluß, die höchste Temperatur herrsche in der Kolbenkammer. Daraus folgert er dann weiter, die Zündung trete im Kolbenhohlraum ein.

Ich will auch die Frage nur streifen, ob eine Retorte von der Größe des Luftspeichers beim Acro-Motor (70 vH des ganzen Verdichtungsraums) als Steinbecker-Retorte überhaupt einen Sinn hätte, ob sie deren Zweck erfüllen könnte. Ich will auch nicht auf die Temperatur-Feinmessungen zurückgreifen, sondern einen weiteren Versuch anführen, der ebenfalls zu dem Schluß berechtigt, daß die Zündung nicht in der Kolbenkammer, sondern im Trichter erfolgt.

Für eine Zündhilfe, bestehend aus einem Glühdraht, der bei niedriger Temperatur des Zylinders und der Ansaugluft schnelles Anlassen ermöglichen soll, war die geeignete Lage ausfindig zu machen. Um der Selbstzündung des Gemisches beim Anlassen mit Sicherheit vorzubeugen, verwendete man statt des Kühlwassers eine Kältemischung. Die Temperatur, mit der sie den Kühlmantel verließ, betrug zwischen − 3 und + 3 °. Die Temperatur der Ansaugluft schwankte zwischen 5 und 7 °. Der Motor wurde mit der Hand angetrieben. Bei den drei Lagen der Glühschleife zwischen Deckel und Pforte, Abb. 1, stellte sich die Zündung regelmäßig bei der zweiten Umdrehung ein. Lag dagegen die Drahtschleife inmitten des Kolbenhohlraums und nahe beim Boden, so wurde die Kurbelwelle 14mal gedreht und doch in keinem Fall Zündung erzielt. Es hatte sich also ein zündfähiges Gemisch selbst senkrecht unter der Pforte in der Mitte der Kolbenkammer nicht gebildet. Hiernach dürften auch die weiteren Erwägungen von Dr.-Ing. Modersohn über die Entstehung des Druckgefälls nicht aufrechterhalten werden können. Sie wären auch unvereinbar mit dem Temperaturverlauf über der Meßstrecke, aus dem hervorgeht, daß nach Ablauf des sogenannten Störungsvorgangs die Temperatur oberhalb der Pforte schroff ansteigt. Würde die Verbrennung auch dann noch in die Kammer hineinreichen, so müßte der Temperaturübergang allmählich sein.

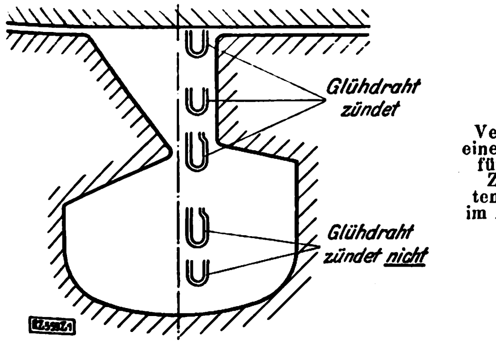


Abb. 1 Versuch mit einer Zündhilfe für niedrige Zylindertemperaturen im Acro-Motor

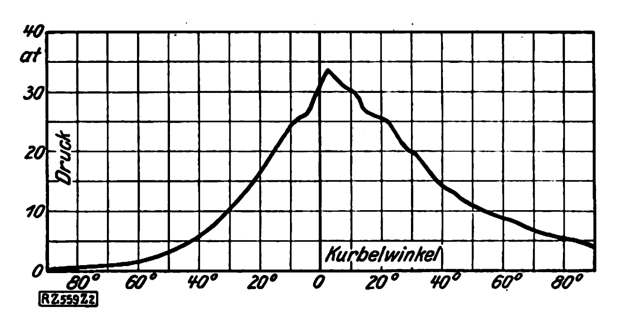


Abb. 2
Verlauf des abfallenden Druckes im Acro-Motor

Auf die Bemerkung von Dir. Schultz, daß die Flamme im Trichter aus dem Luftspeicher nur gespeist werden könnte, wenn die Verbrennung weiter in den Kolbenhub hineinreichen und die Maschine mit abfallendem Druck arbeiten würde, ist zu sagen, daß beides tatsächlich der Fall ist. Über die Ausdehnung der Verbrennung geben die Temperatur-Diagramme, Abb. 9 u. f., Z. Bd. 71 (1927) S. 767 u. f., Aufschluß. Den Abfall des Drucks zeigt beistehendes Druckdiagramm, Abb. 2.

Dr.-Ing. L. Richter sprach dann noch über

Probleme der Zündermotoren für flüssige Brennstoffe.

Der Vortrag wird demnächst in dieser Zeitschrift veröffentlicht werden.

Prof. P. Meyer erwähnte im Anschluß hieran Versuche von Dr. J. van Dorp[1]), die das Ziel hatten, die Genauigkeit der Bestimmung des Luftüberschusses mittels der chemischen Gasanalyse nachzuprüfen. Diese wurden derart durchgeführt, daß man den ganzen Vergaser einschloß und mit zwei Luftzuleitungen versah; die eine kam von außen, die andere von einem Druckluftkessel. Nachdem der Automobilmotor Beharrungszustand erlangt hatte, schloß man die von außen kommende Leitung und öffnete die aus dem Kessel gespeiste Leitung so weit, daß in der Umhüllung des Vergasers der gleiche Druck herrschte, wie bei Betrieb mit der anderen Leitung. Aus dem Druckverlust des Kessels konnte man dann die verbrauchte Luftmenge bestimmen. Die Versuche ergaben, daß die chemische Analyse auf Kohlensäure und Sauerstoff zur Bestimmung des Mischungsverhältnisses nur so lange zuverlässig ist, als man mit Luftüberschuß arbeitet. Da die Automobilmotoren zumeist nicht mit Luftüberschuß, sondern mit Brennstoffüberschuß arbeiten, so hat die Gasanalyse nur beschränkten Wert.

Prof. Dr.-Ing. M. Jakob erwähnte sodann kurz die spektrographischen Beobachtungen am Zündraum von Motoren als Mittel zur Aufklärung des Klopfens, vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 1000.

Dr.-Ing. J. Sauter berichtete über Messungen der von Spritzvergasern gelieferten Zerstäubung im Laboratorium für technische Physik der Technischen Hochschule München. Mit dem im Forschungsheft 279 und Z. Bd. 70 (1926) S. 1040 beschriebenen Verfahren wurde die Feinheit der Zerstäubung bei verschiedenen Betriebsbedingungen und besonders auch der an der Wand der Gemischleitung entstehende flüssige Niederschlag beobachtet. Von den vier Vergasern waren zwei neuzeitliche Vergaser mit Mehrfachzerstäubung für Schweröl.

Die Versuche haben ergeben, daß die Feinheit der Zerstäubung in sehr hohem Maße von der Luftgeschwindigkeit in der Luftdüse, d. h. vom Unterdruck in der Gemischleitung abhängt. Am ungünstigsten war die Zerstäubung von Petroleum in dem einen Benzinvergaser, am besten nicht die in den Schwerölvergasern, sondern die in einem einfachen Spritzvergaser, der nur aus einer Luftdüse und einer senkrecht zu ihrer Achse gestellten Brennstoffdüse besteht. Bei 20 mm Q.-S. Unterdruck in der Gemischleitung betrugen für die drei letzten Vergaser die mittleren Tröpfchenhalbmesser von Petroleum 0,023 bis 0,033 mm, bei 100 mm Q.-S. betrugen sie 0,005 bis 0,0075 mm und bei 200 mm Q.-S. 0,003 bis 0,005 mm. Die Zerstäubung ist also bei hohen Unterdrücken sehr fein.

Bei niedrigem Unterdruck schlugen sich aus dem Gemisch über 50 vH der zerstäubten Brennstoffmenge flüssig an den Wänden einer 40 cm langen, wagerechten Gemisch-

[1]) De analyse der outlaatgassen vor de bepaling van het luchtverbruik van een automobielmotor. Diss. Delft 1925.

leitung nieder. Bei geeigneter Luftdüse und hoher Luftgeschwindigkeit ging dieser Anteil auf wenige vH der zerstäubten Flüssigkeitsmenge zurück. Die Weite der Gemischleitung hatte dabei verhältnismäßig geringen Einfluß, wohl aber die Weite der Luftdüse. Zu enge Luftdüsen ergeben schlechtere Zerstäubung. Innerhalb der praktisch vorkommenden Grenzen übte auch das Mischverhältnis und die Menge der Zusatzluft (Bremsluft) keine merkliche Wirkung auf die Zerstäubung aus.

Um den Einfluß der Kapillaritätskonstante auf die Zerstäubung zu prüfen, wurden auch Versuche mit Wasser ausgeführt, das eine besonders hohe Kapillaritätskonstante hat. Wasser ergab schlechtere Zerstäubung und größere Wandniederschläge als Petroleum, doch spielt hier auch die Bauart des Vergasers eine große Rolle. Es ist also möglich, Petroleum so fein zu zerstäuben, daß es sich nur wenig an der auch nicht stark geheizten Wand der Gemischleitung niederschlägt. [N 559] Dr. A. Heller

Neuartige selbsttätige Feineinstellung für Aufzüge

Selbst bei sehr langsamlaufenden Lasten- und Personenaufzügen bietet das genaue Anhalten des Fahrkorbes an den einzelnen Haltestellen Schwierigkeiten. Die Schwierigkeiten wachsen erheblich, sobald die Fahrgeschwindigkeit der Aufzüge größer wird und die Belastungen verschieden sind, so daß der Fahrkorb entweder zu hoch oder zu tief hält und infolgedessen das Ein- und Ausfahren von Wagen mit Lasten unter Umständen unmöglich ist. Vielfach wird das ungenaue Anhalten des Fahrkorbes an den Haltestellen auch durch Längung der Seile beim Beladen und Verkürzung beim Entladen des Fahrkorbes hervorgerufen. Bei Personenaufzügen sind die Unterschiede beim Anhalten an den einzelnen Geschossen meist so groß, daß bei Nichtbeachtung dieser Stufen beim Ein- und Aussteigen häufig Unfälle vorkommen.

In die in Z. Bd. 69 (1925) S. 1306 beschriebene Treibscheiben-Aufzugmaschine ist neuerdings eine selbsttätige Feineinstellung eingebaut, die den erwähnten Übelständen abhelfen soll, Abb. 1 bis 4.

Die Treibscheibe oder Seiltrommel der Aufzugmaschine besteht aus zwei Teilen, und zwar einem festen Teil *a*, der mit der Trommelwelle *b* fest verbunden ist, und einem beweglichen, drehbaren Teil *c* zur Aufnahme der Tragseile, der auf dem festen Teil *a* gelagert ist. Der drehbare Teil hat im Innern zwei gefräste Zahnkränze *d* mit Innenverzahnung. In diese beiden Zahnkränze greifen zwei gefräste Zahntriebe *e* ein, auf deren Wellenende ein Schneckenrad *f* mit gefrästen Zähnen befestigt ist. Mit diesem Schneckenrad arbeitet eine selbstsperrende Schnecke *g*, auf deren Wellenende wiederum ein gefrästes Bronzeschneckenrad *h* befestigt ist. Dieses steht in Verbindung mit einer mehrgängigen Schnecke *i*, die im Ölbad läuft; *i* ist mit dem Hilfsmotor *k* von rd. 1,2 PS und 1280 Uml./min elastisch verbunden. Der Motor *k* ragt zu ⅔ in den feststehenden Teil *a* hinein und ist mit diesem fest verschraubt. Der Hilfsmotor *k* erhält seinen Strom von einem Schleifring *l* der auf der Trommelwelle *b* befestigt ist. Die Sperrung zwischen dem drehbaren Teil *c* und dem auf der Trommelwelle *b* befestigten Teil *a* übernimmt das Schneckenrad *f*, so daß beim normalen Lauf der Maschine beides ein Ganzes bildet.

Während der Fahrt des Aufzuges läuft das Ganze mit der Trommelwelle *b* um. Erhält der Hilfsmotor *k* Strom, was auch während der Bewegung des Hubmotors der Fall sein könnte, so dreht sich der drehbare Teil *c* auf dem Teil *a*. Er kann sich im Sinne des Hubmotors bewegen, kann aber auch dem Hubmotor entgegenarbeiten, so daß mit dieser Einrichtung unter Umständen dem Aufzug eine zusätzliche Geschwindigkeit gegeben oder aber eine Verzögerung erreicht werden kann. Mit Rücksicht auf die geringe Geschwindigkeit, die der Hilfsmotor *k* dem Fahrkorb verleiht, und mit Rücksicht auf die selbstsperrende Schnecke *g* ist ein Abbremsen des Hilfsmotors nicht erforderlich. Der gesamte mechanische Teil der Feineinstellung ist vollkommen innerhalb der Treibscheibe von 800 mm Dmr. untergebracht. Die übrigen elektrischen Teile befinden sich im Aufzugschacht und bestehen in der Hauptsache aus einem Stromwender, der auf dem Fahrkorb *m*, Abb. 5 und 6, befestigt wird, den Stockwerk-Schaltkurven und einem Magneten *n*, der die Stockwerk-Schaltkurven *o* betätigt. Die Steuerorgane des Hubmotors *p*, der die Aufzugmaschine antreibt, sind derart eingestellt, daß sie bereits vor der Haltestelle den Motor abschalten.

Der Arbeitsvorgang der Feineinstellung ist folgender: Der Magnet *n* wird stromlos, sobald die Steuerung ausschaltet; er gibt dann das Gewicht *q* frei und schließt dabei am Kontakt *r* den Stromkreis der Hilfssteuerung. Gleichzeitig werden durch das Zugseil *s* die Stockwerk-Schaltkurven *o* eingelegt. Die Stellung der Schaltkurven zu dem Haltepunkt des Fahrkorbes *m* bedingt, daß je nach der Einfahrtrichtung des Fahrkorbes ein Rollenhebel *c* oder *d* des auf dem Fahrkorb angeordneten Stromwenders, Abb. 7 bis 9, auf der Kurve aufläuft und den Hilfsmotor einschaltet, so daß der Fahrkorb mit verringerter Geschwindigkeit, ohne vorher zum Stillstand zu kommen, nach dem Haltepunkt weiter fährt. Beim Ablaufen des eingerückten Rollenhebels von der Kurve wird der Hilfsmotor *k*, Abb. stillgesetzt. Die Rollenhebel liegen stets schaltbereit an der Stockwerk-Schaltkurve *o*, Abb. 5, an. Sie stehen mit einem Schaltgerät *a*, Abb. 7, in Verbindung, das den Hilfsmotor vor- und rückwärts steuert. Das Zwischenglied *b* stellt die Abhängigkeit beider Rollenhebel her. Tritt beim Entladen des Fahrkorbes eine Entspannung der Tragseile ein,

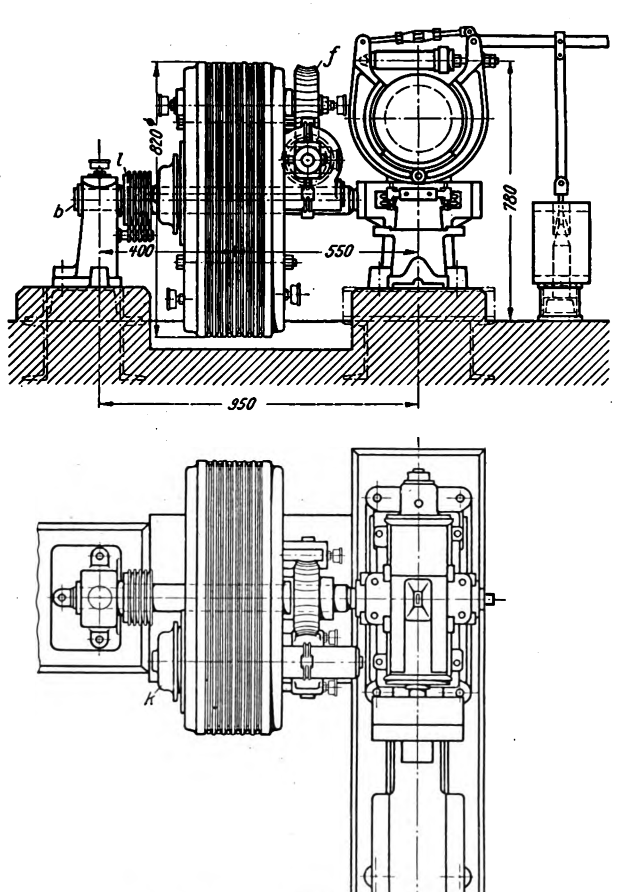


Abb. 1 und 2

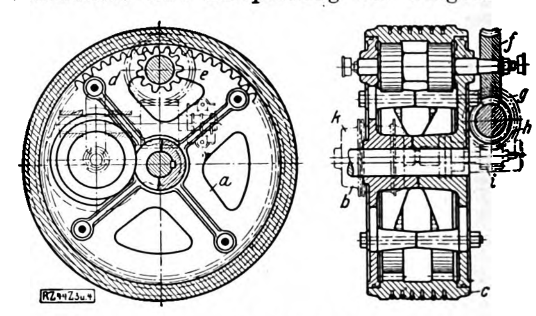


Abb. 3 und 4
Trommel der Treibscheiben-Aufzugmaschine

a fester Teil der Treibscheibe *b* Trommelwelle *c* drehbarer Teil der Treibscheibe *d* Zahnkränze *e* Zahntriebe *f* Schneckenrad *g* selbstsperrende Schnecke *h* Bronzeschneckenrad *i* mehrgängige Schnecke *k* Hilfsmotor *l* Schleifring

Abb. 1 bis 4. Aufzugmaschine mit Treibscheiben-Feineinstellung

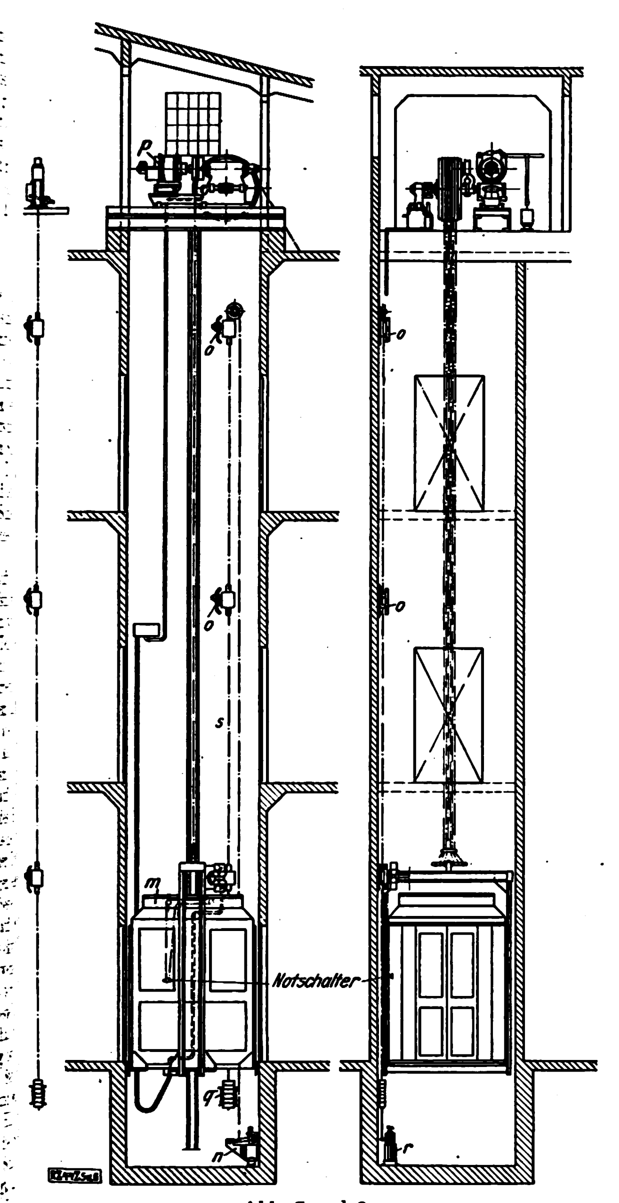


Abb. 5 und 6
Anordnung der Feineinstellung bei Aufzügen
m Fahrkorb *n* Magnet zum Betätigen der Stockwerk-Schaltkurven *o* *p* Hubmotor *q* Gewicht *r* Kontakt für den Stromkreis der Hilfssteuerung *s* Zugseil zum Einlegen der Stockwerk-Schaltkurven

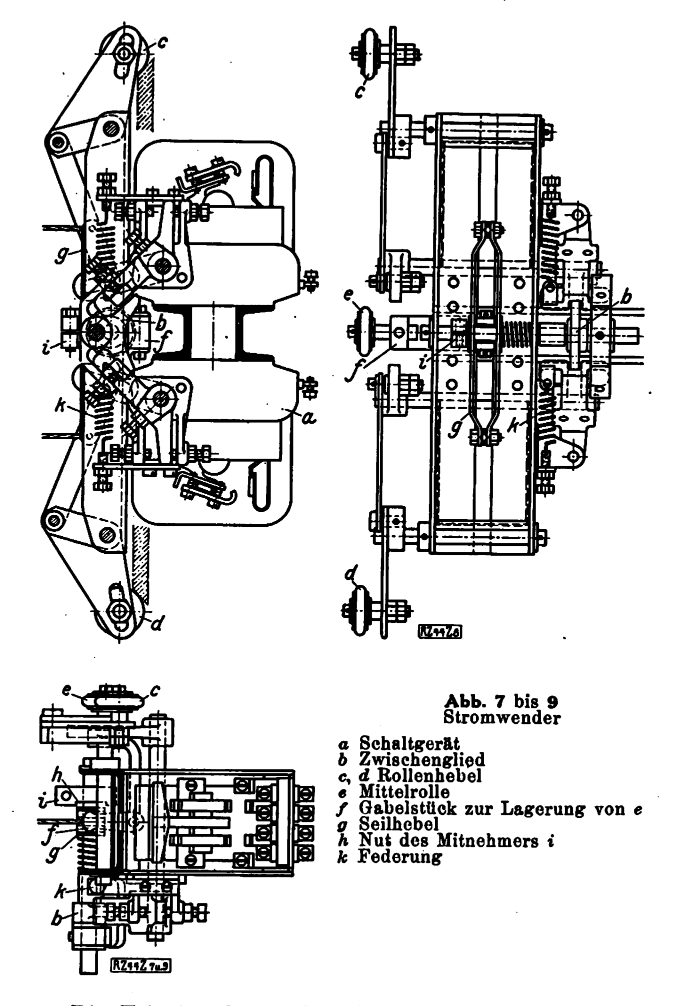


Abb. 7 bis 9
Stromwender
a Schaltgerät
b Zwischenglied
c, *d* Rollenhebel
e Mittelrolle
f Gabelstück zur Lagerung von *e*
g Seilhebel
h Nut des Mitnehmers *i*
k Federung

verändert sich die Stellung des Fahrkorbes zur Haltestelle. Infolgedessen wird von der Schaltkurve ein Druck auf eine Rolle *d* ausgeübt, die auf der Kurve aufläuft und den Hilfsmotor auf „Abwärts" eingeschaltet. Der Hilfsmotor bleibt so lange unter Strom, bis der Fahrkorb den genauen Haltepunkt wieder erreicht hat, der durch das Anliegen der Rollen *c* und *d* an den Anlaufstellen der Stockwerk-Schaltkurven bedingt ist.

Die Feineinstellung liegt in einem besonderen Stromkreis und ist von der Steuerung unabhängig. Der Hauptmotor wie auch der Feineinstellungsmotor liegen in vollkommen getrennten Stromkreisen. Infolgedessen kann die Feineinstellung bei jeder Steuerungsart angewendet werden. Bei Störung am Hauptmotor oder an der Steuerung läßt sich der Aufzug auch mit der Notsteuerung benutzen.

Mit dieser Feineinstellung ist noch eine weitere nützliche Einrichtung verbunden. Wenn bisher der Fahrkorb durch irgendeine Ursache, z. B. Durchbrennen der Hubmotorsicherungen, zwischen zwei Haltestellen stehen blieb, war keine Möglichkeit, vom Fahrkorb aus bis zur nächsten Haltestelle zu gelangen. Entweder mußte man mit fremder Hilfe durch Drehen der Maschine von Hand bis zur nächsten Haltestelle fahren, oder wenn niemand zu erreichen war, durch die Fahrkorbdecke bis zur nächsten Schachttüre zu gelangen versuchen, was meist sehr schwierig, teilweise unausführbar ist. Die neue Einrichtung (Notsteuerung) hat es ermöglicht, daß man durch Bedienung eines kleinen Handhebels im Fahrkorb ohne weiteres bis zur nächsten Haltestelle mit Hilfe des Hilfsmotors fahren kann. Ein Weiterfahren über die nächstgelegene Haltestelle

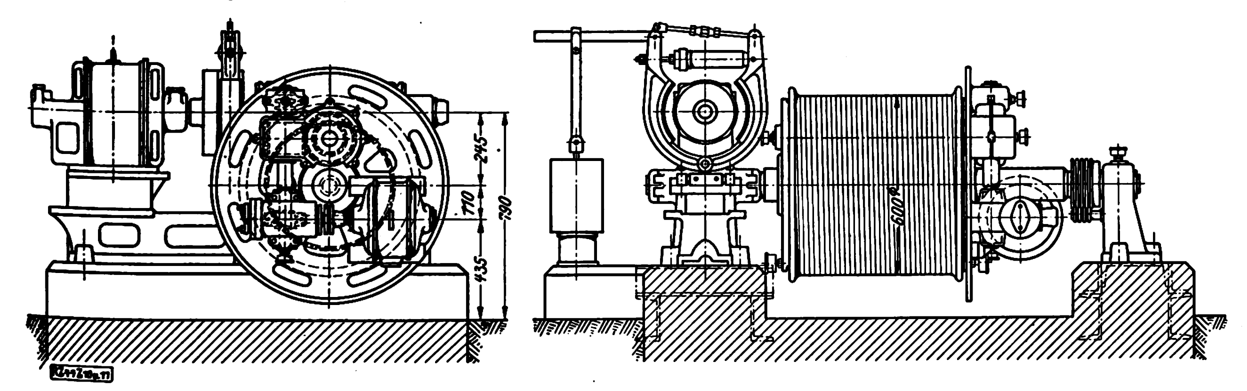


Abb. 10 und 11
Aufzugmaschine mit Trommel-Feineinstellung

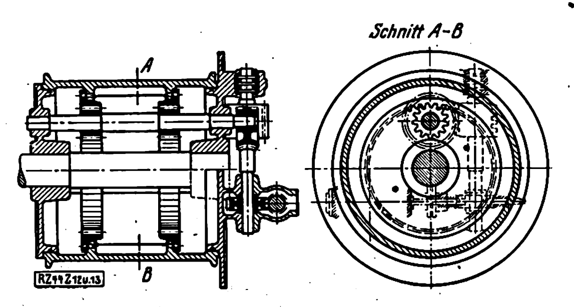


Abb. 12 und 13
Trommel der Aufzugmaschine mit Trommel-Feineinstellung

hinaus ist nicht möglich, wie auch eine Betätigung der Notsteuerung im Fahrkorb während der normalen Fahrt wirkungslos ist. Mit dem im Fahrkorb angeordneten Handgriff kann der Hilfsmotor beim Versagen der Hauptsteuerung in Gang gesetzt werden. Für das selbsttätige Abschalten sorgt die betreffende Stockwerkskurve. Sie legt sich gegen eine Mittelrolle *e*, die an einem Gabelstück *f* gelagert ist, und rückt den Seilhebel *g* aus der Nute *h* des Mitnehmers *i*. Nach dem Ablauf der Schaltrolle *d* wird der Motor stromlos und stellt den Fahrkorb derart am Haltepunkt ein, daß beide Rollen *c* und *d* in ihrer Nullstellung, die durch Federung *k* erreicht wird, an den Enden der Kurve *o* anliegen, Abb. 5 und 6. Am Haltepunkt ist es unmöglich, den Aufzug am Handgriff der Notsteuerung, Abb. 5 und 6, in Gang zu setzen, da an der Haltestelle der Schalter nicht mehr über die Kurven *o*, Abb. 5 und 6, im Eingriff mit dem Stromwender steht. Eine weitere Erhöhung der Sicherheit wird durch das Zwischenglied *b*, Abb. 7, erreicht. Dieser Teil des Stromwenders zwingt am Haltepunkt des Fahrkorbes die jeweilige Schaltrolle in die Nullstellung zurück. Beim Einschalten des Hauptmotors hebt zur gleichen Zeit der Magnet *n*, Abb. 5 und 6, das Gewicht *q* an. Am Kontakt *r* ist die Hilfssteuerung unterbrochen. Das Zugseil *s* legt mit Hilfe der Kniegelenke die Kurven *o* in die Anfangsstellung zurück, wodurch ein ungehindertes Durchfahren des Fahrkorbes ohne Einwirkung auf die Rollenhebel erreicht wird.

Diese Einrichtungen wurden von der Firma Unruh & Liebig, Akt.-Ges., Leipzig-Plagwitz, ausgeführt. In der gleichen Weise werden auch Trommelmaschinen mit Feineinstellungen ausgeführt. Wie aus Abb. 10 bis 13 zu ersehen ist, liegt bei der Trommelmaschine mit Feineinstellung das ganze Triebwerk außerhalb der Trommel. Die Triebwerkteile sind die gleichen wie bei der Treibscheiben-Aufzugmaschine. Die Einrichtung läßt sich ohne Schwierigkeiten auch bei bereits bestehenden Anlagen einbauen.

Leipzig [M 44] Obering. Ph. Giehler

Modellschleppversuche im Wellengang

Bis jetzt hat man in den Schiffbau-Versuchsanstalten alle Versuche im glatten Wasser ausgeführt. Da die Seeschiffe zumeist im Wellengang fahren, wobei sie ganz andern hydrodynamischen Voraussetzungen begegnen, sind die am Modell gewonnenen Werte nicht ohne weiteres übertragbar.

Für den Reeder ist aber die erreichbare mittlere Reisegeschwindigkeit äußerst wichtig; zum Ausgleich des Geschwindigkeitsabfalls im Seegang bestimmt man daher beim Versuch die Maschinenleistung von vornherein für eine höhere Geschwindigkeit. Dieser Verlust an Geschwindigkeit hängt in erster Linie von der Schiffsform ab, so daß der notwendige Leistungszuschlag bei jedem Schiff verschieden ist. Für die Wirtschaftlichkeit ist anzustreben, daß die Maschinenleistung den Anforderungen genügt, ohne daß eine übermäßige Reserve vorhanden ist. Es ist daher wichtig, das bisherige Abschätzen dieses Zuschlages durch eine genauere Bestimmung zu ersetzen.

Um die Modelle im Seegang untersuchen zu können, hat die Hamburgische Schiffbau-Versuchsanstalt einen Wellenerzeuger, Abb. 1, in Betrieb genommen. Durch Auf- und Niedergehen des Tauchkörpers werden die Wellen erzeugt, die wegen der besonderen Formgebung, Abb. 2, nur auf der vorderen, unten abgerundeten Seite entstehen. Der Körper wird an drei Stellen senkrecht geführt und durch einen Motor über ein Zahnradgetriebe, zwei Kurbeln und Pleuelstangen angetrieben. Der Kurbelhalbmesser ist von 0 bis 25 cm verstellbar, damit man die im Fahrtbereich des Schiffes auftretenden Wellen im Modellmaßstab erzeugen kann. Beim größten Hub von 50 cm beträgt die Wellenhöhe rd. 30 cm bei 5 m Länge. Die Wellenperiode wird durch Spannungsregelung am Motor und durch drei verschiedene Übersetzungen abgestimmt. Für Schleppversuche bei laufender Schraube im Wellengang kann man nur Modelle mit Innenantrieb verwenden.

Außer der genauen Ermittlung der Widerstands- und Geschwindigkeitsverhältnisse im Wellengang ist die Bestimmung der Eigenschwingung eines Schiffes wesentlich. Bei Übereinstimmung der Stampf- und Tauchschwingungszahl mit der Wellenperiode treten besonders hohe Beanspruchungen der Schiffsverbände auf. Durch entsprechende Verteilung der Trimmgewichte beim Modell kann man sein Trägheitsmoment dem Trägheitsmoment des Schiffes nach dem Ähnlichkeitsgesetz angleichen. Ergibt sich daher beim Versuch eine Übereinstimmung zwischen der Eigenschwingung und der Wellenperiode, so hat man nunmehr einen Anhalt, um diese Übereinstimmung beim Entwurf des Schiffes durch Änderung der Gewichtverteilung zu vermeiden.

Die Versuchseinrichtung der Hamburger Anstalt ist durch den Wellenerzeuger wesentlich bereichert worden. Die Versuchstechnik paßt sich immer mehr den wirklichen Verhältnissen an und ermöglicht, die für den Entwurf eines wirtschaftlichen Schiffes wichtigen Größen genau zu bestimmen. [M 689] Luchsinger

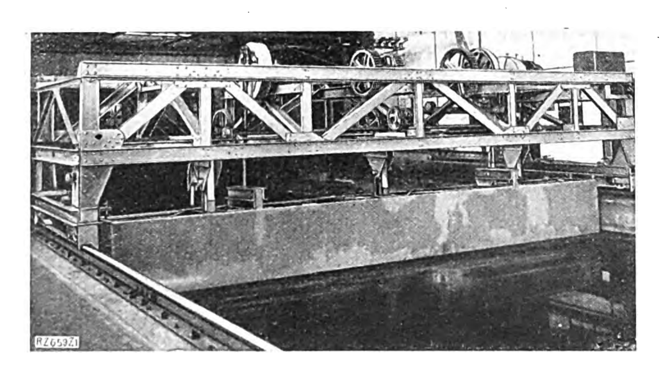


Abb. 1
Wellenerzeuger über der kleinen Schlepprinne
Die Wellen entstehen auf der im Bild ersichtlichen Seite gleichmäßig über die ganze Breite und laufen über die ganze Länge bis zum Ende der beiden hintereinander liegenden Schlepprinnen.

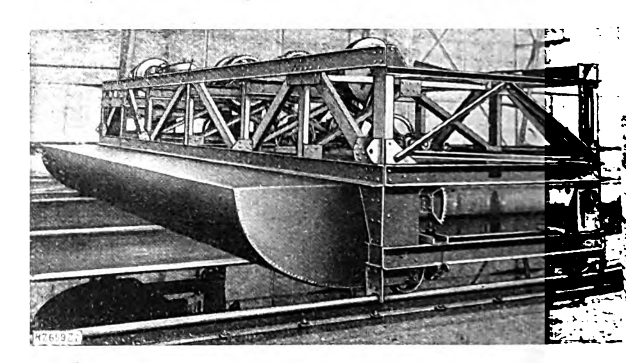


Abb. 2
Tauchkörper um 90° gedreht für die Durchfahrt der Modelle
Der an einer Führungsschiene sitzende Zahnbogen und der Handkurbelantrieb zum Drehen des Tauchkörpers sind rechts auf dem Bild ersichtlich.

RUNDSCHAU

Wasserkraftanlagen

Die Speicherpumpenanlage des Tremorgio-Kraftwerkes

Das Anfang des Jahres 1925 dem Betrieb übergebene Spitzenkraftwerk Tremorgio der Officine Elettriche Ticinesi in Bodio (Schweiz), einem Unternehmen der Motor-Columbus A.-G. in Baden, wurde im vergangenen Jahr durch den Einbau eines Speicherpumpensatzes von ungewöhnlichen Ausmaßen vergrößert. Dieser Pumpensatz dient dazu, das Wasser des Tessin etwa 900 m hoch in den südlich des Gotthards über 1800 m hoch liegenden Tremorgiosee zu pumpen und mittels der Turbine zu Zeiten des größten Strombedarfs wieder auszunutzen.

Der Pumpensatz wurde von der Firma Escher, Wyß & Cie., Zürich, für eine größte Arbeitsaufnahme von 13 600 PS ausgeführt. Der Konstrukteur sah sich hierbei vor eine vollständig neue Aufgabe gestellt, da Pumpen für eine manometrische Förderhöhe von 920 m bisher nur für relativ kleine Leistungen gebaut worden waren. Die hohen Werkstoffbeanspruchungen der Konstruktionsteile und die Gewichtsgrenzen, die durch die Tragfähigkeit des vorhandenen Krans von höchstens 30 t gezogen waren, ließen die Ausnützung der ganzen Leistung in einer einzigen Pumpe als unzweckmäßig erscheinen. Eine Unterteilung der Leistung auf zwei Pumpen war auch deswegen geboten, weil die jeweils zur Verfügung stehende elektrische Energiemenge bedeutenden Schwankungen unterliegt und die Bedingung gestellt wurde, daß auch bei einer relativ kleinen elektrischen Leistung ein guter Wirkungsgrad erzielt werden müsse.

Die gegebene Lösung war unter diesen Verhältnissen die, daß an den bestehenden Turbinen-Stromerzeugersatz ein Getriebe angebaut wurde, das die Energie mittels zweier Ritzelwellen auf zwei Pumpen überträgt. Diese Anordnung gewährleistet den gleichen Pumpenwirkungsgrad bei Halblast wie bei Vollast, bietet eine gute Zugänglichkeit der Maschinen und hat den weiteren Vorteil, daß stets eine Aushilfe für die halbe Leistung vorhanden ist.

Die Hauptgetriebewelle ist mittels einer bei Stillstand aus- und einrückbaren elastischen Kupplung mit der mit 750 Uml./min laufenden Turbinenwelle verbunden. Die Ritzelwellen laufen mit 1000 Uml./min, und zwar ist die eine Pumpe mit einer leicht auskuppelbaren elastischen Kupplung, die andre mit einer im Betrieb aus- und einrückbaren elektromagnetischen Kupplung angeschlossen.

Die Pumpen sind für je 410 l/s Förderleistung bei 920 m manometrischer Förderhöhe gebaut. Das Wasser wird aus einer durch eine Betonrohrleitung vom Tessin aus gespeisten Saugkammer entnommen, der eine Sandabscheideanlage und ein Klärbecken vorgebaut sind.

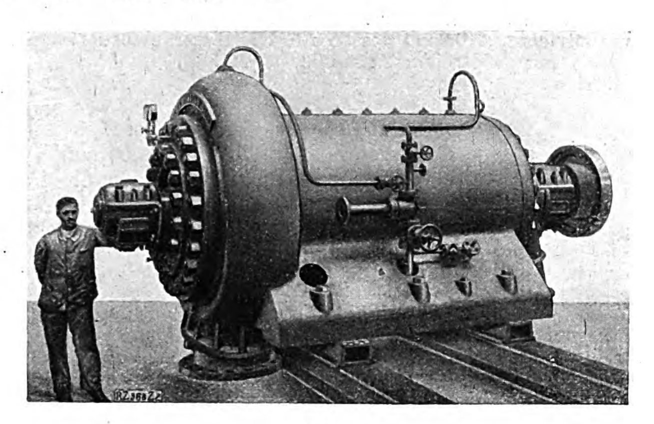


Abb. 2
Äußerer Aufbau einer der beiden neunstufigen Pumpen für das Tremorgio-Kraftwerk

Die Saugleitungen enthalten keine Rückschlagventile, die Pumpen werden daher vor der Inbetriebnahme mit Wasserstrahlejektoren entlüftet. Die Druckleitungen, die an die Turbinenleitung anschließen, sind mit je einem mittels Druckwasser gesteuerten Regulierschieber und einer Rückschlagklappe von besonderer Bauart ausgerüstet, die keine unzulässigen Druckstöße beim Außerbetriebfallen des Umformersatzes entstehen läßt. Durch zahlreiche Abschaltversuche bei den verschiedensten Belastungen wurde festgestellt, daß diese Organe im Betrieb gut arbeiteten. Während des Anlaufens der Pumpen gegen die geschlossene Druckleitung werden selbsttätig gesteuerte Leerlaufschieber geöffnet, damit die Maschinen sich nicht erwärmen. Das Getriebe und die Pumpenlager werden von einer im Kellerraum angeordneten zentralen Ölversorgungsanlage aus selbsttätig geschmiert.

Der konstruktive Aufbau der Pumpen geht aus Abb. 1 hervor. Das Wasser tritt auf der Antriebseite ein und der Axialschub der neun einseitig beaufschlagten Laufräder wird durch die hydraulische Escher-Wyß-Entlastung aufgenommen. Diese besteht aus einer am letzten Laufrad angebauten gleichbleibenden äußeren und einer veränderlichen inneren Drosselstrecke. Durch die letztere tritt ein Teil des Spaltwassers der letzten Druckstufe ins Freie über und beeinflußt den Druck in der Kammer zwischen den beiden Drosselstrecken derart, daß der Axialschub des Laufrades aufgehoben wird. Den äußeren Aufbau der Pumpen zeigt Abb. 2.

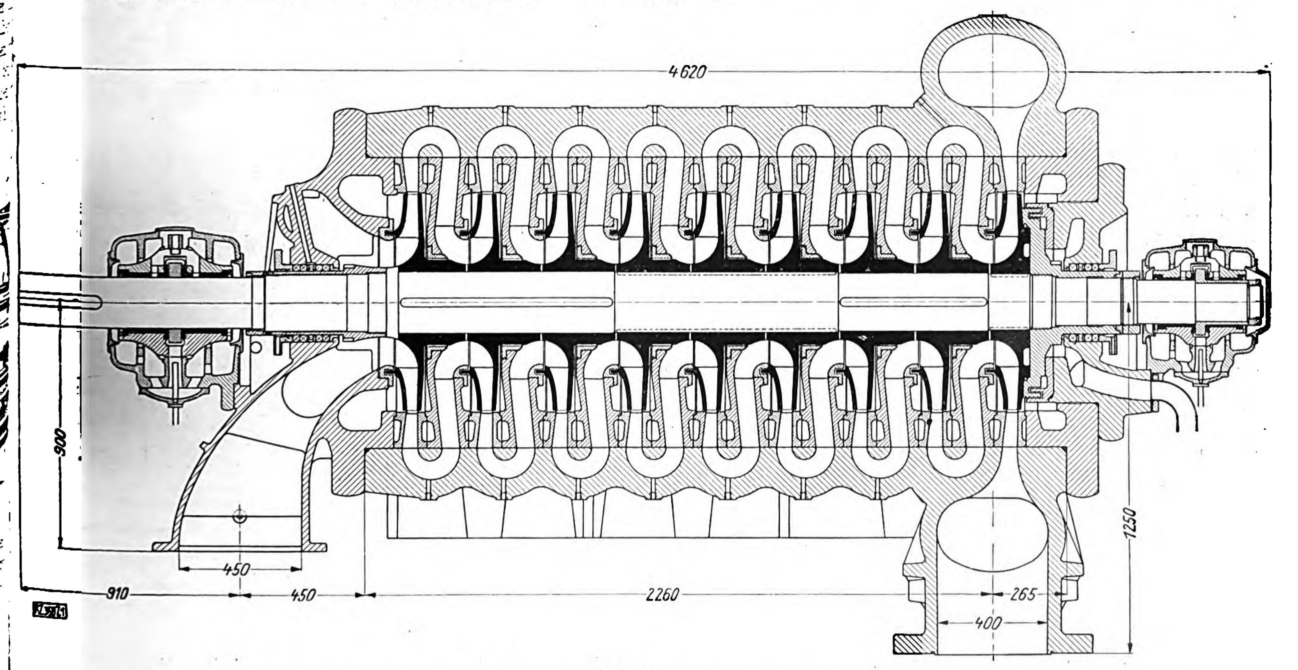


Abb. 1
Hochdruckpumpe für 410 l/s Fördermenge bei 920 m manometrischer Förderhöhe und 1000 Uml./min für das Tremorgio-Kraftwerk

Die Anlage wurde in der außerordentlich kurzen Zeit von sechs Monaten gebaut und im Sommer 1926 in Betrieb genommen. Sie hat den gehegten Erwartungen voll entsprochen, und bei der kürzlich vorgenommenen Nachprüfung waren die Innenteile der Maschinen trotz eines angestrengten Betriebes, während dessen rd. 4 Mill. m³ gefördert wurden, in einwandfreiem Zustand. [M 368]

Zürich Kühne

Werkzeugmaschinen

Schwere Großdrehbank von 1500 mm Spitzenhöhe

Der Bau von Großdrehbänken stellt an den Konstrukteur nicht nur die Anforderung, diese Maschinen zu hoher Leistungsfähigkeit in bezug auf Spandicke im Rahmen der vorgeschriebenen Hauptabmessungen zu entwickeln, sondern er stellt ihm auch die Aufgabe, die Bedienung dieser oft riesigen Maschinen so leicht wie möglich zu gestalten. Während man früher beispielsweise die Supporte wegen ihres hohen Gewichtes nur schwer an den Betten verschieben konnte, ist man heute längst zur maschinellen Verstellung übergegangen. Heute werden die Motoren durch einen leichten Fingerdruck ein- und ausgeschaltet, früher mußte sich der Dreher zwecks An- oder Abstellens des Motors zum Anlasser an den Spindelstock begeben.

Eine mit den neuesten Verbesserungen ausgestattete Drehbank der Firma Schieß-Defries A.-G., Düsseldorf, ist in Abb. 3 bis 7 veranschaulicht. Sie hat 1500 mm Spitzenhöhe und 13 m Spitzenweite und ist mit einem Doppelbett von 2800 mm Gesamtprismabreite ausgestattet.

Allgemeine Bauanordnung. Auf den vorderen Bettwangen gleiten zwei Supporte, auf den hinteren Wangen führt sich ein besonderer Kurbelwellensupport, dessen schmales Oberteil aus Stahlguß angefertigt ist. Der Reitstock ist auf der hinteren Bettbahn verschiebbar, Abb. 4, während der Spindelstock, Abb. 4, am linken Bettende feststehend angeordnet ist.

Zum Antrieb dient ein am Spindelkasten angebrachter regelbarer Gleichstrom-Nebenschlußmotor von 40 PS mit 300 bis 900 Uml./min, der nach Einschalten einer Rutschkupplung das Rädergetriebe derart betätigt, daß entweder vom Motorritzel über doppelte Rädervorgelege ein auf der Hauptspindel (neben deren hinterem Lager) sitzendes Rad oder der mit der Planscheibe fest verschraubte Stahlzahnkranz mit Innenverzahnung angetrieben wird. Dieser letzte Antrieb erfolgt über mehrere Rädergruppen und Kupplungen auf das Zahnkranzritzel. Mit dieser Anordnung werden folgende Drehzahlen erzielt:

1. Rädergruppe . .	26,4	bis	79,2	Uml./min
2. „ . .	9,07	„	27,2	„
3. „ . .	3,26	„	9,78	„
4. „ . .	1,02	„	3,06	„
5. „ . .	0,37	„	1,1	„

Die Hebel *a* bis *c* und Handrad *d*, Abb. 4, dienen zur Einstellung dieser Geschwindigkeiten, gegenläufige Geschwindigkeiten können nicht eingerückt werden.

Die aus bestem Schmiedestahl hergestellte, durchbohrte Hauptspindel ist in nachstellbaren zylindrischen Lagern aus Phosphorbronze sicher geführt und hat im Vorderlager 350 mm Dmr. bei 520 mm Lagerlänge, im rückwärtigen Lager einen solchen von 235 mm bei 365 mm Lagerlänge. Die Hauptlager werden durch breite, viel Öl fördernde Schmierringe geschmiert, die Antriebwellen und deren Lagerungen von einem Zentraldrucköler, Abb. 3 links oben, der den einzelnen Schmierstellen zwangläufig reichliche Ölmengen zuführt.

Die gut verrippte, breitgehaltene Planscheibe von 2520 mm Durchmesser trägt vier verschiebbare Klauenkasten mit stählernen Spannklauen, die durch schwere Schraubenspindeln verstellbar sind. Die Spindeln werden in doppelten gehobelten T-Schlitzen geführt; die Kasten sind durch eingelegte Querkeile gegen Verschieben gesichert. Der beim Drehen auftretende axiale Druck wird durch besonders kräftige, an der Innenseite des hinteren Lagers befindliche Kugelringe aufgenommen. Der Spindelkasten hat eine Länge von 2400 mm, die Hauptspindel ist über das hintere Ende hinaus zwecks Aufnahme einer Gegengewichtscheibe mit Auswuchtgewichten verlängert, die notwendig werden, wenn unrunde Werkstücke, wie z. B. Kurbelwellen, zu bearbeiten sind. Am Spindelkasten sind zwecks bequemer Bedienung Arbeitsbühnen vorgesehen; auf seiner Rückseite befindet sich noch eine Schrägleiter, die zu der obern Bühne für die Motorbedienung führt.

Die Supporte. Die Verschiebung der Supporte wird von dem hinteren Ende der Zahnkranz-Ritzelwelle oder von der auf dieser Welle sitzenden schnellaufenden Stahlhülse abgenommen. Ein auf der Welle sitzendes loses Zahnrad kann nach Bedarf mit der Welle oder mit der Hülse durch Klauenkupplung verbunden werden; im ersten Fall wird die Schaltbewegung, im letzten die maschinelle Schnellverstellung eingerückt. Hebel *e*, Abb. 4, dient zur Betätigung der Kupplung; da diese hierbei nur mit der Welle oder mit der Hülse verbunden werden kann, ist ein gleichzeitiges Einrücken beider Bewegungen von selbst ausgeschlossen. Ein durch Kupplung wechselweise einrückbares Räder-getriebe treibt die beiden, längs der Vorder- und Hinter-

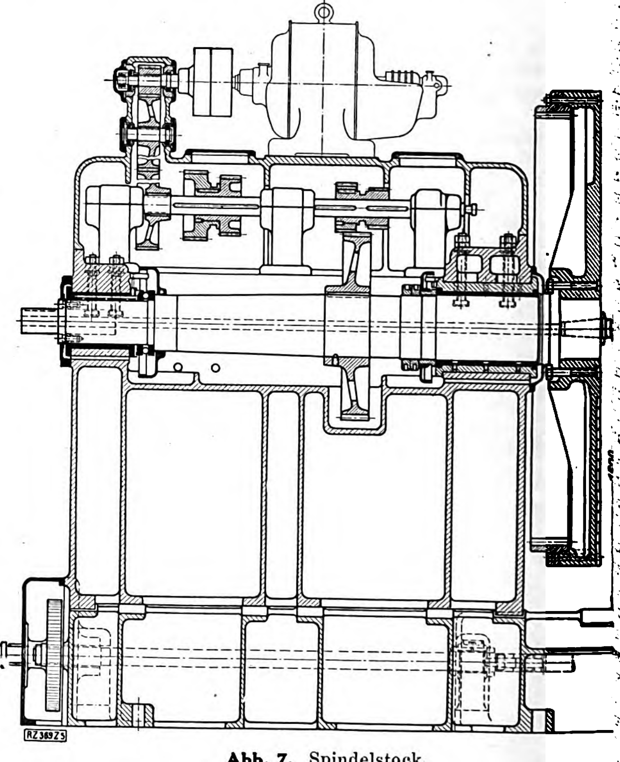


Abb. 7. Spindelstock

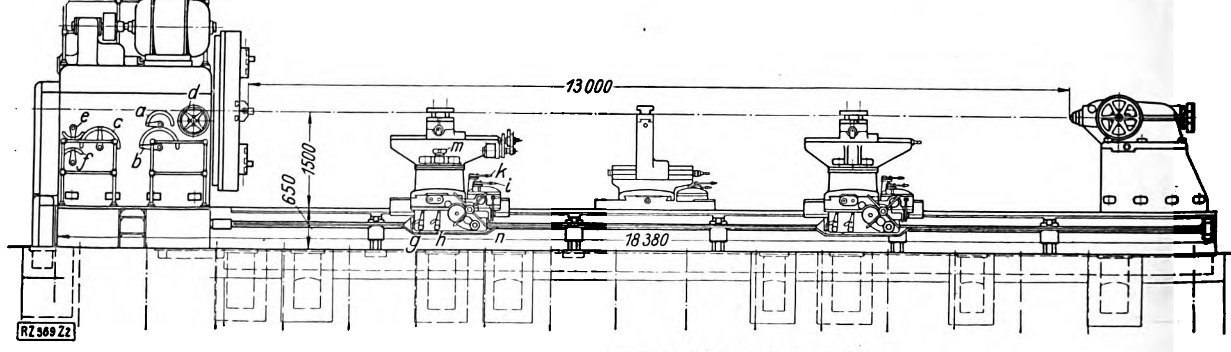


Abb. 4 und 5. Support Drehbank für 1500 mm Spitzenhöhe

a bis *c* Hebel } zum Einstellen der Geschwindigkeit
d Handrad
e, *f* Kupplungshebel
g, *h* Einrückhebel für Schaltgeschwindigkeit
i Umsteuerhebel
k Hebel für Schnellverstellung
l Griffhebel (Abb. 5)
m Umschalthebel
n Schuh für den Support, als schiefe Ebene wirkend



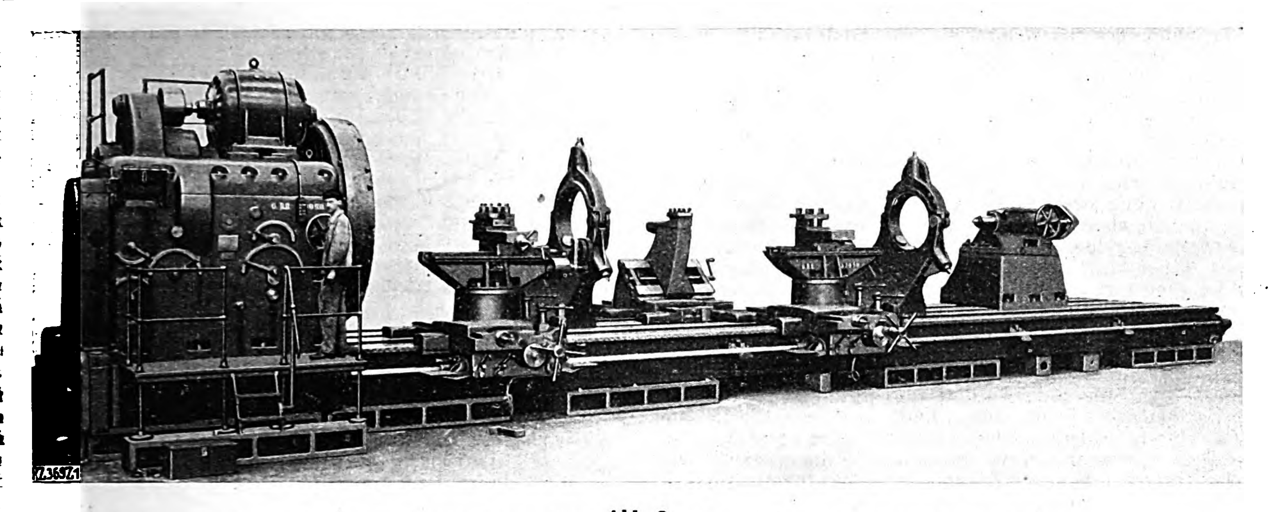


Abb. 3
Schwere Großdrehbank von 1500 mm Spitzenhöhe, erbaut von Schieß-Defries A.-G., Düsseldorf

…eite des Bettes liegenden Schaltwellen von 95 mm Dmr., die entsprechende Kupplung wird mit dem Hebel *f* betätigt. Zum Stillsetzen einer der beiden Schaltwellen ist das auf ihr sitzende, an einem Langkeil verschiebbare Triebrad abzuziehen.

Die beiden, in schwerer Bauart gehaltenen Vordersupporte sind in ihrer Konstruktion gleich, nur hat der linke Support noch eine Einrichtung am Drehteil zum Gewindeschneiden. Die Schaltung der Supporte, die in üblicher Weise aus Bettschlitten, Schlittenschieber und Drehteil mit verschiebbarem Kreuzsupport bestehen, wird von der Räderplatte am Bettschlitten und dem in diesen eingebauten Räderkasten abgeleitet. Durch Stufenrädergetriebe, die durch Kupplungen wechselweise eingerückt werden, lassen sich in der Längsrichtung bei einer Umdrehung der Planscheibe Vorschübe von 0,48, 0,72, 1,08, 1,6, 2,3 und 3,4 mm und in der Planrichtung von 0,31, 0,46, 0,68, 1,01 und 1,2 mm erreichen. Die maschinelle Eilbewegung der Supporte in Längs- und Planrichtung beträgt etwa das 12fache der genannten Schaltungsgrößen. Durch ein in die Bettplatte eingebautes Kegelräder-Wendegetriebe können die Vorschübe nach beiden Richtungen betätigt werden. Eine Kegel-Reibrutschkupplung, die in das Schaltgetriebe eingebaut ist und von außen leicht nachgestellt werden kann, schützt den Vorschubantrieb vor Überlastung. Die Längsschaltung erfolgt an einer im Bett eingesetzten Zahnstange mit senkrechten liegenden Zähnen. Das Zahnstangenritzel ist doppelt gelagert. Den Vorschub in der Planrichtung besorgt eine im Bettschlitten angeordnete Schraubenspindel. Entsprechende Verblockeinrichtungen verhindern, daß Längs- und Plangang oder Schalt- und Eilbewegung zu gleicher Zeit eingerückt werden können. Von den aus Abb. 4 ersichtlichen, an der Supportplatte befindlichen Hebeln dienen *g* und *h* zum Einrücken der verschiedenen Schaltgeschwindigkeiten, *i* zum Umsteuern des Kegelräder-Wendegetriebes und *k* für die Schnellverstellung. Mit dem groß gewählten Handkreuz kann der Support in der Längsrichtung an der Zahnstange von Hand verschoben werden; durch entsprechende Räderübersetzungen ist diese Verschiebung trotz des großen Gewichtes des Supports ohne große Anstrengung zu bewerkstelligen.

Bei den Großdrehbänken wird vielfach auf eine durchgehende Leitspindel zum Gewindeschneiden verzichtet, man begnügt sich oft damit, den Drehteil zum Schneiden kurzer Gewinde einzurichten. Diese Anordnung ist hier beim linken Support vorhanden und besteht darin, daß neben die Gewindespindel zum Plandrehen im Bettschlitten eine besondere, vom Schaltgetriebe betätigte Nutwelle gelegt wird, die unter Einschaltung von Kegelrädern und senkrechter Welle eine parallel zur Prismaführung des Drehteils angeordnete Welle antreibt, von der aus in üblicher Weise mit Wechselrädern und Stelleisen die im Drehteil gelagerte Leitspindel bewegt wird. Damit können Gewinde bis 1000 mm Länge geschnitten werden. Die Lagerung der Kreuzsupportspindel ist nicht feststehend, sondern mittels steilgängigen Gewindes axial verschiebbar, wodurch es möglich ist, beim Umsteuern den Gewindestahl rasch aus dem Gewinde herauszuziehen. Griffhebel *l*, Abb. 5, dient zum Betätigen dieser Verschiebung. Die Umsteuerung beim Gewindeschneiden erfolgt hier nicht in der üblichen Weise durch Umkehrung der Drehbewegung des Arbeitsstückes, sondern durch Umsteuerung des Schnittvorschubes, wozu ein Kegelräder-Wendegetriebe im Drehteil dient. Da die zugehörige Kupplung einzahnig ist, wird der Gewindestahl immer an der richtigen Stelle einsetzen. Bei *m*, Abb. 4, ist der Umschalthebel angedeutet.

Der zum Drehen von Kurbelwellen bestimmte, an der hinteren Bettbahn gleitende Support ist außer in Abb. 3 noch in Abb. 4 und 5 gezeigt. Bettschlitten und Schürze entsprechen vollkommen den beiden andern Supporten an der Bettvorderseite, während der auf dem Schlitten verschiebbare Querschieber in Sonderbauart gehalten ist. Er hat eine in geneigter Ebene liegende Prismabahn für den eigentlichen Meißelhaltersupport, der aus Unterteil und Stahlhalterschieber besteht und schmal ausgebildet ist, um bequem zwischen die Kurbelschenkel eintreten zu können.

Ein Punkt, der bei gewöhnlichen, kleinen Supportbänken wegen ihrer in der Regel kurzen Länge nicht beachtet zu werden braucht, der aber bei schweren langen Bänken nicht außer acht gelassen werden darf, ist die zweckrichtige Unterstützung der Schaftwellen, Abb. 4. Sie erfolgt durch eine Reihe halber Lager, die an senkrechten, an der Bettvorderseite angebrachten Führungen verschiebbar angeordnet und durch schwere, an Hebeln sitzende Gegengewichte an die zu unterstützende Schaftwelle angedrückt werden. Hakenförmig ausgebildete Sperrnasen sichern die jeweilige Lage. Jeder Support trägt einen als schiefe Ebene wirkenden Schuh *n*. Berührt dieser bei der Längsbewegung des Supports nun das Unterstützungslager, so wird die Sperrung gelöst, und der Schuh drückt selbsttätig das Lager nieder, wodurch der Support ungehindert die betreffende Stelle passieren kann. Nach dem Durchgang geht das Stützlager unter dem Druck des Gewichtes wieder selbsttätig nach oben, und die Sperrung tritt durch Druck einer Feder wieder in Tätigkeit.

Der Reitstock ist an der für die Supportschaltung bestimmten Zahnstange am Hinterbett verschiebbar angeordnet und einseitig ausgebildet, so daß die Vordersupporte ungehindert an ihm vorbeigleiten können, was besonders zum Drehen der Wellenenden notwendig ist. Seine Pinole hat 210 mm Dmr. und kann von vorn mittels Handrades und starker Räderübersetzung über eine Gewindespindel in der Achsrichtung verschoben werden. Der Reitstock selbst wird maschinell von der an der Betthinterseite befindlichen Schaltwelle mit geeigneten Rädervorgelegen der Bettzahnstange verschoben. Die Verschiebung ist mittels Kegelräder-Wendegetriebe für Vor- und Rückgang umsteuerbar. An der Innenseite des hinteren Bettprismas ist noch eine besondere Sperrzahnstange eingegossen, in die ein Sperrhaken eingreift, der das Zurückweichen des Reit-

max. 2700 max. 3000 l

RZ369Z3

Abb. 5

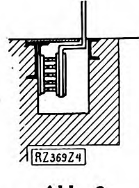


Abb. 6
Schleifleitungen für die Druckknopfsteuerung

stockes unter der Last schwerer Arbeitstücke und unter dem durch das Anpressen der Pinole erzeugten Druck mit Sicherheit verhindert und so zur Entlastung der Reitstock-Befestigungsschrauben beiträgt.

Die eingangs erwähnten Maßnahmen zur Erleichterung der Bedienung dieser Riesenmaschine bestehen außer den raschen maschinellen Eilbewegungen, in stark übersetzten Hebelübertragungen auf die auszurückenden Mechanismen, deren Betätigung deshalb nur geringe Kraft erfordert. Die Hebel und Handräder sind hierbei in bequeme Reichweite des Arbeiters gelegt, ihre Bewegung ist sinnfällig. Besonders hingewiesen sei auf die Motorbetätigung durch Druckknopfsteuerung, die das Ein- und Ausschalten, die Umkehrung und Geschwindigkeitsregelung des Motors in einfachster Weise ermöglicht. Die zugehörigen Druckknopftafeln können an beliebiger Stelle, am besten am Spindelstock, Reitstock und an den Supporten angebracht werden. Zwei unter dem Bett angeordnete, abgedeckte Gruben nehmen die beiden Schleifleitungen auf, Abb. 6. Die großen Vorteile solcher Druckknopfsteuerungen werden besonders dann erkennbar, wenn man mit ihnen die früher mechanisch betätigten Ausrückvorrichtungen für die Motoren zum Antrieb solcher langen Drehbänke vergleicht. Diese betätigen bei späteren Bauarten wohl ebenfalls die Motoren vom Arbeiterstand aus, erforderten aber besondere, längs des Bettes angeordnete Wellen mit einer Reihe von Hebeln, Rädern oder Kettentrieben, deren Bewegung viel Kraft in Anspruch nahm und daher viel zu langsam vor sich ging.

Die Bank ist mit allen neuzeitlichen Verbesserungen ausgestattet, besondere Rücksicht wurde auf die Anordnung sicher wirkender Schmiervorrichtungen genommen. Alle Lagerungen sind mit Phosphorbronze ausgebüchst und lang gehalten, um Warmlaufen zu verhindern und die Abnützung auf ein Mindestmaß herabzudrücken. Die Wellen sind an den Lagerstellen auf Sondermaschinen geschliffen.

Die Maschine ist in besonders schwerer Bauart gehalten; ihr Gewicht einschließlich der beiden feststehenden Dreibackenlünetten beträgt 110 t. [M 369]

Frankfurt am Main Obering. Weil

Werkstoffe

Der Zugversuch am Flachstab

Auf Grund der Ergebnisse von Zugversuchen mit Stahl und Elektrolytkupfer haben W. Kuntze und G. Sachs[1]) festgestellt, in welcher Weise die Kennzahlen des Zugversuches, wie Streckgrenze, Festigkeit, Dehnung und Querschnittsverminderung dadurch beeinflußt werden, daß für die Versuche Rund- oder Vierkant- und Flachstäbe verwendet werden. Die Frage ist von einiger Bedeutung, weil es nach der allgemeinen Anschauung genügt, die Werkstoffeigenschaften an sog. Proportionalstäben zu ermitteln, deren

[1]) Mitteilung aus dem Staatlichen Materialprüfungsamt und dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Metallforschung, Berlin-Dahlem, „Stahl und Eisen" Bd. 47 (1927) S. 219.

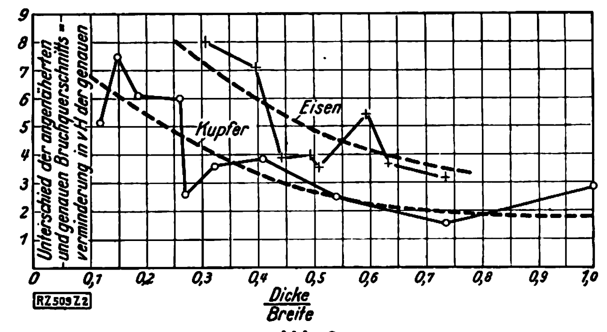


Abb. 9
Einfluß des Querschnitt-Meßverfahrens auf die Bruchquerschnitt-Verminderung von Flachstäben verschiedener Breite

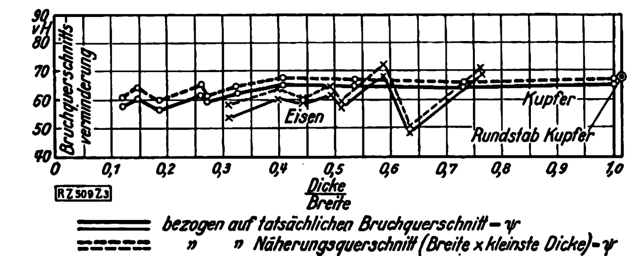


Abb. 10
Bruchquerschnitt-Verminderung von Flachstäben verschiedener Breite von Eisen und Kupfer nach verschiedenen Meßverfahren

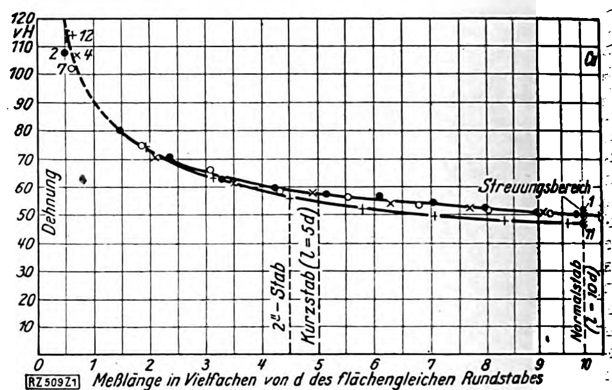


Abb. 8
Dehnung von Kupferstäben in Abhängigkeit von der Meßlänge

1 Flachstab 8 × 8 mm Querschnitt —
2 " 8 × 11 " " •
4 " 8 × 20 " " ×
7 " 4 × 14 " " ○
11 Rundstab 7,4 mm Dmr. . . . . . +
12 " 7,8 " " . . . . . +

Abmessungen verhältnisgleich der Wurzel aus dem Stabquerschnitt sind, wobei die Querschnittform also unberücksichtigt bleibt.

Bei der Untersuchung wurde ermittelt, daß die Streckgrenze und die Festigkeit bei Rund- und Flachstäben gleich sind, weil das Abmessungsverhältnis und die Gesta[lt] des Querschnitts bis zur Höchstlast (Beginn der örtliche[n] Einschnürung) annähernd erhalten bleibt. Da sich aber m[it] zunehmender Einschnürung die Querschnittform verzerr[t] und die Dicke stärker abnimmt als die Breite, ergeben sic[h] für die Dehnung und Querschnittverminderung beim Bruch für Rundstäbe andere Werte als fü[r] Flachstäbe. Hierzu kommt, daß beide Werte beim Flachst[ab] von der Art der Bestimmung abhängen, d. h. ob man bei d[er] Dehnungsmessung die Teilung auf den Schmal- oder Brei[t]seiten anbringt, und welche Maße des Bruchquerschnitt[s] man statt des richtigen aber nicht genau zu ermittelnde[n] Querschnittes der Berechnung der Querschnittverminderun[g] zugrunde legt.

Von der Bruchdehnung wird angenommen, daß sie m[it] zunehmender Breite des Stabes abnimmt, da erfahrungsgemä[ß] die Dehnung von dünnen Blechen immer verhältnismäß[ig] gering ist. Die vorliegenden Versuche zeigen jedoch weg[en] der erheblichen Streuung keinen deutlichen Einfluß der Sta[b]form auf die Dehnung. Diese fällt größer aus, wenn d[ie] Teilung auf den Schmalseiten gemessen wird, weil der Bru[ch] in der Mitte der Breitseite beginnt, während die Schma[l]seiten noch zusammenhängen und sich noch um einen we[i]teren Betrag strecken, ehe der Stab vollständig bricht. D[er] Unterschied tritt jedoch bei der üblichen Meßlänge $l = 10$ oder $11{,}3\sqrt{f_0}$ nicht deutlich in Erscheinung (rd. 1 vH). Dagegen wird die Art der Messung bei kurzer Meßlänge d[ie] Dehnung erheblich beeinflussen, z. B. bei dem üblichen 2 [...] Stab in England bis zu 2,5 vH.

Bei Kupfer sind diese Einflüsse undeutlicher als b[ei] Eisen erkennbar wegen der großen Streuung der Dehnung[s]werte. Die Streuung rührt daher, daß wegen der groß[en Un]gleichmäßigkeit des Werkstoffes sich nicht nur eine Ei[n]schnürung wie bei Eisen ausbildet, sondern mehrere, der[en] Zahl und Größe von Zufälligkeiten abhängt. Bei dem u[n]gleichmäßigeren Eisen scheint von vornherein ein Que[r]schnitt für die Ausbildung der Einschnürung bevorzugt u[nd] hierdurch die Streuung in den Dehnungswerten geringer [zu] sein. Die schädliche Wirkung schlechter Bearbeitung a[uf] die Dehnung wurde bestätigt. Die Abhängigkeit der De[h]nung von der Meßlänge zeigt Abb. 8.

Die Größe der Querschnittverminderung ist ganz a[ll]gemein bei viereckigen Stäben geringer als bei runden, u[nd] zwar ist der Unterschied um so größer, je breiter d[ie] Stäbe im Vergleich zur Dicke sind. Wegen der stark[en] Querschnittverzerrung nach Beginn der Einschnürung b[is] zum Bruch ist eine genaue Messung des Bruchquerschnit[ts] nicht möglich, besonders auch aus dem Grunde, weil d[ie] Breite gegenüber der Dicke in der Verformung bis zu[m] Bruch stark zurückbleibt und die ausschlaggebende Grö[ße] der Dicke für die richtige Berechnung des Bruchquerschnitt[s] nicht einwandfrei meßbar ist. Es ist aber gefunden worde[n], daß die Querschnittverminderung von Flachstäben bei[m] Bruch dann der an Rundstäben aus gleichem Werkstoff a[m] nächsten kommt, wenn der Bruchquerschnitt aus Breite m[al] kleinster Dicke (in der Mitte der Querschnittkante a[m] Bruch gemessen) berechnet wird, Abb. 9 und 10.



Diese Annäherungsrechnung scheint insofern auch berechtigt, als dadurch die Querschnittverminderung der am stärksten gereckten Querschnittsteile erfaßt wird. Auch bei Bestimmung der wahren Zugkurve führt die Benutzung des angenäherten Querschnittes (Breite mal kleinster Dicke) für die Berechnung der wahren Spannung aus Belastung und jeweils vorhandenem Querschnitt zu Ergebnissen, die denen des Rundstabes am nächsten kommen.

Die Untersuchung zeigt also, daß bei der üblichen Art der Messung die Dehnung eines Werkstoffes nicht nennenswert davon beeinflußt ist, ob man Rund- oder Flachstäbe verwendet, wenn das Verhältnis Breite zu Dicke in den üblichen Grenzen (bis etwa 5 : 1) bleibt. Für die Messung der Querschnittverminderung scheint das vorgeschlagene Verfahren empfehlenswert, da hierdurch die beste Übereinstimmung zwischen den Werten, die an Flach- und Rundstäben ermitelt sind, erreicht wird. [M 509]

Berlin-Dahlem Fiek

Die Bedeutung des Gußgefüges für die Eigenschaften von Kupfer [1])

O. Bauer und G. Sachs gehen in ihrer Arbeit, deren Inhalt kurz von den Verfassern durch den Untertitel „Einige Beispiele für Fehlstellen im verarbeiteten Kupfer" zusammengefaßt ist, von dem sehr beherzigenswerten Grundsatz aus, daß es im wesentlichen die Beschaffenheit des Gusses und des Rohblockes ist, die sein Verhalten beim weiteren Verarbeiten durch Warmwalzen oder -pressen usw. bestimmt. Es bemerken jedoch gleich von vornherein, daß es trotz zahlreicher Untersuchungen nicht immer möglich ist, die wirkliche Ursache eines bestimmten Fehlers zweifelsfrei anzugeben. Man muß hierbei bedenken, daß viele Fehler erst in den letzten Stufen der Verarbeitung, oft sogar erst im Gebrauch zutage treten, so daß leicht die Meinung aufkommen kann, daß die Schäden lediglich durch Fehler in der Verarbeitung verursacht werden. An einigen praktischen Beispielen wird nun gezeigt, wie das Gußgefüge, und zwar ein mangelhaftes Gußgefüge einen maßgebenden Einfluß ausübt. Die Ursache kann in drei kennzeichnenden Eigenschaften des Gußstückes gesucht werden, im Gußgefüge, in seiner Dichtigkeit oder in seiner chemischen Zusammensetzung.

Aus dem Abschnitt über das Gußgefüge ist hervorzuheben, daß das grobstrahlige Gefüge, wie es sich z. B. bei sehr schnellem Abkühlen mit starkem Temperaturgefälle zwischen Außen- und Innentemperatur ausbildet, doch nicht immer für die besonders in den letzten Jahren aufgetretenen Verarbeitungsschwierigkeiten, z. B. beim Drahtwalzen aus Drahtbarren, verantwortlich gemacht werden kann; haben ich doch oft schon Barren mit derartig grobem Gefüge anstandlos verwalzen lassen. Es müssen noch unbekannte Begleiterscheinungen des grobstrahligen Gefüges hier mitspielen. Im allgemeinen soll ein zu schnelles Abkühlen vermieden werden. Der Erfolg der wassergekühlten Kokille läßt sich wohl dadurch erklären, daß der beim ersten schnellen Abkühlen sich bildende Luftspalt zwischen Block und Kokillenwand eine langsame Abkühlung mit technologisch wertvoll ausgebildetem Gefüge des Gußblockes gewährleistet.

Sehr viel mannigfaltiger sind die Fehlstellen, die auf die Undichtigkeit des Blockes zurückzuführen sind. Beispiele zeigen, wie die Blasen in dem Fertigstück sich zu langgestreckten Hohlräumen ausgebildet haben, die oft erst beim Zerreißversuch oder beim praktischen Gebrauch sichtbar werden. Sogenannte Schieferstellen auf Blechen oder auf gedrückten oder gezogenen Blechteilen lassen erkennen, wie notwendig es ist, die Ursachen solcher Fehler zu vermeiden. Meist ist Überhitzung während des Gusses mit erhöhter Gasaufnahme schuld. Die Gase entweichen wohl größtenteils beim Erstarren, teils werden sie aber auch bei der Erstarrung festgehalten und zeigen sich nach der Erstarrung in Form von Bläschen. Es kann aber auch die beim Gießen mitgerissene Luft sein, die nachher beim erstarrten Guß sich in Bläschenform wiederfindet. Es ist sogar in einigen Fällen möglich, durch metallographische Untersuchungen festzustellen, ob die Bläschen von Gasen herrühren, die beim Raffinierprozeß aufgenommen worden sind, oder ob es Bläschen sind, die nach der zweiten geschilderten Art entstanden sind.

Am häufigsten jedoch lassen sich Fehlstellen auf zu hohen Oxydulgehalt zurückführen. Als normaler Sauerstoffgehalt wird 0,06 bis 0,08 vH angegeben. Bei einem solchen Gehalt an Sauerstoff ist das Kupfer nicht überpolt, ein Zustand, der leicht gegen Ende des Reduktionsabschnittes eintreten kann und dessen Begleiterscheinungen meist sehr unerwünschter Natur sind. So neigt ein überpoltes Kupfer zur Aufnahme von Gasen, z. B. von Wasserstoff oder schwefliger Säure. Die metallischen Verunreinigungen gehen Mischkristallbildungen ein. Die Leitfähigkeit wird infolgedessen stark herabgesetzt. Vor allem soll allzu große Sauerstoffanreicherung an der Oberfläche vermieden werden. Meist wird die an Sauerstoff angereicherte Oberfläche entfernt, besonders dann, wenn hochwertige Ware verlangt wird. Ein hoher Sauerstoffgehalt macht sich ferner besonders beim Glühen in reduzierender Atmosphäre schädlich bemerkbar. Bei handelsüblichem Kupferdraht genügt bereits vierstündiges Glühen bei 700 ° in Leuchtgas, um den Draht vollkommen brüchig zu machen. Zahlreiche Mikro-Aufnahmen und Abbildungen in Naturgröße von Erzeugnissen weisen die Erscheinungsform derartiger Fehler nach. Jedoch scheint bei einigen Beispielen die Fehlstelle auf den Kupferoxydulgehalt zurückgeführt zu sein, während anscheinend die so gedeuteten Einschlüsse Schlackeneinschlüsse sind, wie sie leicht beim Pressen in die gepreßte Stange mit hineinfließen können.

Der letzte Abschnitt des Aufsatzes behandelt das Gefüge und die Festigkeitseigenschaften des verarbeiteten Kupfers. Im engen Zusammenhang mit diesem Teil steht eine Arbeit von v. Göler und G. Sachs (Walz- und Rekristallisations-Textur regulär flächenzentrierter Metalle) [2]). Diese Untersuchung trägt wesentlich zum Zusammenhang zwischen Gefüge und Festigkeitseigenschaften bei. Es wird gezeigt, wie ein geordnetes Gefüge im rekristallisierten Metall entsteht. Unter geordnetem Gefüge sei verstanden, daß das Raumgitter der Metallkristalle sich beim Glühen in eine ganz bestimmte Lage einstellt, und zwar kann man diese Ordnung dadurch erreichen, daß man ein Kupferblech von Anfang an nur in einer Richtung auswalzt und ausglüht. Ein ungeordnetes Gefüge, bei dem die Raumgitter der Einzelkristalle fast regellos gerichtet sind, wird dadurch erreicht, daß man ein in den verschiedensten Richtungen stark kaltgewalztes Blech ausglüht.

Die im ersten Fall gleichgerichtete Lagerung der Kristalle und die im zweiten Fall regellos gelagerten Kristalle wirken sich auch entsprechend den Befunden bei Einkristallen in den Festigkeitseigenschaften aus. So beträgt z. B. die Festigkeit bei nur in einer Richtung gewalzten Kupferblechen, unabhängig von der Zerreißrichtung, nach der Glühung etwa 21,5 kg/mm². Die Dehnung jedoch ist verschiedenartig je nach dem Winkel, in dem zur Walzrichtung zerrissen wird. Bei 0 ° beträgt die Dehnung 33,4 vH, bei 45 ° 54 vH, bei 90 ° 32,7 vH.

Wird ein Blech jedoch in verschiedenen Richtungen gewalzt (in vorliegendem Beispiel wurde das Blech nach jedem Stich um 22,5 ° verdreht), so stellt sich nach dem Glühen eine Festigkeit von 24,5 kg/mm² bei einer Dehnung von 37,5 vH ein, und zwar sind die Zahlen in diesem Fall unabhängig von der Zerreißrichtung. Der zu den Versuchen benutzte Werkstoff war handelsübliches Elektrolytkupfer mit einem Reinheitsgrad von über 99,9 vH. Ähnlich wie die Festigkeitseigenschaften ist auch die Tiefziehfähigkeit, wie sie im Erichsen-Gerät gemessen wird, von der Kristallanordnung abhängig. Das in mehreren Richtungen gewalzte, sodann geglühte Blech von 0,38 mm Dicke ließ sich auf 14 mm tiefziehen, während bei dem einseitig gewalzten Blech nur eine Hütchenhöhe von 10 mm (der normale Erichsen-Wert) erzeugt werden konnte. Es prägt sich sogar, was den engen Zusammenhang der Tiefung mit der Dehnung aufdeckt, beim einseitig gewalzten Blech die in den Dehnungszahlen bevorzugte 45 °-Richtung aus; denn das Hütchen reißt stets zuerst in der Walzrichtung oder senkrecht dazu auf. Dieser Befund ist für die Technik von weittragender Bedeutung. So zeigen z. B. technische Walzbänder mit geordnetem Gefüge (also einseitig gewalzt) 23,9 kg/mm² Festigkeit bei 30 vH Dehnung gegenüber 26 kg/mm² Festigkeit und 39 vH Dehnung bei ungeordnetem Gefüge, wie es beim Glühen nach mehrfach gewechselter Walzrichtung sich einstellt. Sehr wertvolle Dienste leistet bei der Erkennung eines ungeordneten oder eines geordneten Gefüges die Untersuchung mittels Röntgenstrahlen. Hiervon werden zahlreiche Röntgenaufnahmen gezeigt, die deutlich die erwähnten Unterschiede aufweisen. [N 476]

Osnabrück. Hanser.

[1]) „Metall und Erz" Bd. 24 (N. F. XV) (1927) S. 154.

[2]) „Zeitschrift für Physik" Bd. 41 (1927) S. 889.



Kleine Mitteilungen

Schwere 1 E-Lokomotive der Western Maryland-Bahn

Zwanzig sehr schwere 1 E-Lokomotiven mit dem höchsten bisher in Amerika angewendeten Achsdruck von 35 t, also mit 175 t Reibungsgewicht, hat die Western Maryland-Bahn bei den Baldwin-Werken bauen lassen und kürzlich in Dienst gestellt. Auch die andern Abmessungen sind in gleichem Maße bemerkenswert:

Das Triebwerk (762/811/1549 mm) ergibt, mit dem Beiwert 0,85 gerechnet, 40 820 kg größte Zugkraft. Es betragen: die Rostfläche $3350 \times 2896 = 9{,}7\ m^2$, die Heizfläche (einschließlich Überhitzer) 527 m², der Kesseldurchmesser 2647 mm und das Dienstgewicht 190 t. Der sechsachsige Tender faßt 83 m³ Wasser und 30 t Kohle, ist somit der größte amerikanische Lokomotivtender. Er allein wiegt dienstfähig 188 t, also beinahe ebensoviel wie die Lokomotive

Erleichtert wurde der Bau so schwerer Lokomotiven durch das große Lichtraummaß der Western Maryland-Bahn, das für Lokomotiven eine Höhe von 4927 mm und eine Breite von 3404 mm gestattete, gegenüber 4650 und 3150 mm bei der Deutschen Reichsbahn. („Railway and Locomotiv-Engineering" Juli 1927 S. 15) [N 707 a] M.

Englisches Ganzmetall-Flugboot

Für das Air Ministry ist von der Firma Short Brothers, Ltd., Rochester, ein Ganzmetall-Flugboot fertiggestellt worden, das zur Zeit für England das größte dieser Bauart ist. Das Flugboot, genannt „Singapore", ein Doppeldecker, ist in den hauptsächlichsten Teilen aus Duralumin hergestellt. Für besonders beanspruchte Teile hat man nichtrostenden Stahl verwendet. Die Flächen jedoch sind mit Leinewand bespannt. Die Antriebleistung liefern zwei wassergekühlte 650 PS-Condor-Rolls-Royce-Motoren, die in den mittleren Streben der Tragflächen eingebaut sind. („The Engineer" 29. Juni 1927 S. 131*) [N 707 b] Gw.

Energievorräte und Energieausnutzung

Die Kohlenförderung der Welt beträgt augenblicklich etwa 1300 bis 1350 Mill. t; hiervon kommen auf Steinkohlen und Anthrazit rd. 1170 Mill. t, auf Braunkohlen und geringwertige Brennstoffe 160 Mill. t. Auf mittlere Steinkohle umgerechnet, erhält man insgesamt rd. 1235 Mill. t. In den Vereinigten Staaten werden etwa 600, in Großbritannien 270, in Deutschland 190 und in allen übrigen Ländern 170 Mill. t gefördert. Der bei weitem größte Teil der geförderten Kohlenmengen, rd. 780 Mill. t, wird zur unmittelbaren Krafterzeugung in öffentlichen und industriellen Werken sowie für die Verkehrsmittel verbraucht; dazu kommen 193 Mill. t für den Hausbrand, 160 Mill. t für Kokserzeugung, 50 Mill. t für industrielle Heizanlagen und 40 Mill. t für Gaserzeugung.

Die Ölförderung beträgt zur Zeit rd. 150 Mill. t, von denen etwa 60 Mill. t für Heizung und Beleuchtung, 30 Mill. t zur unmittelbaren Krafterzeugung in Verbrennungskraftmaschinen, 50 Mill. t zur Feuerung von Kesseln und industriellen Öfen, der Rest für andre Zwecke, vor allem zur Schmierung, Verwendung findet.

An Erdgas werden jährlich rd. 34 000 Mill. m³ gewonnen, von denen im Haushalt rd. 25 vH, der Rest in der Industrie verbraucht wird.

Die ausnutzbaren Wasserkräfte werden zu insgesamt 453 Mill. PS geschätzt, von denen bisher aber nur rd. 7 vH ausgenutzt werden.

Der jährliche Energieverbrauch der Welt beläuft sich auf ungefähr 790 Milliarden kWh; von diesen werden etwa 400 durch feste Brennstoffe, 255 durch flüssige und gasförmige Brennstoffe und 155 durch Wasser erzeugt. („The Iron and Coal Trades Review" 29. Juli 1927 S. 168) [N 707 c] Pt.

Eine neue Höchstdruck-Dampfanlage in Schweden

In Schweden ist kürzlich das Cottland Kraftwerk in Betrieb genommen worden, das zur Zeit mit 28 at Betriebsdruck arbeitet, aber mit ganz geringen, ohne Betriebsstörungen durchzuführenden Änderungen auf 56 at umgestellt werden kann. Bei diesem Druck beträgt die Leistung 5600 kW. Der Dampf wird in zwei Hochdruckkesseln von je 225 m² wasserberührter Heizfläche erzeugt, in zwei Überhitzern auf rd. 400° überhitzt und in einer Hochdruckturbine auf 10 at entspannt; dann erhitzt man wiederum auf 400° und läßt in einer Niederdruckturbine auf Kondensatordruck expandieren. Die Abnahmeversuche bei 28 at Betriebsdruck ergaben bei Verwendung minderwertiger Kohle (rd. 3400 kcal/kg oberer Heizwert) 6500 kcal/kWh bei geringer Belastung und 4300 kcal/kWh bei Vollast. („Power" 19. Juli 1927 S. 8[illegible]) [N 707 d] Pt.

Versuche an Luftschaltern mit starken Wechselströmen

Die Commonwealth Edison Co., Chikago, hat verschiedene dreiphasige Luftschalter für 440 V Drehstrom untersucht, indem sie mit den Schaltern außerordentlich starke Wechselströme abschaltete. Den Prüfstrom lieferten zwei Dynamos für je 50 000 kW Leistung bei 60 Per./s, über drei dreiphasige Transformatoren für je 600 kVA und drei einphasige Transformatoren für je 833 kVA parallel geschaltet, die die Spannung von 12 000 V auf 440 V herabsetzten. Die Oberspannungsleitungen der Transformatoren konnten von den Sammelschienen getrennt werden, so daß man eine beliebige Anzahl der Transformatoren für die einzelnen Versuche benutzen konnte. Auf der Niederspannungsseite waren die Transformatoren durch je ein Dreileiter-Bleikabel mit den Prüfsammelschienen verbunden, von denen zu jedem Pol des geprüften Schalters zwei kurze, biegsame Leitungen von rd. 500 mm² Querschnitt führten. Die geprüften Schalter waren normale Schalttafelgeräte für Handbetätigung ohne besondere Vorrichtungen zur Begrenzung des Lichtbogens; die oberen Kontaktstücke waren an die Zuleitung angeschlossen, die unteren waren kurzgeschlossen oder mit einem in Stern geschalteten Eisenwiderstand verbunden, von dem jeder Zweig 0,0051 Ω Widerstand hatte. Es wurden verschiedene Versuche gemacht mit Strömen bis zu 42 600 bei einem Schalter für 400 A, bis zu 80 500 A bei einem Schalter für 500 A und bis zu 98 900 A bei einem Schalter für 2000 A. Die Beschädigungen der Schalter an den stromführenden Teilen waren auch bei diesen Beanspruchungen so gering, daß sie ohne wesentliche Schwierigkeiten ausgebessert werden konnten. („Electrical World" 16. Juli 1927 S. 109) [N 707 e] Pa.

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Neue Wilhelmstr. 4, bezogen werden. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 3501)

Handbuch der physikalischen und technischen Mechanik. Herausgeg. von F. Auerbach und W. Hort. Leipzig 1927, Joh. Ambros. Barth. 1. Bd. 1. Lfg.: 306 S. m. 120 Abb. Preis 30 *M*. 3. Bd. 468 S. m. 198 Abb. Preis 42,50 *M*.

Der erste Teil des Buches enthält eine ausgiebige Darstellung des Systems der Grundbegriffe, worunter auch die Einheiten verstanden werden, von F. Auerbach. Als Anhang dieses Teiles sind Zahlentabellen (Atom- und Molekulargewichte, Dichten usw.), die manchem willkommen sein werden. Auf S. 8 ist leider die Wellenlänge der roten Kadmiumlinie, der Normale 1. Ordnung, falsch angegeben, auch ist weder Druck noch Temperatur der Luft genannt. Im übrigen scheint es der alte Wert von Michelson aus dem Jahre 1892 zu sein. Der heute allein benutzte und maßgebende Wellenlängenwert aus dem Meteranschluß von Fabry und Perot von 1907 (Trav. et Mem. Bd. 15, 1913) ist dem Verfasser anscheinend unbekannt, da die Literatur nur bis 1901 angeführt wird.

Es folgt eine Reihe von Aufsätzen von W. Block über Meßtechnik und Messen nach Einzelgebieten, in breiter, etwas oberflächlicher und lückenhafter Darstellung mit sehr schönen Abbildungen und sparsamer Literaturangabe. Immerhin zeigen sie, wie außerordentlich hoch heute die Präzision der technischen Messungen steht. In Einzelheiten ist die Darstellung über den Grund des Aneinanderhaftens zweier Endmaßflächen (S. 145, 4) unzutreffend. Das Haften beruht im wesentlichen auf der molekularen Kohäsion des Stahls oder bei schlechten Flächen des Zwischenmittels. Außerdem spielt auch der Luftdruck eine Rolle. Ferner ist (S. 214, 9 a) zu fragen: Was hat das Aräometer nach Prozentgehalten mit der Dichteeinheit des Wassers zu tun? [illegible] ließen sich noch einige solche Bemerkungen machen.

Eine vortreffliche Darstellung der Potentialtheorie von Arthur Korn und eine rechnerische Behandlung einiger kennzeichnenden Fälle des Potentials bilden den Schluß des Bandes. [E 456] W. Kösters.

Geometrie und Maßbestimmung der Kulissensteuerungen. Von R. Graßmann. 2. Aufl. Berlin 1927, Julius Springer. 140 S. m. 148 Abb. Preis 13,50 *M*.

Das Buch bietet verschiedene beachtliche, als Fortschritt anzusprechende Abweichungen von seitherigen Gepflogenheiten. Bahnbrechend ist die Maßbestimmung der inneren Steuerung, bei der sich Graßmann von der bis dahin üblichen Verwendung von Verhältniszahlen freigemacht hat. Er entwickelt die innere Steuerung auf Grund von Dampfdruck-Schaulinien und bestimmt ihre Maße in Abhängigkeit vom Produkt: Kolbengeschwindigkeit mal Kolbenquerschnitt, berücksichtigt also die Zusammenhänge zwischen innerer Steuerung, Füllung, Drehzahl und Zylindergröße und vermeidet damit die Zufälligkeiten, denen ein Steuerungsentwurf nach den bisherigen Berechnungsweisen ausgesetzt war. Die Bemessung der inneren Steuerung nach Graßmann hat seit dem Erscheinen der ersten Auflage des Werkes weitgehende Verbreitung gefunden.

Das Buch kann nicht nur den Studierenden, für die es gedacht ist, sondern auch allen Fachleuten, die sich mit Steuerungen eingehend beschäftigen wollen oder müssen, warm empfohlen werden.

[E 605] Metzeltin

Die elektrischen Einrichtungen für den Eigenbedarf großer Kraftwerke. Von Friedrich Titze. Berlin 1927, Julius Springer. 160 S. m. 89 Abb. Preis 12 *M*.

Für Kraftwerke steht die Forderung der Betriebsicherheit an erster, die der Wirtschaftlichkeit an zweiter Stelle. Nach diesem Gesichtspunkt behandelt der Verfasser das ganze Gebiet der Eigenversorgung großer Dampf- und Wasserkraftwerke, von deren störungsfreiem Betrieb in der Hauptsache Betriebsbereitschaft und Betriebsicherheit abhängen. Der erste Teil des Buches bringt die Erzeugung, Umformung und Verteilung des Eigenbedarfs. Der zweite Teil gewährt eine umfangreiche Übersicht über Eigenart, Regelung und Zweckmäßigkeit der Antriebmotoren. Der Schluß behandelt die elektrischen Einrichtungen im Kesselhaus und Kondensationsanlage unter genügender Berücksichtigung der in den letzten Jahren entwickelten Kohlenstaubfeuerung. Das Buch bietet dem entwerfenden Ingenieur wie dem Betriebsmann einen vollständigen Einblick in die zweckmäßige Anordnung und Schaltung der elektrischen Hausanlagen großer Kraftwerke. [E 608] Zn.

Verhalten von raschlaufenden Gegendruckturbinen bei Drehzahländerungen. Von Kurt Mauritz. München und Berlin 1927, R. Oldenbourg. 42 S. m. 31 Abb. Preis 4,50 *M*.

Seitdem man dazu übergegangen ist, raschlaufende Turbinen kleinerer Leistung zu bauen und die Turbine auch als Antriebmaschine für Fahrzeuge, namentlich für Lokomotiven, zu verwenden, sah sich der Turbinenbau vor neue Aufgaben gestellt. Vor allem der Einfluß weitgehender Drehzahländerungen auf Drehmoment, Leistung und Wirkungsgrad, die im Lokomotivbetrieb unvermeidlich sind, hat für die weitere Entwicklung dieses Sondergebietes große Bedeutung. Es ist daher zu begrüßen, daß der Verfasser, fußend auf den Arbeiten von Gramberg und Eisner, das Verhalten raschlaufender Gegendruckturbinen bei Drehzahländerungen (zwischen 0 und 7500 Uml./min) eingehend untersucht und dem Konstrukteur damit wichtige Unterlagen in die Hand gegeben hat.

In der vorliegenden Schrift sind die Versuchsanordnung, die Versuchsausführung und die Versuchsergebnisse behandelt; zum Schluß werden die durch den Versuch erhaltenen Ergebnisse hinsichtlich Leistung und Verlusten auch rechnerisch nachgeprüft. Die Versuche und Rechnungen ergaben, daß auch bei sehr hohen Drehzahlen keine Sonderverluste im Dampfteil auftraten, daß sich dagegen mit zunehmender Drehzahl die mechanischen Verluste sehr stark steigern. Der textliche Teil ist durch zahlreiche graphische Tafeln, Zeichnungen und Zahlentafeln gut ergänzt.

[E 596] Pt.

Autostähle des Welthandels. Von Albert Müller-Hauff und Karl Stein. Düsseldorf 1927, Verlag Stahleisen. 195 S. m. 55 Abb. Preis 9 *M*.

Die Verfasser wenden sich im Vorwort an alle, die mit Automobilstählen zu arbeiten haben. Diesen soll das Buch eine Übersicht über die Art, die Behandlung und Verwendung aller im Kraftwagenbau gebräuchlichen Stahlsorten geben. Das Buch ist leicht faßlich geschrieben, da es auch dem strebsamen Arbeiter und dem Mann an der Drehbank Aufschlüsse geben soll.

Die einzelnen Kapitel besprechen die Werkstoffprüfung, Metallographie und Herstellung der Automobilstähle in großen Zügen. Ein besonderer Abschnitt beschreibt einzelne Stahlsorten, die besonders hervorgehoben sind, die Einsatz- und Vergütungsstähle, die Kugellagerstähle, die Ventilstähle, Federstähle, Magnetstähle und die rostfreien Stähle. Zuletzt geben die Verfasser einen Überblick über den Stand der Normung.

Das vorliegende Buch enthält eine Menge wertvoller praktischer Winke. In einzelnen Fällen könnte die Einteilung der Unterabschnitte (Härten, Vergüten, Glühen usw.) etwas übersichtlicher gestaltet werden. Dieses gilt z. B. für den Abschnitt Einsatz- und Vergütungsstähle. An einzelnen Stellen sind Ergänzungen am Platze, so z. B. im Abschnitt Einsetzen ein Hinweis auf den Einfluß der Abkühlgeschwindigkeit auf die Korngröße, ferner ein Hinweis auf die Zusammenhänge zwischen der Ausbildung des Zementitnetzwerkes und der Reinheit eines Stahles (Ehnsche Probe). Die verlängerte Anlaßdauer (S. 130) hat nur einen beschränkten Erfolg, da einmal ein für die Anlaßtemperatur gegebener Gleichgewichtzustand eintreten muß.

Das kleine Werk stellt eine Fülle von Tatsachen zusammen, die bis heute im Schrifttum sehr zerstreut zu lesen waren. Es gestattet vor allem einen schnellen Überblick über die wichtigsten im Bau von Kraftwagen zu verwendenden Stahlsorten, ihre zweckmäßige Behandlung und Verwendung. Insbesondere dem Konstrukteur, dem Werkstattleiter und dem Werkstoffprüfer der Kraftwagenfabrik kann das Studium des Buches warm empfohlen werden.

[E 602] W. Oertel

Der elastisch drehbar gestützte Durchlaufbalken. Von H. Craemer. Berlin 1927, Julius Springer. 28 S. mit 7 Abb. Preis 5,10 *M*.

Unter den vorliegenden Werken über die statischen Eigenschaften der durchlaufenden Balken ist das Buch als eine Ergänzung wohl zu beachten. Es wird heute in der Praxis des Eisenbeton- und Eisenbaues noch allgemein mit den sogenannten „Winklerschen Zahlen" gearbeitet; die oft sehr großen Einflüsse der mit dem Balken rahmenartig verbundenen Auflagerstützen bleiben vernachlässigt. Dadurch ist die Bemessung der Balkenquerschnitte gewöhnlich zu ungünstig, während die Stützen oft viel zu schwach ausgebildet werden. Es ist nun auf Grund der in dem Werk enthaltenen Tafeln die Möglichkeit gegeben, die Einflußlinien für die Momente der Feldmitten, der Balkenquerschnitte dicht neben den Stützen sowie für die Größtmomente der Stützen zu bestimmen; ebenso sind die Größtwerte für die Feld- und Stützenmomente aufgestellt, entsprechend den bekannten Winklerschen Zahlen. Allerdings sind die Tafeln insofern nicht ohne weiteres verwendbar, als sie ein bestimmtes, für das gesamte Tragwerk unveränderliches Einspannungsmaß bedingen. Bei den Tafeln für die Größtwerte war sogar die Annahme gleicher Feldweiten notwendig. Bei Benutzung der Tafeln ist demnach Vorsicht geboten; sind jedoch die der Aufstellung der Werte entsprechenden Grundbedingungen auch nur annähernd erfüllt, so ist besonders für die im Eisenbetonbau sehr häufigen durchlaufenden Rahmenkonstruktionen wie auch Stockwerkrahmen und Pilzdecken die genaue statische Untersuchung mit Hilfe der Craemerschen Tabellenwerte zu empfehlen.

[E 606] F. C.

Mechanische Schwingungen und ihre Messung. Von Geiger. Berlin 1927, Julius Springer. 305 S. m. 290 Abb. Preis 24 *M*.

Auf dem Wege über eine außerordentlich belehrende Einführung und klar entwickelte Theorie der verschiedenen Schwingungserscheinungen gelangt der Leser zur theoretischen Behandlung und Besprechung einer Reihe von Schwingungsaufgaben der Praxis, unter denen besonders die folgenden hervorgehoben seien: Schwingungen und Pendelungen bei Schiffen, Reglern, Kurbelgetrieben, Biegungsschwingungen von Wellen, Schaufeln und Fundamenten von Dampfturbinen.

Großer Wert ist auf die möglichst eingehende Besprechung der gebräuchlichsten Meßgeräte gelegt und auf die Theorie ihres Verhaltens in schwingungstechnischer Beziehung (Beschleunigungsmesser, Vibrograph, Tachometer, Indikator, Torsionsindikator, Torsiograph, Tachograph usw.).

Die letzten 60 Seiten enthalten eine Fülle von Richtlinien für die praktische Untersuchung von Schwingungen und für die Abhilfsmaßnahmen, wobei der letzte Abschnitt gekennzeichnet ist durch das Motto: „Vorbeugen ist besser als heilen". Von Interesse ist auch das Kapitel über die Ausnutzung mechanischer Schwingungen in Arbeits- und Kraftmaschinen.

Das Werk ist mit pädagogischem Geschick und fesselnd geschrieben und bildet eine Bereicherung der geringen Literatur auf diesem Gebiet. Es stellt eine Ergänzung der „Technischen Schwingungslehre" von Hort nach der prak-

tischen Seite hin dar. Sein Erscheinen muß von all denen begrüßt werden, die mit Schwingungsfragen zu tun haben; denn sie finden eine große Reihe von Erklärungen für die oft sehr verwickelten Erscheinungen auf diesem Sondergebiete der Schalltechnik und erhalten wertvolle Anregungen bei der Behandlung schwingungstechnischer Aufgaben. [E 610] **Reiher**

Handbuch für Bauingenieure, 3. T., 1. Bd.: **Der Grundbau.** Von O. Franzius. Berlin 1927, Julius Springer. 359 S. m. 389 Abb. Preis 28,50 *M.*

Als Unterabteilung der „Handbibliothek für Bauingenieure", des, soweit es erschienen, von der Fachwelt begrüßten „Nachschlagebuches für Studium und Praxis", baut das Werk auf praktischen Erfahrungen auf, die in umfangreicher und vielseitiger Bauunternehmertätigkeit gewonnen sind, und will vor allem den Bedürfnissen des praktischen Ingenieurs dienen. Die knappe und doch alles wesentliche in klarer Gliederung und ansprechender Form bringende Darstellung macht das Buch zweifellos dazu besonders geeignet. Der Inhalt ist in zehn Teile gegliedert: maßgebende Gesichtspunkte für die Ausbildung und Ausführungsweise der Grundwerke, Einzelheiten der Grundwerke, Beschreibung der verschiedenen Gründungsarten, unmittelbare Gründungen im Trocknen und unter Wasser, Hohlkörpergründungen, Pfahlgründungen, Druckluftgründungen, Gefriergründungen und Baumaschinen. Es sei daraus besonders auf die Betrachtungen im ersten Teil über den Baugrund und den Bodendruck hingewiesen, die, gestützt auf eigene Versuche im Erddrucklaboratorium, bei der zunehmenden Erkenntnis, daß der Ingenieur auf diesem Gebiete noch viel zu sehr im Dunkeln tappt, weitreichende Beachtung finden werden. Ferner seien die Ausführungen im zweiten Teil über die Betonbereitung, die Trockenlegung der Baugrube, insbesondere die Grundwasserabsenkung, die Druckluftgründung, auf die leider hier wie auf vieles andere Wertvolle nicht näher eingegangen werden kann, hervorgehoben.

Das angeführte wertvolle Literaturverzeichnis ist ziemlich vollständig und bietet dem sich eingehend mit den Aufgaben Beschäftigenden willkommene Möglichkeiten, an den Quellen zu forschen. [E 621] **Busch**

Ausführliche Auszüge der Vorträge, gehalten auf der **Schwingungs-Tagung** am 25. und 26. März 1927 in Braunschweig. Herausgeg. vom wissenschaftlichen Beirat des Vereines deutscher Ingenieure. Berlin 1927, VDI-Verlag. 15 S. m. versch. Abb. Preis 1,25 *M.*

Aus dem Inhalt: Mechanische Schwingungen als Forschungsgebiet — Geschichtliche Entwicklung der Meßverfahren und Stand der Versuche in Deutschland — Ergebnisse der Versuche an der Hochfrequenzmaschine — Dämpfungsuntersuchung von Materialien — Abhängigkeit der Materialdämpfung von der Frequenz — Gefahren der Schwingungsbeanspruchung für den Werkstoff — Atomare Theorie der Festigkeitseigenschaften — Fundamentschwingungen — Gegenwuchtmaschine zur Beseitigung von Fundamentschwingungen — Verdrehungsausschwingmaschine zur Bestimmung von Baustoffdämpfung — Bedeutung mechanischer Schwingungen für einen bestimmten Fall der Hochfrequenztechnik — Kritik der bekannten Schwingungsmeßverfahren — Forschungsaufgaben der Raumakustik — Durchlässigkeit von Luftschall und einige Fragen der Raumakustik — Neuere Schallmeßverfahren.

Die Kondensatwirtschaft bei Dampfkraft-Landanlagen als Grenzgebiet der Wärmetechnik. Von Hans Balcke. München und Berlin 1927, R. Oldenbourg. 219 S. m. 135 Abb. Preis 11,50 *M.*

Aus dem Inhalt: Mischkondensation — Oberflächenkondensation — Dauernde Reinhaltung der Kühlfläche von Oberflächenkondensatoren — Erzeugung des Zusatzspeisewassers für Hoch- und Höchstdruckkessel aus der Abwärme von Oberflächen-Kondensationsanlagen — Wege zur Carnotisierung des Dampfkraftprozesses — Der günstigste Speisewasserkreislauf bei Dampfkraftanlagen — Verschiedene Möglichkeiten der Abwärmeverwertung bei Kondensationsanlagen.

Handbuch der anorganischen Chemie. 4. Bd., 1. Abt. 1. Hälfte: Die Elemente der sechsten Gruppe des periodischen Systems. Herausgeg. von Fr. Auerbach und I. Koppel. Leipzig 1927, S. Hirzel. 966 S. m. 61 Abb. Preis 64 *M.*

Aus dem Inhalt: Atomgewicht — Sauerstoff — Ozon — Schwefel und seine Verbindungen — Kolloidchemie des Schwefels — Atomgewicht von Selen — Selen und seine Verbindungen — Kolloidchemie des Selens — Atomgewicht von Tellur — Tellur und seine Verbindungen — Kolloidchemie des Tellurs — Polonium.

Schweizerischer Verein von Dampfkessel-Besitzern, 58. Jahresbericht 1926. St. Gallen 1927, Zollikofer & Cie. 156 S. m. Abb. Preis 7 Schw. Fr.

Kraft- und Wärmewirtschaft in der Industrie. 1. Bd. Von Ernst Reulinger und M. Gerbel. Berlin und Wien 1927, Julius Springer. 264 S. m. 109 Abb. Preis 16,50 *M.*

Der Kranbau. Ergänzungsband zur 2. Aufl. Bearbeitet von R. Dub. Wittenberg, Bez. Halle, 1927, A. Ziemsen. S. 513 bis 765 m. Abb. 623 bis 762. Preis 16 *M.*

Die Wassersperrarbeiten bei Bohrungen auf Erdöl. Von B. Schwaiger. Berlin 1927, Julius Springer. 107 S. m. 53 Abb. Preis 9 *M.*

Fließarbeit in der Abrechnung der Betriebs- und Hauptbuchhaltung. Erl. v. Hermann Reisberg. Stuttgart 1927, Taylorix Organisation G. m. b. H. 16 S. Preis 1,50 *M.*

Costruzioni elettromeccaniche. Von E. Morelli. Vol. ... Sez. 2 a. — Applicazioni ellettromeccaniche. Torino 192.. Unione Tip.-Editrice Torinese. S. 1233 bis 1408 m. Abb. 1281 bis 1440. Preis 30 L.

Technologie der Textilfasern. Herausgeg. von R. O. Herzog. 2. Bd. 1. T.: Die Spinnerei. Von A. Lüdicke. Berlin 1927, Julius Springer. 268 S. m. 440 Abb. Preis 28 *M.*

Die Preisermittlung der Zimmererarbeiten und ihre technisch-kaufmännischen Grundlagen. Von Hugo Bronneck. Wien 1927, Julius Springer. 87 S. m. 51 Abb. Preis 4,80 *M.*

Lebende Bücher: **Mathematische Hilfsmittel für Techniker.** Formeln und andere Gesetzmäßigkeiten der Differential- und Integral-Rechnung. Von A. Deckert u. E. Rother. Wittenberg, Bez. Halle, 1927, A. Zimsen. 254 S. m. 54 Zeichn. Preis 7,50 *M.*

Lebende Bücher: **Mathematische Hilfsmittel für Techniker.** Formeln und andere Gesetzmäßigkeiten der analytischen Geometrie. Von A. Deckert u. E. Rother. Wittenberg, Bez. Halle, 1927, A. Ziemsen. 128 S. m. 20 Zeichn. Preis 4,50 *M.*

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES
DEUTSCHER INGENIEURE
SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS

D. 71 SONNABEND, 20. AUGUST 1927 NR. 34

Selbsttätige Feuerungsreglung

Von Th. Stein, Berlin

Vorgetragen in der Fachsitzung „Dampftechnik" der 66. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure, Mannheim-Heidelberg 1927

Beurteilung der zweckmäßigsten Betriebsweise nach den Kennlinien des Kessels. Notwendige Empfindlichkeit der Feuerungsregler. Anordnungen von Reglern für Luft und Kohle. Luftüberschußreglung durch Rauchgasprüfer. Betriebsergebnisse. Einfluß der Reglereinstellung auf die Speicherwirkung des Kesselwasserraumes. Zusammenarbeiten von Feuerungsreglern mit Wärme- und Gasspeichern. Gemeinsame Reglung von Hochdruck- und Niederdruck-Kesselanlagen. Reine Hochdruckanlagen mit Regelspeichern oder Schnellreglern. Reglung von Kraftmaschinen und Kesseln durch gemeinsame Hauptsteuerwerke.

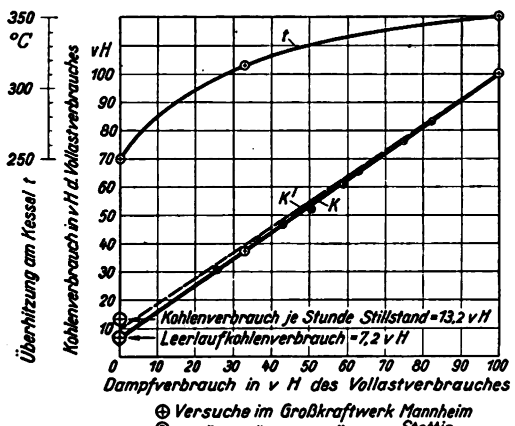
n den letzten zwei Jahren sind in Deutschland etwa 20 Betriebe dazu übergegangen, Feuerungen selbsttätig zu regeln und etwa 50 Dampfkessel mit ierungsreglern auszurüsten. Dabei handelt es sich ht um Großkessel, die solche Regler brauchen, weil h sie im Handbetrieb kaum mehr beherrschen könnte; lmehr war für die Einführung der selbsttätigen Reung das Bestreben maßgebend, schon bei kleinen sseln bis zu 300 m² Heizfläche im Dauerbetrieb Wirgsgrade zu sichern, die sonst nur bei Paradeversuchen eicht werden. Unter dem Zwang, Regler für kleine ssel zu schaffen, hat man die Bauarten der Regler welich vereinfacht und die Zahl der Regler sowie der egelten Kesselteile beschränkt.

Verhalten der Kessel bei Teillasten

Über die zweckmäßigste Betriebsweise der geregel- Kessel entscheiden Kennlinien für verschiedene Beungen im Beharrungszustand, s. Abb. 1. Trägt den Kohlenverbrauch in Abhängigkeit von der npferzeugung auf (unter Umrechnung auf normalen rmeinhalt des Dampfes und normalen Heizwert der hle), so erhält man mit großer Annäherung eine ade Linie, abgesehen von den Werten für Überlast, hier nicht aufgenommen wurden. Bemerkenswert ist, die Werte für beide Kessel vollkommen übereinstimn, und daß sich hier auch der Leerlaufbetrieb, der e ganze Nacht lang durchgeführt wurde, genau in Kennlinie einfügt. Das Kennzeichen der Kessel ist Leerlaufverbrauch von 7,2 vH. Aus zahlreichen Verhen am Mannheimer Kessel ergaben sich ferner Stillndverluste durch Anheizkohle und die nach Praerius[1]) bestimmte Einlaufkohle, die für je 1 h Stillnd 13,2 vH der bei Vollast verbrauchten Kohlenmenge rägt.

Danach wäre es am zweckmäßigsten, bei Verwenng von Reglern alle Kessel parallel zu betreiben, statt zelne Kessel stillzulegen, um den Stillstandverbrauch rch den geringeren Leerlaufverbrauch zu ersetzen[2]). r Stillstandverbrauch läßt sich aber durch Verminrung der inneren Auskühlung verringern; demgegenler steigt der Kohlenverbrauch bei Leerlauf auf den r Linie *K'*, weil die Überhitzung *t* abnimmt, und wenn an den dann eintretenden Mehrverbrauch der Maschinen Dampf in Rechnung zieht, so kann der Leerlauf mehr ohlen kosten als der Stillstand, also das Stillsetzen wirthaftlich erscheinen.

Es ist aber noch eine dritte Betriebsart durchführbar. legt, wie beim vorliegenden Kessel, der Leerlaufverauch genau auf der Kennlinie, dann ist es am wirtschaftlichsten, bei sinkender Last einzelne Kessel auf Leerlauf zu bringen und die übrigen Kessel mit hoher Last und voller Überhitzung zu betreiben. Man kann auch die Belastung der Kessel auf einen Mindestwert begrenzen, wenn die Feuerung keinen eigentlichen Leerlaufbetrieb zuläßt oder wenn bei ganz kleinen Lasten die Kennlinie *K* von der Geraden nach oben ausbiegt. Während man die schädlichen Wirkungen der verminderten Überhitzung durch richtigen Betrieb der geregelten Kessel beseitigen kann, bringt man bei neuen Kesseln den Überhitzer näher an den Feuerraum heran, wobei man durch Hintereinanderschalten von Strahlungs- und Berührungsüberhitzern bei allen Belastungen praktisch gleichbleibende Überhitzung erzielt[3]).



⊕ Versuche im Großkraftwerk Mannheim
◉ „ „ „ Stettin
K' = Berichtigter Kohlenverbrauch bei Berücksichtigung des Mehrdampfverbrauches durch Rückgang der Überhitzung t

Abb. 1
Teillastversuche mit Wanderrost-Kesseln von 600 m²

Zweck der Feuerungsreglung ist, der im Beharrungszustand aufgenommenen Kennlinie *K* möglichst nahezukommen; das wird durch Ausschalten der groben und verspäteten Handeinstellung erreicht, deren Fehler besonders bei Teillast und Leerlauf stark ins Gewicht fallen. Es ist deshalb zweckmäßig, die erreichten Mittelwerte von Kohlenverbrauch und Dampferzeugung bei ungeregeltem und bei fortschreitendem selbsttätigen Betrieb fortlaufend in ein Schaubild einzutragen, um festzustellen, wie weit man sich den Verhältnissen bei Beharrungszustand genähert hat. Der Vergleich der Kesselwirkungsgrade gibt keinen genügenden Anhalt, da man daraus

[1]) „Archiv für Wärmewirtschaft" Bd. 6 (1925) S. 29, 285, Bd. 7 (1926) 18, 77.

[2]) Stein, Reglung und Ausgleich in Dampfanlagen, S. 145, Berlin 1926, Julius Springer.

[3]) Münzinger, Dampfkesselwesen in den Vereinigten Staaten von Amerika, Berlin 1925, S. 12.

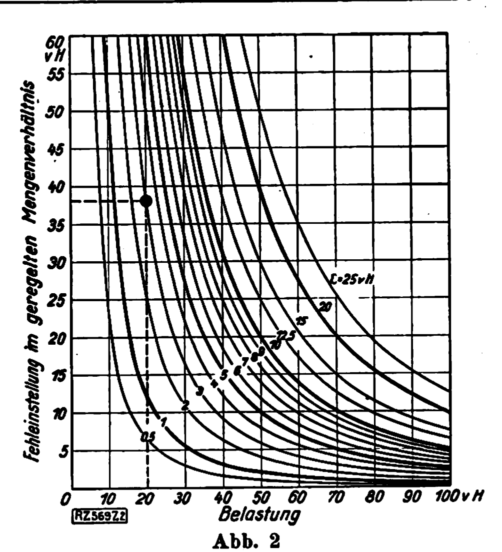


Abb. 2
Fehleinstellung durch die Reglerunempfindlichkeit ε bei Mengenreglung durch Druckabfall

nicht erkennt, ob eine gegebene Verbesserung auf höheren Belastungsfaktor oder auf wirtschaftlicheren Betrieb zuzurückzuführen ist.

Bei Rostfeuerung kann der geregelte Betrieb bei Teillast infolge des geringen Luftüberschusses und des Wärmestaus bei Rückgang der Belastung die Roste zum Glühen bringen, was durch eine Rostkühlung verhindert werden muß. Hierfür hat sich das Bespritzen der Roste mit Wasser von unten her im allgemeinen bewährt, wenn die Wassermenge richtig bemessen wird. Roučka läßt den Spritzdüsen ständig eine geringe Wassermenge zufließen, damit sich die Düsen nicht verstopfen, während zum Spritzen in regelmäßigen Zeitabständen ein kräftiger Wasserzustrom freigegeben wird. Die Länge der Zeitabstände wird der Belastung angepaßt. Bei der Feuerungsreglung AEG-Askania wird Druckluft gegen den Rost geblasen und der Luft je nach der Belastung mehr oder weniger Wasser zugemischt.

Merkmale der Feuerungsregler

Beim Regeln von Feuerungen müssen die Regler bedeutend höhere Anforderungen erfüllen als bei anderen Regelaufgaben. Wasserstände kann man auch bei großen Wassermengen regeln, indem man Schwimmer und Ventil unmittelbar verbindet, die Geschwindigkeit von Kraftmaschinen und die von Ventilen eingestellten Dampfdrücke dagegen bei größeren Leistungen nur mittels einer Hilfskraft; noch schwieriger ist es, bei den Feuerungen die Mengen von Dampf, Luft und Kohle selbsttätig in Übereinstimmung zu bringen. Man mißt diese Mengen mit Hilfe von Drücken und Druckunterschieden, die quadratisch mit den Mengen zunehmen. Deshalb werden die Meßgrößen bei kleiner Last sehr klein und die verfügbaren Regelkräfte sehr gering. Der kleinste Mangel an Empfindlichkeit der Regler hat dann bei kleiner Last große Fehler im Mengenverhältnis zur Folge. Beträgt die Unempfindlichkeit nur 3 vH des Meßdruckes für Vollast (z. B. 3 vH von 20 mm W.-S. oder 0,6 mm W.-S.), so entsteht bei einer Belastung von 20 vH ein Fehler von 38 vH, s. Abb. 2. Der Bau von Reglern von geringer Masse und hoher Empfindlichkeit hat aber ermöglicht, mit einfachen Mitteln und bei kleinen Abmessungen hohe Genauigkeit zu erreichen. Dieser Erfolg war die wichtigste Voraussetzung für die allgemeine Einführung der selbsttätigen Feuerungsreglung, zeigt aber auch, daß man nicht jede Reglerart ohne weiteres für diesen Zweck benutzen kann.

Während z. B. beim Geschwindigkeitsregler die Fliehkraft den Muffenhub verstellt und die Muffe über das Gestänge mit dem Hub von Druckreglern verbindet, vermeidet man bei den Feuerungsreglern diese Zwischenglieder und benutzt eine unmittelbare Kraftverbindung zwischen der regelnden und der zu regelnden Größe (z. B. Dampfdruck und Kesselzug), Abb. 3. Damit nicht schon die geringste Kraftänderung auf einer Seite des Reglerkolbens a den Steuerschieber d in die Endlage drückt und ein Überregeln entsteht, ist eine Ölbremse f zwischen Steuerschieber und Kraftzylinder e geschaltet. Bei amerikanischen Bauarten ist diese Ölbremse ebenso groß wie der Kraftzylinder. Roučka ist es gelungen, die Empfindlichkeit des Reglers zu erhöhen und die Abmessungen der Ölbremse zu verkleinern; bei seinem Regler ist die sonst notwendige Verbindung zwischen Regler und Kraftzylinder dadurch ersetzt, daß statt des Kraftzylinders nur dessen Steueröl auf die Ölbremsen wirkt. Rechnerisch kann nachgewiesen werden[4]), daß man die Ölbremse vollwertig durch eine Feder g, Abb. 4, ersetzen kann, die der Bewegung des Steuerschiebers entgegenwirkt. Diese Anordnung wird beim AEG-Askania-Regler verwendet.

Umfang der Reglung

Die Regelung der Luftzufuhr nach Maßgabe der Belastung ist der erste Schritt zum selbsttätigen Betrieb einer Feuerung. Mit dieser einfachsten Regelung hat man bei Rostfeuerungen gute Erfahrungen gemacht. Die schwierige Doppelaufgabe des Heizers, gleichzeitig der Belastung nachzukommen und für gute Verbrennung zu sorgen, entfällt, seine Tätigkeit beschränkt sich [illegible] schließlich darauf, die Kohlenzufuhr nach dem wirtschaftlichsten Luftüberschuß einzustellen. Da der Regler bei jeder Änderung der Belastung die Luftzufuhr sofort verstellt, also viel schneller und häufiger, als wenn man die Rauchgasklappe mit der Hand bedient, so hat es sich als zweckmäßig erwiesen, den Heizer durch ein Meßgerät zu unterstützen, das augenblicklich jede Änderung der Verbrennung anzeigt. Diesem Zweck dienen nach dem Vorbild von Bailey Meßgeräte, die fortlaufend Dampfmenge und die zugehörige Luftmenge als Maßstab für den Luftüberschuß anzeigen. Die Anwendbarkeit dieser Meßgeräte setzt eine gute Speisewasserreglung voraus, damit nicht Unterschiede in der Dampfentwicklung infolge wechselnder Speisung Änderungen im Luftüberschuß vortäuschen.

Der Betrieb geregelter Kessel, die an eine gemeinsame Leitung angeschlossen sind, kann erschwert werden, wenn die Kessel ungleiche Brennstoffschichten oder Löcher im Feuerbett enthalten, die durch Unachtsamkeit des Heizers oder wechselnde Kohle entstehen. Man regelt oft die Kessel nach dem Dampfdruck der Sammelleitung auf gleiche Zugstärke $p_1 = p_2$, Abb. 5. Dann erhält das dünnere Feuerbett K_2 die größere Luftmenge, was die Unterschiede verstärkt. Es ist deshalb besser, auf gleiche Druckunterschiede $\Delta p_1 = \Delta p_2$ hin zu regeln, Abb. 6. Die Rauchgasklappen b stellen sich dann so ein, daß sich die Luft auf beide Kessel stets gleichmäßig verteilt.

[4]) Stein, a. a. O. S. 245.

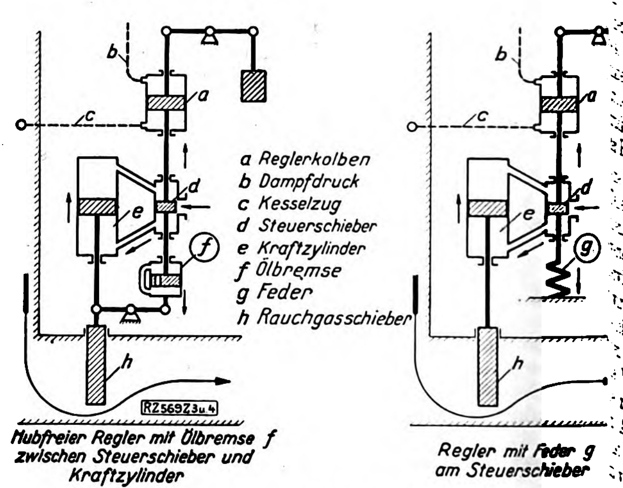


Abb. 3 und 4
Mittelbare Regler mit Kraftverbindung zwischen den Meßgrößen (z. B. Dampfdruck und Kesselzug)

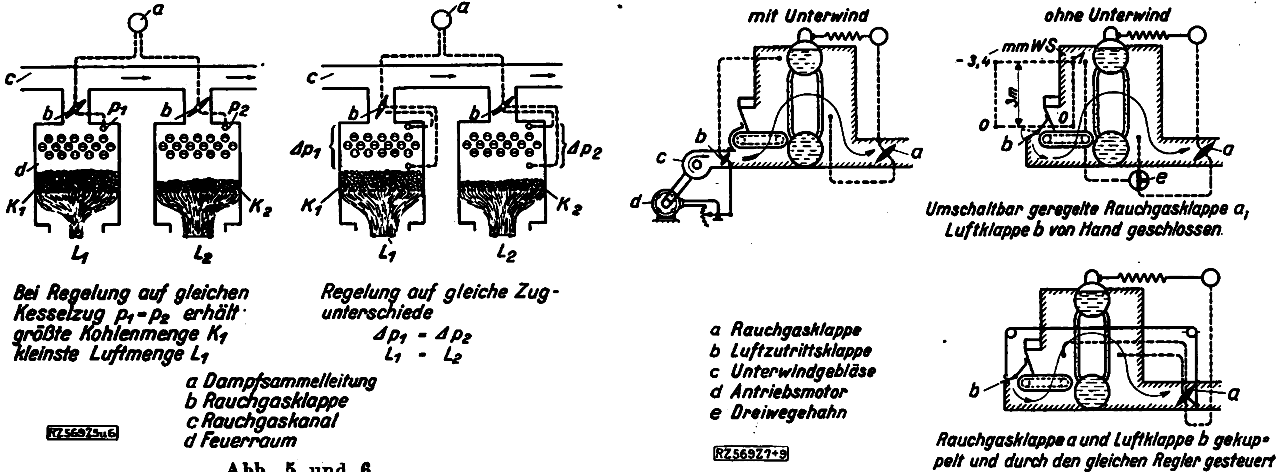


Abb. 5 und 6
Reglung der Luftzufuhr von Dampfkesseln nach der Belastung

Abb. 7 bis 9
Reglung von Luftzutrittklappen

Außer der Rauchgasmenge im Fuchs muß oft der Luftzutritt zur Feuerung geregelt werden. Bei Unterwind ist es zweckmäßig, die Unterwindklappe so zu steuern, daß der Unterdruck im Feuerraum wenige Millimeter W.-S. beträgt, und Unterwindklappe sowie Motorwiderstand mit dem gleichen Kraftzylinder zu kuppeln, Abb. 7. Das Drosseln der Luftzufuhr ist auch bei Feuerungen ohne Unterwind erforderlich, wenn die Last klein ist. Infolge der hohen Temperatur ist das Gewicht der Luftsäule über dem Kessel kleiner als das Gewicht der entsprechenden Säule der kalten Außenluft. Bei Druckgleichheit auf der Höhe des Rostes, s. Abb. 8, ist deshalb oben im Kessel der Druck höher als der Außendruck auf gleicher Höhe. Dieser Überdruck, der rd. 0,8 mm für 1 m Höhe beträgt, treibt die Rauchgase in das Kesselhaus, wenn der Rost nicht verschalt und der Luftzutritt mit Hilfe der Klappe *b* so gedrosselt wird, daß auch bei kleiner Last über dem Rost genügender Unterdruck herrscht.

Man hat bisher einen besonderen Unterdruckregler zum Steuern dieser Luftklappe verwendet. Für kleine Anlagen benutzt Roučka einen Regler, Abb. 8, der die Rauchgasklappe entweder nach dem Dampfdruck oder nach dem Unterdruck im Feuerraum regelt. Der Regler stellt bei hoher Last den Kesselzug nach dem Dampfdruck ein, wobei die Luftklappe *b* ganz offen steht; bei Übergang auf kleine Last schließt man mit der Hand die Luftklappe und schaltet den Regler so um, daß er gleichbleibenden Unterdruck im Feuerraum einstellt. Die Anwendung eines zweiten Reglers für die Luftklappe erübrigt sich auch, wenn man Luftklappe und Rauchgasklappe durch einen Seilzug verbindet, Abb. 9, und die Rauchgasklappe so regelt, daß der Druckunterschied zwischen zwei Punkten des Rauchgasstromes gleichbleibt; der bei dieser groben Einstellung der Luftklappe veränderliche Unterdruck bleibt dann ohne Rückwirkung auf die Steuerung der Rauchgasklappe.

Als allgemeine Richtlinie kann gelten, daß es zulässig ist, alle Teile zu kuppeln und durch den gleichen Regler einzustellen, von denen das genaue Einhalten eines Zwischenwertes (z. B. des Druckes im Feuerraum hinter dem Unterwind- oder vor dem Saugzuggebläse) nicht gefordert wird; dagegen braucht man besondere Regler für alle solche Teile, die ein bestimmtes Mengenverhältnis einhalten müssen (z. B. das für den Luftüberschuß maßgebende Verhältnis Luft : Kohle). Verbindet man Klappen, die zur Feinreglung dienen, mit Regelwiderständen von Antriebsmotoren (z. B. beim Unterwindgebläse), so ist es zweckmäßig, die Verbindung mit Zwischenfedern zu versehen, die zusammengedrückt werden müssen, ehe der Regelwiderstand verstellt wird; man vermeidet dadurch, daß der Regelwiderstand zwischen zwei benachbarten Kontakten pendelt. Aus örtlichen Gründen kann es sich empfehlen, bei großen Kesseln auch noch mehr getrennte Regler anzubringen.

Die Reglung der Kohlenzufuhr hat sich als Ergänzung der selbsttätigen Einstellung der Luftzufuhr gut bewährt. Der Heizer wird von der Arbeit des ständigen Nachstellens entlastet, die bei selbsttätiger Reglung der Luftzufuhr häufiger als beim reinen Handbetrieb auftritt, zumal die Rostgetriebe nur grob einstellbar sind; bei allen Belastungen, die zwischen zwei Schaltstufen des Getriebes liegen, pendelt die Rostgeschwindigkeit dauernd zwischen der höheren und der tieferen Schaltstufe.

Wesentlich vereinfacht werden solche Regler durch Anwendung von Gebläsen und Ölpumpen, die statt der Fliehkraftregler die Drehzahl der Antriebsmotoren der Roste oder der Kohlenstaub-Förderschnecken als Maß für die zugeführte Kohlenmenge beeinflussen. Bei der Schaltung nach AEG-Askania, Abb. 10, bestimmt der Belastungsregler *b* die Spannung der Steuerdynamo *d*, die die Antriebsmotoren *f* der Roste und den Antriebmotor eines Rückführgebläses *g* versorgt. Der Belastungsregler bringt so den Druck der Sammelleitung mit dem Unterdruck oder der Drehzahl des Meßgebläses *h*, also Dampfbedarf mit Kohlenzufuhr, in Übereinstimmung. Jede Rauchgasklappe steht ferner unter dem Einfluß eines Reglers, auf den der Unterdruck des Gebläses *h* und die Rauchgasmenge wirken; dadurch wird der Kohle die richtige Luftmenge zugemessen, gleichviel, ob sich die Kohlenmenge infolge eines Wechsels der Gesamtbelastung oder dadurch ändert, daß die Last mit Hilfe der Regelwiderstände *l* auf die einzelnen Kessel anders verteilt wird.

In der Regel läßt der Heizer das Feuer vor einer starken Lastabnahme, z. B. vor einer Mittagspause, zurückgehen, ehe der Dampfverbrauch sinkt. Durch Eingriff in die Reglung der Steuerdynamo mit der Hand oder mittels eines Uhrwerks kann man diese Einschränkung der Kohlenzufuhr für alle Kessel gemeinsam einleiten.

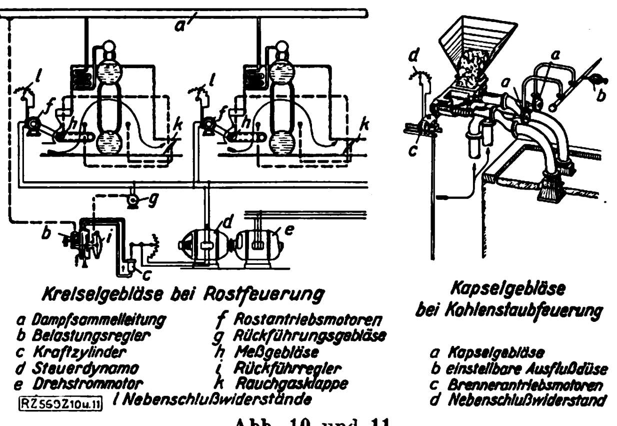
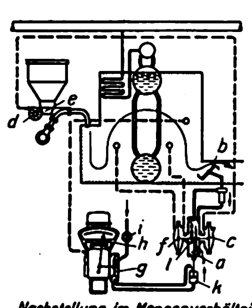


Abb. 10 und 11
Feuerungsreglung. Erfassung der Kohlenmenge durch Meßgebläse

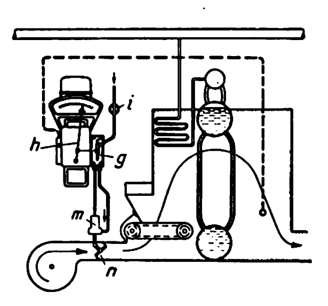
Bei Kohlenstaubfeuerungen, Abb. 11, verbindet man mit jeder Förderschnecke je ein Kapselgebläse *a*, leitet die gesamte von dem Gebläse geförderte Luft über einen Staurand *b* und überträgt den Druck vor dem Staurand auf den Regler. Für niedrige Drehzahlen, also unmittelbare Kupplung mit der Förderschnecke, verwendet man Kapselpumpen mit Ölförderung. Da sich die Luftzufuhr bei Verwendung von Kraftzylindern mit kurzer Schlußzeit schnell nach dem Meßdruck der Gebläse einstellt, entsteht auch bei starken Änderungen der Belastung weder bei steigender noch bei fallender Last ein schädlicher Luftmangel; Maßnahmen zum Schutz gegen Rauchentwicklung, wie bei amerikanischen Reglern, sind also bei dieser Schaltung nicht notwendig.

In kleineren vorhandenen Anlagen, für die sich die Aufstellung von Steuerdynamo oder Gleichrichter zum Parallelregeln der Motoren nicht lohnt, und bei denen nicht genug regelbare Einzelmotoren zur Verfügung stehen, kann man die Antriebsmotoren oder die Stufen der Feuerungen mittels geregelter Kraftzylinder in regelmäßigen Zeitabständen ein- und ausschalten, Abb. 12. Das Meßgebläse *d* speist hier einen Speicherbehälter *e* mit unveränderlicher Auslaßöffnung. Der Druck in diesem Behälter ändert sich auch bei plötzlicher Änderung der Gebläsedrehzahl nur allmählich; er bietet also einen Maßstab für den Mittelwert der geförderten Kohlenmenge. Nach diesem Mittelwert stellt der Regler in längeren Zeitabständen durch Umschalten des Getriebes *b* die Kohlenzufuhr ein.

Besonders bei Kohlstaubfeuerungen ist die Antriebsdrehzahl der Förderschnecken kein genügend genauer Maßstab für die Kohlenmenge; außerdem erfordert wechselnde Kohlenbeschaffenheit eine Veränderung im Mengenverhältnis von Luft und Kohle. Die hiernach notwendige L u f t ü b e r s c h u ß r e g e l u n g als letztes Glied in der Verfeinerung des selbsttätigen Betriebes hat die Einführung der Rauchgasprüfer bei den deutschen Reglern bedeutend vereinfacht. Bei der Bauart AEG-Askania, Abb. 13, für Anlagen mit veränderlicher Belastung verstellt der Ranarex-Rauchgasprüfer mittels eines kleinen Kraftzylinders *k* das Mengenverhältnis von Kohle und Luft, das der Regler *a* durch Steuerung der Rauchgasklappe *b* der Belastung anpaßt, indem er in jedem Augenblick die Drehzahl des Antriebsmotors der Feuerung und die Rauchgasmenge in Übereinstimmung bringt. Der Anzeigeverzögerung des Ranarex-Reglers wird durch einen Zeitsteuerhahn *i* begegnet, der den Zufluß des Öls zum Strahlrohr *g* nur etwa alle 2 min für wenige Sekunden freigibt. Proportional der Verstellung des Schiebers *l* ändert sich das geregelte Mengenverhältnis. Der Verstellweg des Getriebes ist aber dem Strahlrohrausschlag, d. h. der Abweichung des CO_2-Gehaltes der Rauchgase, proportional und so abgestimmt, daß jede Änderung des CO_2-Gehaltes mit der ersten Verstellung des Schiebers beseitigt wird. Die Genauigkeit der CO_2-Reglung beträgt ± 0,5 vH.



Nachstellung im Mengenverhältnis von Kohle und Luft durch Ranarex-Rauchgasprüfer bei Kohlenstaubfeuerung

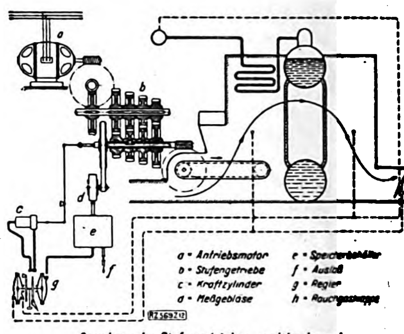


Unmittelbare Regelung der Unterwindklappe durch Ranarex-Rauchgasprüfer bei Kesseln mit gleichmäßiger Belastung

a Verhältnisregler
b Rauchgasklappe
c von der Brennerdrehzahl beeinflußter Regler
d Meßgebläse
e Brenner
f Rückführregler
g Strahlrohr
h Zeiger des Ranarex-Gerätes
i Zeitsteuerhahn
k Hilfskraftzylinder
l Stellschieber
m Kraftzylinder
n Unterwindklappe

RZ 569 Z 13 u. 14

Abb. 13 und 14
Rauchgasprüfer-Reglung



Regelung des Stufengetriebes von Wanderrosten nach dem Mittelwert der Fördergeschwindigkeit

Abb. 12
Reglung des Stufengetriebes von Wanderrosten nach dem Mittelwert der Fördergeschwindigkeit

Die Regelung mittels Rauchgasprüfers bietet die Möglichkeit, selbsttätigen Betrieb mit geringen Anlagekosten in Werken anzuwenden, die annähernd gleichbleibende Last haben. Da es sich hier nicht lohnt, die Belastung aller Kessel selbsttätig zu regeln, so genügt es, einen einzigen Regler aufzustellen, der umschaltbar den Betrieb des jeweiligen Spitzenkessels beeinflußt. Alle anderen Kessel werden mit gleichbleibender Vollast betrieben und erhalten Rauchgasprüfer, die unmittelbar eine Luft- oder eine Rauchgasklappe steuern, s. Abb. 14.

Betriebsergebnisse

Die Kohlenersparnisse entstehen beim selbsttätigen Betrieb dadurch, daß die Verzögerungen und Ungenauigkeiten der Handreglung beseitigt werden; sie können bei Anlagen mit 24stündigem Betrieb noch dadurch steigen, daß auch die Stillstandverluste entfallen. Es ist wichtig, zu prüfen, ob Ersparnisse nur vorübergehend infolge der erhöhten Aufmerksamkeit eintreten, die man bei Einbau der Regler dem Kesselbetrieb zuwendet, oder ob die Regler Gewähr für dauernde Wirtschaftlichkeit bieten. Hierüber wurden Betriebsergebnisse in Anlagen ermittelt, die schon lange mit Feuerungsreglern arbeiten.

Die Zusammenstellung dieser Ergebnisse, Abb. 15 zeigt dauernde hohe Ersparnisse. Die Anlage in Wetzlar ist mit Roučka-Reglern versehen, die die Luftzufuhr einstellen; ein Dauerversuch des Kesselüberwachungsvereins ergab bei sehr stark schwankender Belastung einen Kesselwirkungsgrad von 82,4 vH. Die besonders hohe Kohlenersparnis im Monat April ist darauf zurückzuführen, daß in diesem Monat alle, in den späteren Monaten dagegen wegen Kesselreinigung nur etwa 75 vH der Kessel selbsttätig geregelt wurden. Die Anlage in Kassel die ohne die Rauchgasvorwärmer einen Betriebswirkungsgrad von 78 vH ergab, und die Anlage in Darmstadt arbeiten beide mit AEG-Askania-Reglern, die Luft- und Kohlenzufuhr einstellen. Trotz des zehnstündigen Betriebes, also ohne Verminderung der Stillstandverluste erreichten die Ersparnisse etwa 15 vH.

Bemerkenswert sind ferner Vergleichsversuche von O b e r b e c k[5]), bei denen an aufeinanderfolgenden Tagen der gleiche Kessel mit und ohne Regler arbeitete und der Heizer bemüht war, sein Bestes zu leisten. Die Ersparnisse bei Reglerbetrieb betrugen 11 vH; ein Vergleich der Monatsdurchschnitte mit denen des Vorjahres ergab jedoch Ersparnisse von 15 bis 20 vH. Man muß also stufenweise unterscheiden zwischen Beharrungswirkungsgrad und Betriebswirkungsgrad bei selbsttätiger Reglung, bei bester Handreglung während eines Versuches und bei gewöhnlichem Betrieb.

Bisher ist nicht festgestellt worden, daß beim Betrieb mit Reglern weniger Heizer gebraucht werden; dagegen verminderten sich die Kosten der Instandsetzung von Rostfeuerungen dadurch, daß das Mauerwerk geschont wird.

Speicher und Feuerungsregler

Das Speichervermögen des K e s s e l w a s s e r r a u m e s läßt sich durch Feuerungsregler ausschalten oder planmäßig ausnutzen. es kann aber den Regelvorgang auch erschweren. In Abb. 16 ist wagerecht der Widerstand der Dampfströmung vom Kessel *a* durch d

[5]) „Die Wärme" Bd. 49 (1926) S. 863.

Überhitzer b und die Sammelleitung c nach der Entnahmestelle d des Regeldruckes dargestellt. Der Regler ist so eingestellt, daß er beim Abfall des Drucks der Vollast-Dampfmenge den Kessel auf vollem Druck erhält. Der Ungleichförmigkeitsgrad δ des Reglers ist dem Druckabfall δ_a gleich, und der „Gleichdruckpunkt" entsteht, im Kessel, Fall I. Die strichpunktierte Linie stellt dann den „Solldruck" bei der Dampfmenge (also auch beim Druckabfall) null dar, die ausgezogene Linie den Druckverlauf bei Vollast, die gestrichelten Linien entsprechen den Zwischenlasten. Wird dagegen der Ungleichförmigkeitsgrad kleiner, Fall II, so daß der Regler schon bei geringerem Druckabfall die Vollastdampfmenge einstellt, dann verschiebt sich der Gleichdruckpunkt in die Rohrleitung. Man sieht in Abb. 16, daß sich am Kessel bei Vollast (ausgezogene Linie) ein höherer Druck einstellt als bei Nullast (strichpunktierte Linie). Um den Kessel auf höhere Leistung zu bringen, muß man also außer dem gesteigerten Wärmebedarf zusätzlich Wärme für die Drucksteigerung im Kessel aufwenden. Die häufig gestellte Forderung, daß der Druck nicht im Kessel, sondern in der Sammelleitung konstant bleiben soll, führt also zu einem „Überregeln", da die Feuerung nicht nur den gesteigerten Wärmebedarf, sondern darüber hinaus noch Wärme für die Drucksteigerung liefern muß, was besonders bei den trägen Rostkesseln unzweckmäßig ist. Dagegen wird durch Erhöhung des Ungleichförmigkeitsgrades die Feuerung entlastet, Fall III. Der Gleichdruckpunkt wandert „über den Kessel hinaus" und beim Übergang von Nullast auf Vollast sinkt der Kesseldruck, wobei ein Teil des gesteigerten Wärmebedarfes aus dem speichernden Wasserraum geliefert wird. Fall IV zeigt ferner, daß durch Steigerung des Lastanteils der geregelten Kessel infolge des stärkeren Druckabfalls der Gleichdruckpunkt nach rechts rückt, wodurch die Kessel überregeln, daß sie dagegen bei einer Verminderung des Lastanteils speichern.

Diese Verhältnisse muß man beim Einstellen der Regler im Auge behalten und gegebenenfalls größere Unterschiede im Strömungswiderstand des Dampfes aus verschiedenen Kesseln durch Absperrteile oder Druckregler beseitigen.

Um den Einfluß des Ungleichförmigkeitsgrades des Reglers allgemein darzustellen, nehmen wir einen sinusförmigen Verlauf der Belastung D an, Abb. 17; der Verlauf der geregelten Luftmenge ist dann die Linie L, wenn man einen Rostkessel mit einer Trägheit der Feuerung bei Änderung der Luftmenge (Luftanlaufzeit) von 60 s und einer Trägheit des Wasserraumes (Wasseranlaufzeit) von 600 s zugrunde legt[6]). Der Verhältniswert α der größten Ausschläge für verschiedene Dauer T der Belastung zeigt, daß an sich schon stärkere Schwankungen der Luftzufuhr erforderlich sind, um die Rostträgheit zu überwinden, Abb. 18. Versucht man aber, die Gleichdruckstelle nach der Sammelleitung hin zu verlegen, dann nehmen bei kurzen Schwankungen diese Ausschläge

[6]) Stein a. a. O. S. 217 und 220.

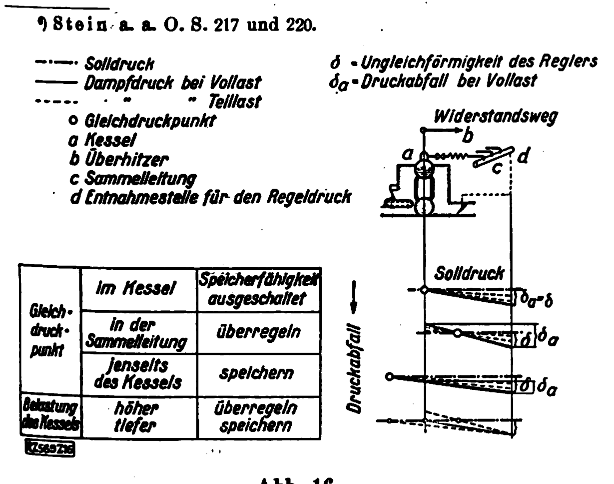


Abb. 16
Einfluß des Kesselwasserraumes auf die Feuerungsreglung. Überregeln und Speichern.

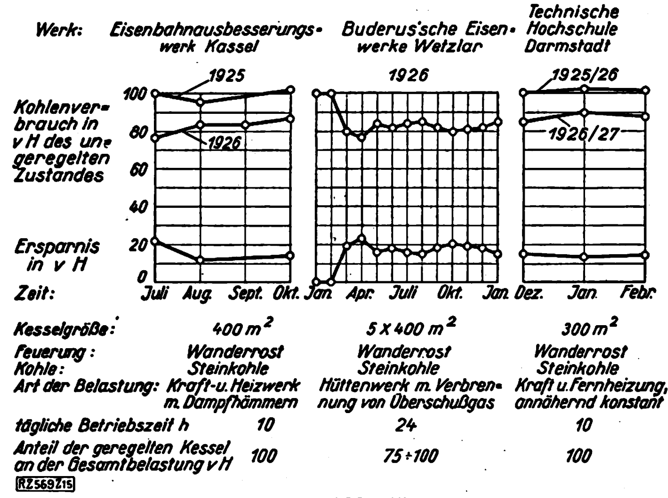


Abb. 15
Kohlenersparnisse durch Feuerungsreglung

in unzulässigem Maße zu, während das Speichern in vielen Fällen die Feuerung beruhigt. Der Einfluß des Speichervermögens des Wasserraumes nimmt ferner bei langdauernden Schwankungen ab.

Die Höhe des Solldruckes beeinflußt das Speichervermögen des Kessels nicht. Durch Abstimmen der Solldrücke von Kesselgruppen kann man aber wie beim Parallelbetrieb von Maschinen die Regler von Grundlastkesseln und Spitzenkesseln nacheinander zum Eingreifen bringen, Abb. 19. Damit der Druck der Spitzenkessel II bei hohen Belastungen wieder steigt, kann man die Belastung dieser Kessel in lineare Abhängigkeit zum Dampfdruck der Sammelleitung bringen, während sie sonst nach einem quadratischen Gesetz davon abhängt. Die Regler stellen einzelne Kessel auch ungewollt ab, wenn die Kessel mit Einzelreglern arbeiten, deren Solldruck ungenau eingestellt ist; man verhindert dies durch ein gemeinsames Hauptsteuerwerk oder durch elektrisches Parallelregeln der Kessel mit Hilfe einer Steuerdynamo.

Das Speichern von Wärme in Kesseln durch Druckänderung oder auch durch Regeln der Speisung beschränkt sich auf Minuten. Bei der Entscheidung darüber, ob man

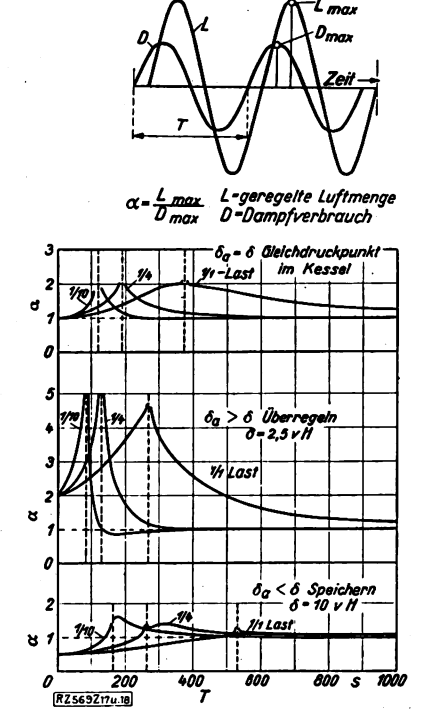


Abb. 17 und 18
Einfluß der Reglerungleichförmigkeit δ

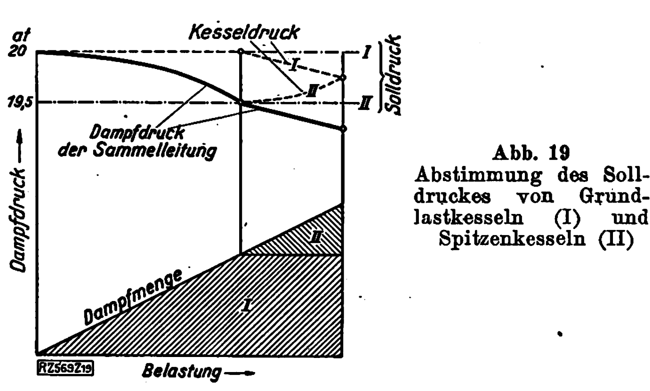


Abb. 19
Abstimmung des Solldruckes von Grundlastkesseln (I) und Spitzenkesseln (II)

zum Ausgleich von längeren Schwankungen Wärmespeicher oder Feuerungsregler anwenden soll, verdient der Wärmespeicher immer den Vorzug, wenn der Ausgleich ermöglicht, mit weniger Kesseln im Betrieb auszukommen. Die Anlagekosten und die Leerlauf- oder Stillstandverluste werden kleiner, was man bei Feuerungsreglern nicht erreicht. Gleicht der Wärmespeicher die Belastung vollkommen aus, dann bleibt für die Feuerungsregler nur die Aufgabe, z. B. mit Hilfe von Rauchgasprüfern den wirtschaftlichsten Luftüberschuß zu sichern.

In Großkraftwerken mit Lastspitzen ergibt sich eine natürliche Abgrenzung der Arbeitsgebiete von Wärmespeicher und Feuerungsreglern. Die höchsten Spitzen der Belastung kann man nur durch Ruths-Speicher ausgleichen, Abb. 20. Während die Ersparnisse durch den Ausgleich ausschließlich von der Höhe der Spitze abhängen, wachsen die Anlagekosten mit der Fläche der Belastungslinie in kWh. Deshalb bildet der Gleichdruckspeicher mit beschränkter Spitzenleistung, aber geringeren Anlagekosten für 1 kWh Speichervermögen, eine willkommene Ergänzung zum Ausgleich des breiteren Teiles der Lastspitze. Die Speicher werden in den Stunden geringer Last aufgeladen, zunächst der Ruths-Speicher, der bei Bedarf unbeschränkte Spitzenleistung abgeben und jeden Augenblick einspringen kann. Zwischenwerte der Belastung werden von den Feuerungsreglern beherrscht.

Im Schaltbild einer derartigen Anlage, Abb. 21, fließt das Kondensat über die Anzapfdampf-Vorwärmer *b*, von denen der zweite auf gleichbleibenden Druck geregelt wird. Eine weitere Erwärmung des Kondensats erfolgt im Rauchgasvorwärmer *d* und, parallel dazu, im Gleichdruckspeicher *f*. Der Verteilregler *i* sorgt in Verbindung mit den Stauscheiben *k* dafür, daß diese Teilströme immer im gleichen Verhältnis stehen. Bei Mittellasten arbeitet nur der Feuerungsregler V. Die Steuerventile II und IV des Ruths-Speichers sind geschlossen, und der Dampfdruckregler I, III der Steuervorrichtung *g* des Gleichdruckspeichers arbeitet mit totem Gang. Der Regler *g* steuert das Speiseventil *l* in der Weise, daß Zufluß und Ablauf des Speisewassers gleich sind; der Wasserspiegel bleibt also unverändert, und der Speicher wirkt als reiner Vorwärmer.

Überschreitet der Dampfdruck bestimmte Grenzen, dann öffnet sich das Ladeventil II des Ruths-Speichers, der Dampfdruckregler der Steuervorrichtung *g* erreicht seine Grenzlage, und durch verstärkte Speisung wird Dampf niedergeschlagen. Kann der volle Dampfüberschuß auch bei höchster Leistung der Speisepumpen nicht niedergeschlagen werden, so vermindern bei weiterem Steigen des Druckes die Feuerungsregler V die Kesselleistung, wie der Verlauf des Ladevorganges in Abb. 20 erkennen läßt. Dagegen öffnet sich bei zu niedrigem Dampfdruck das Entladeventil IV des Ruths-Speichers, und der Regler *g* schließt das Speiseventil, so daß sich der Gleichdruckspeicher entlädt.

In Abhängigkeit vom Dampfdruck der Sammelleitung kann man Feuerungsregler und Speicherregler durch ein gemeinsames Hauptsteuerwerk derart regeln, daß sie nacheinander in der richtigen Reihenfolge eingreifen. Die Art der Reglerabstimmung ergibt sich aus dem Verlauf der Dampfdrücke. Dabei ist konstanter Kesseldruck, also Beharrungszustand der Feuerung, vorausgesetzt. Die Speicher greifen aber auch bei jeder Störung des Wärmegleichgewichtes ein und entlasten dadurch die Feuerung.

Es ist zweckmäßig, zum Steuern der Speicher Regler ohne Ungleichförmigkeit (Gleichdruckregler) zu verwenden, damit beim Eingreifen der Speicher der Dampfdruck konstant bleibt und die Feuerungsregler unverändert ihre Stellung beibehalten. Man erreicht dies am einfachsten durch Beseitigung der Rückführung, was in vielen Fällen wegen der sogenannten „Selbstregelung" zulässig ist; nähere Angaben hierüber bleiben vorbehalten.

Feuerungsregler eignen sich auch dazu, Gasspeicher in Hütten und Zechen planmäßig auszunutzen, um längere Schwankungen des Dampfbedarfes von Rostfeuerungen fernzuhalten, die mit Abfallkohle beschickt werden. Das erleichtert die Aufgabe, den Dampfbedarf dieser Betriebe ausschließlich durch Überschußgas und Abfallkohle zu decken. Die Gaszufuhr zu einer Kesselgruppe steuert der Regler *c*, Abb. 22, nach dem Druck im Dampfnetz, wobei die Rückführung *d* durch die Gasmenge beeinflußt wird. Die Verteilung der Gasmenge auf einzelne Kessel regeln Handabsperrventile *b*. Jeder Kessel hat einen Gemischregler *e*, *f*, der der Gasmenge die richtige Luftmenge zuordnet. Bei unveränderter Stellung der Rauchgasklappe würden aber mit wechselnden Gasmengen, die dem Kessel zuströmen, auch veränderliche Luftmengen durch den Kessel gesaugt werden. Dies wird durch einen Regler *g* verhindert, der den Rauchgasschieber auf einen bestimmten Unterdruck im Feuerraum und damit auf eine bestimmte Luftströmung durch den Kessel einstellt. Der Regler *h* steht unter dem Einfluß des Gasdruckes und verstellt den geregelten Unterdruck und damit die Luftmenge entsprechend den langsamen Änderungen des Gasdruckes, so daß sich die Kesselleistung nur allmählich ändert. Eine dynamische Untersuchung ergibt, daß dieser Vorgang stabil verläuft, wenn die Anlaufzeit des Gasspeichers größer als die Anlaufzeiten von Feuerung und Wasserraum des Kessels ist.

Hochdruckanlagen

Die speichernden Wasserräume der heutigen Kessel bedingen eine Trägheit des Kesselbetriebes, die allein ermöglicht hat, die Vorgänge in der Feuerung mit der Hand zu regeln. Während die Schwungmassen einer Kraftmaschine in 10 bis 20 s anlaufen, beträgt die entsprechende Anlaufzeit eines üblichen Kessels 600 s, also 30- bis 60mal mehr. Da bei Hochdruckkesseln diese Speicherung fehlt, so ist hier die selbsttätige Reglung ebenso notwendig wie für die Reglung der Geschwindigkeit der Kraftmaschinen.

Eine Erleichterung des Betriebes, die für Hochdruckanlagen wichtig ist, gewinnt man durch die Feuerungsreglung für die Zwischenüberhitzer. Das Durchbrennen braucht man nur dann zu fürchten, wenn der Zustand der Feuer in den verschiedenen Kesseln ungleich ist; bei selbsttätiger Reglung der Kessel entfällt diese Schwierigkeit.

Bei der Aufstellung von Hochdruckkesseln, die zunächst noch mit Niederdruckkesseln zusammenarbeiten, kann man den wirtschaftlicher arbeitenden Hochdruck-

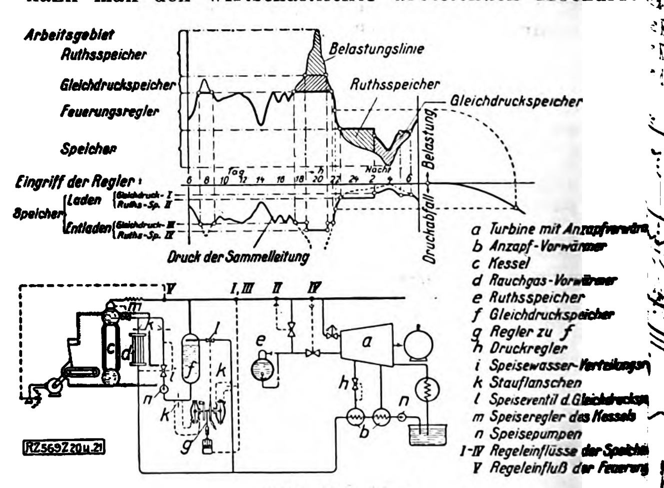


Abb. 20 und 21
Zusammenarbeiten von Feuerungsreglung mit Ruthsspeicher und Gleichdruckspeicher

esseln die Grundlast, den Niederdruckkesseln die Spitzen-
ıst zuweisen. Zweckmäßig regelt man dann alle Kessel
nd die Wärmespeicher gemeinsam durch ein Hauptsteuer-
erk, das an das Niederdruck-Dampfnetz angeschlossen ist.
ine solche Schaltung, Abb. 23, soll die neue Hochdruck-
nlage des Großkraftwerkes Mannheim erhalten.

Der Dampf der Hochdruckkessel *d*, für die im ersten
usbau noch ältere Bauarten in Aussicht genommen sind,
ird von der Vorschaltmaschine *c* aufgenommen, die
ittels Überströmreglung auf konstanten Hochdruck ein-
estellt wird. Alle Betriebschwankungen äußern sich in
ngsamen Druckänderungen im Niederdruck-Dampfnetz,
as die speichernden Wasserräume der Niederdruckkessel
ersorgt und von dem Kessel und Wärmespeicher mittels
er Regler I bis III gesteuert werden.

Bei höchster Belastung, also niedrigstem Druck, sind
e Feuerungsregler der beiden Kessel geöffnet, bei sin-
ender Last beschränkt der Feuerungsregler III die
ärmezufuhr der Niederdruckkessel, und erst, wenn diese
ne Mindestlast erreichen, vermindert bei einer wei-
ren Drucksteigerung der Regler I die Dampfleistung
r Hochdruckkessel. Nur wenn bei diesen Vorgängen
r vorgeschriebene Druckbereich nach oben oder unten
erschritten wird, greift der Verdrängungsspeicher *f*
it dem Regeleinfluß II ein. Der Regler *h* des Ver-
ängungsspeichers ist an zwei Stauflanschen *i* an-
schlossen und so eingestellt, daß gleiche Mengen von
eisewasser durch diese Flanschen strömen; die Speise-
assermenge, die durch die Maschine *b* vorgewärmt wird,
tspricht dann dem Bedarf der Kessel, und die Ladung
s Speichers bleibt unverändert. Werden dagegen die
rgeschriebenen Druckgrenzen überschritten, so weicht
r Stellschieber des Reglers *h* von der Mittellage ab,
daß größere oder kleinere Wassermengen vorgewärmt
rden, also der Verdrängungsspeicher *f* geladen oder
tladen wird.

Liegen die Niederdruckkessel zu gewissen Jahres-
iten ganz still oder sind sie überhaupt nicht vorhanden,
muß man den fehlenden Wasserraum durch einen Re-
lspeicher *g* ersetzen, der an das Niederdruck-Dampfnetz
geschlossen ist. Die Anlaufzeit des Regelspeichers muß
ermal größer sein als die Anlaufzeit der Hochdruck-
ssel (infolge der Trägheit der Feuerung oder der
asserräume), wenn die Regelvorgänge völlig aperi-
lisch verlaufen sollen.

Besonders zu beachten sind Verzögerungen des Re-
lvorganges, die beim Regeln von Einzelmühlen an
ohlenstaubfeuerungen entstehen. Der Zeitunterschied
rischen dem Verstellen der Kohlenzufuhr zur Mühle
d der Änderung der Verbrennung bedingt eine Ver-
ößerung des Regelspeichers, wie sich rechnerisch nach-
eisen läßt. Um dann die Luftzufuhr der verspäteten
ohlenzufuhr anzupassen, kann man sie mittels einer Öl-
emse verzögern, was im Elektrizitätswerk Mark unter
nwendung von Arca-Reglern durchgeführt wurde, oder
urch Uhrwerk oder Kraftgetriebe mit langer Schlußzeit
e Luftzufuhr der Kohlenzufuhr anpassen. Jede Ver-
gerung erschwert den Betrieb geregelter Hochdruck-

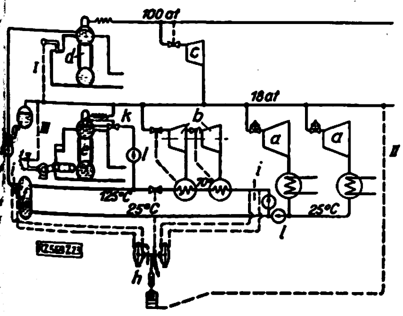


Abb. 23
Reglung von Feuerungen und Verdrängungsspeicher bei gemischter Hochdruck- und Niederdruck-Dampfanlage

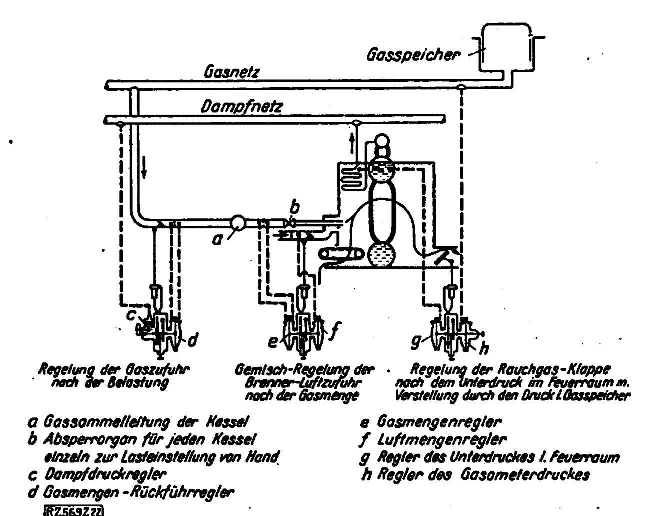


Abb. 22
Reglung von Gas- und Rostfeuerungen mit Gasspeicher

anlagen; bei der Entscheidung darüber, ob man Einzelmühlen regeln oder mit Zwischenbunker arbeiten soll, muß man das berücksichtigen.

Statt eines Regelspeichers im Niederdruckgebiet kommt für reine Hochdruckanlagen eine Schnellreglung in Betracht, s. Abb. 24. Kohlenstaubfeuerung *c*, Ventil für die Hochdruckspeisung *f* und Überhitzerklappe *g* werden durch Mengenregler den Schwankungen der Belastung angepaßt, ehe sich der Zustand (Druck und Temperatur des Dampfes) ändert. Nur die geringen Fehler dieser Mengenreglung werden durch eine Nachsteuerung ausgeglichen, bei der Druck und Temperatur gemeinsam im richtigen Sinn auf die einzelnen Regelteile einwirken.

Der Druckwandler h_1 erzeugt einen zur Dampfmenge verhältnisgleichen Luftdruck, der auf die Mengenregler l_1 bis l_3 übertragen wird; diese stellen Kohlenmenge, Speisewassermenge und Rauchgasströmung im Überhitzer verhältnisgleich ein. Druck und Temperatur werden durch die Druckwandler i_1 bis i_3 in entsprechende Steuer-Öldrücke umgewandelt, die das geregelte Mengenverhältnis mittels der Regler *m* verstellen. Verstärkte Wärmezufuhr erhöht Druck und Temperatur, die Reglung infolge dieser Größen muß also im gleichen Sinne wirken; verstärkte Speisung erhöht den Druck (bei Röhrenkesseln ohne Speicherraum) und vermindert die Temperatur, die Nachstellregler wirken deshalb im entgegengesetzten Sinn. Den Vorwärmkessel *a*, aus dem der Hochdruckkessel *b* das Speisewasser erhält, kann man ähnlich wie einen Niederdruckkessel als Speicher verwenden, indem man Änderungen der Vorwärmtemperatur und des Wasserstandes zuläßt.

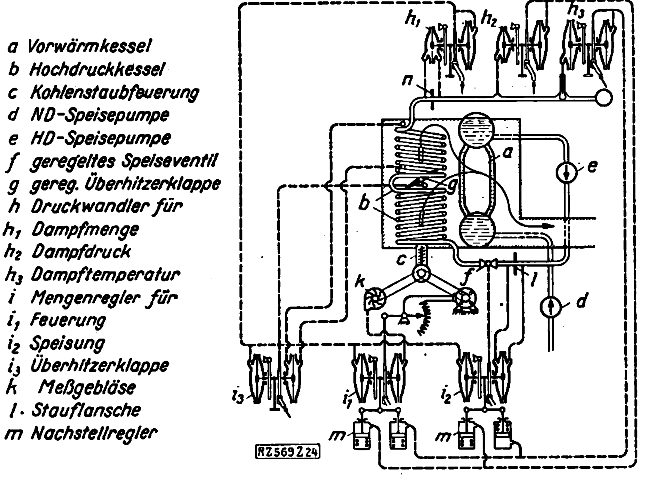


Abb. 24
Schnellreglung von Hochdruckkesseln



Statt die Mengenreglung von der Dampflieferung der einzelnen Kessel abhängig zu machen, kann man vom Ursprung der Laständerungen, der elektrischen Leistung, aus ein Hauptsteuerwerk betreiben, das nicht nur die Kessel, sondern auch die Einlaßventile der Kraftmaschinen augenblicklich durch Mengenregler einstellt, während die Nachsteuerung auf Grund der Änderungen im Dampfzustand auf die Kessel und auf Grund der Änderungen der Stromwechselzahl auf die Kraftmaschinen wirkt. Aus diesen Möglichkeiten können sich Kraftmaschine, Kessel und Wärmespeicher zur regeltechnischen Einheit entwickeln.

Die Beherrschung aller Betriebseinrichtungen von einer Stelle aus würde den ständig zunehmenden Parallelbetrieb mehrerer Werke wesentlich erleichtern, währen die heutige Art der Lastverteilung nicht befriedig Die Hauptsteuerwerke einzelner Anlagen könnte ma dann mittels einer Zeitsteuerung nach einem bestimmte Tagesplan einstellen oder von einer Überwachungsstell aus die Lastverteilung durch Fernbetätigung vornehme

Gegenwartaufgabe der selbsttätigen Feuerungsreg lung ist aber, die wirtschaftlichen Mängel des Han betriebes in vorhandenen Anlagen zu beseitigen. D Fortschritte im Bau einfacher Regleranordnungen u ihre günstigen Betriebsergebnisse berechtigen zu der A nahme, daß sich die selbsttätige Reglung der Feuerung im Laufe der Jahre ähnlich verbreiten wird, wie die Re lung der Geschwindigkeit der Kraftmaschinen. [B 56

Gelenk-Doppeltriebwagen für eine Überland-Schnellstraßenbahn

Die Verwendung von Gelenkwagen bei Straßen- und Schnellstraßenbahnen hat in den Vereinigten Staaten einen wesentlich größeren Umfang als bei den Eisenbahnen. Die neueste Bauart eines Gelenk-Doppeltriebwagens für eine Überland-Schnellstraßenbahn ist kürzlich auf der rd. 65 km langen Strecke Baltimore—Washington in Dienst gestellt worden. Da das Gelände zwischen Baltimore und Washington nur wenig bebaut ist und somit nur wenige Zwischenhaltepunkte vorgesehen zu werden brauchten, konnten die Wagen für eine hohe Reisegeschwindigkeit entworfen werden. Einschließlich beiderseits ziemlich langer Straßenbahnstrecken innerhalb der Städte wird die ganze Entfernung zwischen den beiden Städten in 1,5 h zurückgelegt. Da zudem in den letzten Jahren sich der Wettbewerb des Kraftomnibus auch auf dieser Strecke lebhaft gezeigt hatte, war die Bahngesellschaft gezwungen, durch neue Züge mit hoher Geschwindigkeit und günstigen Laufeigenschaften sowie ansprechender Innenausstattung Verkehr zurückzugewinnen. Diesem Zweck sollen die neuen Gelenkdoppeltriebwagen dienen.

Seit der Einführung von 1200 V Gleichstrom auf der Überlandstrecke im Jahre 1910 wurde diese mit Doppelwagenzügen von 80 t Gewicht, bestehend aus zwei hölzernen Wagen von je 40 t, bedient. Die neuen Wagen befördern die gleiche Personenzahl mit 27 vH geringerem Gewicht und weit größerer Bequemlichkeit. Die beiden Wagenkästen ruhen auf drei Drehgestellen, die ihrer Bauart nach ziemlich den amerikanischen Drehgestellen der Vollbahnen ähneln, nur entsprechend leichter gehalten sind. Die beiden mittleren Wagenenden sind auf dem gemeinsamen Drehgestell auf einem Drehteller gelagert, der auf dem oberen Wiegebalken ruht. Dieser Drehteller, der also alle Bewegungen des Drehgestelles selbst mitmacht, trägt gleichzeitig die große senkrechte Trommel, die die eigentliche Übergangseinrichtung zwischen den beiden Wagen bildet. Durch die Bedingung, daß auch bei allen vorkommenden scharfen Krümmungen der anschließenden Straßenbahnstrecken diese Übergangseinrichtung benutzbar bleibt, wurden für deren Konstruktion schwer zu erfüllende Forderungen aufgestellt. In Baltimore wird eine Krümmung von nur 15 m Halbmesser befahren; hierbei stehen die beiden Wagenkästen nahezu vollkommen im rechten Winkel zueinander, und trotzdem bleibt noch ein hinreichend breiter Übergang bestehen, wenn er sich auch gegenüber der Stellung in der Geraden wesentlich verengt.

An den Stirnwänden der beiden Wagenkästen sind Gummiwalzen angebracht, die auf dem Umfang der Blechtrommel abrollen und so eine gute Dichtung gegen Zugwind und Regen bilden. Diese Bauart der Übergangseinrichtung, die mit sehr einfachen konstruktiven Mitteln arbeitet, hat sich bei den schwierigen Betriebsbedingungen voll bewährt. Nur in einem Wagen befindet sich in der Nähe des Übergangs eine Einsteigtür, bei der der Zugbegleiter seinen Stand hat und die Reisenden abfertigt. Der andre Wagen hat nur eine Endeinsteigtür, die jedoch nur auf den Endhaltestellen benutzt wird. Alle Türen hab Druckluft-Türschließvorrichtungen. Die Türen sind w unter den Wagenfußboden heruntergezogen, weil s Stufen im Wageninnern liegen; die dadurch bedingte Unt brechung des Untergurtes des Wagenkastens mußte du eine besondere Blechversteifung des Türrahmens ausgeg chen werden. Die zu beiden Seiten eines Mittelgangs lieg den Doppelsitze können herumgeschwenkt werden, so Gruppen von einander gegenüberstehenden Doppelsitzen bildet werden können, wenn die Reisenden dies wünsch Sonst werden die Sitze stets in die Fahrtrichtung geste Der Doppelwagen enthält 94 Sitzplätze. Hinter dem Füh stand befindet sich ein Waschraum mit Trinkwassereinri tung. Der Führer hat eine besondere Seiteneingangstür.

Die Wagen haben Tomlinsonkupplung; bei Bedarf w den Vierwagenzüge aus zwei Doppelwagen gebildet; Kabelverbindungen liegen auf dem Dach. Schmale St wandtüren an den Führerstandsenden der Doppelwagen statten dem Zugpersonal den Verkehr durch den ganzen Z Die Wagen sind je 14,8 m lang, der Doppelwagen ist 29, lang, über die Kupplungen gemessen, bei 2 m Drehgest radstand, 10,9 m Drehzapfenabstand und 915 mm Raddu messer. Die Breite des Wagenkastens beträgt 2,68 m, Höhe des Wagenfußbodens über S.-O. 1280 mm, die H des Dachscheitels über S.-O. 3,95 m. Die Gewichte d Doppelwagens verteilen sich folgendermaßen. Es wie

die Wagenkästen einschließlich elektrischer Ausrüstung und Bremse sowie Türschließvorrichtungen 32,
vier Motoren 6,
drei Drehgestelle 14,

Gewicht eines Doppelwagens 52,

Die vier Motoren sind zu je zwei in die beiden] drehgestelle in normaler Tatzenlageraufhängung einget Die Druckluftbremse (mit besonderen Verdichtern au rüstet) wirkt auf alle sechs Achsen. Von Baltimore an zur Grenze des Staates Maryland werden die Wagen einer Oberleitung mit 1200 V Gleichstromspannung gesp dann mit 600 V Spannung. Die Motoren sind stets hi einandergeschaltet. Bei 1200 V Spannung beträgt die Hö geschwindigkeit 90 km/h, bei der halben Spannung ent chend weniger.

Die Vorzüge der Gelenkbauart (geringe Zugl kleines Gewicht je m² Bodenfläche, ruhiger Lauf) h sich bei diesen Wagen wieder recht deutlich gezeigt. Deutschland ist diese Bauart in den letzten Jahren recht weiter entwickelt worden. Die Reichsbahn hat a dem für die Berliner Stadtbahn gelieferten elektrisch triebenen Jacobszug nur eine größere Zahl Doppelgel wagen auf der Strecke Blankenese—Ohlsdorf der trischen Hamburger Vorortbahnen. Im Straßenbahnw bau sind erst die ersten Anfänge der Verwendung von lenkwagen vorhanden (Duisburg). Aus wirtschaftli Gründen verdiente diese Bauart eine weitere Verbreit („Electric Railway Journal" Bd. 89 (1927) S. 571.)

Berlin-Zehlendorf [N 438] O. Günth

Tiefbohreinrichtungen mit elektrischem Antrieb

Von Dipl.-Ing. L. Steiner, Berlin-Siemensstadt

Beschreibung und Betriebsweise der gebräuchlichsten Verfahren für die Herstellung von tiefen Bohrlöchern zur Gewinnung von Flüssigkeiten — Trocken- und Spülbohrung — Stoßendes und drehendes Bohren — Vorteile des elektrischen Antriebes — Wahl der Art und Größe des Motors — Drehzahl und Regelbereich in Abhängigkeit vom Bohrverfahren und von den Betriebsverhältnissen

Mit der im Anfang dieses Jahrhunderts einsetzenden Entwicklung der Technik und des Maschinenbaues hat auch das bis dahin etwas vernachlässigte Gebiet des Tiefbohrwesens einen gewaltigen Aufschwung erfahren. Die Entwicklung der Tiefbohrtechnik ist noch nicht abgeschlossen, sie ist vielmehr, nach verschiedenen Anzeichen zu urteilen, im weiteren Aufstieg begriffen.

Der Zweck einer Bohrung kann verschiedenartig sein. Man kann Bohrlöcher zur Gewinnung von Erdöl, Erdgas, Trink-, Salz- und Heilwasser oder aber auch zur Erforschung der Erdkruste nach Kohlen, Erzen und andern Bodenschätzen herstellen. Von besonderer Bedeutung sind die Erdölbohrungen, da der Bedarf an flüssigen Brennstoffen mit der Verwendung der Verbrennungsmotoren für Land- und Seefahrzeuge und dem Übergang von Kohlen- auf Ölfeuerung in der Kriegs- und Handelsmarine rasch gestiegen ist. Die älteren Bohrverfahren, nämlich das kanadische und das hauptsächlich in Amerika angewendete pennsylvanische Bohrverfahren, reichten nicht mehr aus, um in kurzer Zeit das Erdöl zu erbohren; andre Bohrverfahren tauchten auf, die, zum Teil auf andern Grundsätzen fußend und mit allen Hilfsmitteln des Maschinenbaues ausgestattet, eine wesentliche Abkürzung der für die Gewinnung des Erdöles unwirtschaftlichen Zeit des Bohrens gestatten.

Die neueren Bohrverfahren arbeiten nach zwei verschiedenen Grundsätzen. Bei dem einen wird das vom kanadischen oder pennsylvanischen Bohrkran her bekannte Stoßbohrverfahren unter wesentlicher Erhöhung der minutlichen Schlagzahl beibehalten, bei dem andern Verfahren, das eine schnell steigende Verbreitung fand, wendet man das drehende Bohren unter Benutzung eines besonders ausgebildeten Meißels an. Bei diesen neueren Bohrverfahren, dem Schnellschlagbohren, das — wie der Name schon ausdrückt — auf der schlagenden oder stoßenden Wirkung des Meißels beruht, und dem Drehbohrverfahren oder, wie es allgemein heißt, dem Rotary-Bohrverfahren, wird stets mit Spülung gearbeitet. Durch das den Meißel tragende Hohlgestänge wird meistens eine dicke, tonhaltige Flüssigkeit in das Bohrloch gepreßt. Mit dieser vermengt sich das losgelöste Bohrmehl und der Bohrschmand wird ununterbrochen zwischen dem Bohrgestänge und der Wandung des Bohrloches nach oben befördert.

Diese Art der Spülbohrung, die sogenannte Dickspülung, hat mehrere wesentliche Vorteile. Es erübrigt sich das zwecks Reinhaltung der Bohrlochsohle bei dem Trockenbohren erforderliche Löffeln des Schmandes, das die Bohrzeit besonders bei tiefen Bohrungen sehr verlängert, und das Bohrloch selbst erhält einen festen, zementartigen Überzug, der das lästige Nachfallen der oberen Schichten verhütet. Außerdem kann wesentlich länger in einem Zuge gebohrt werden, ohne daß ein Nachschub der Verrohrung zur Erhaltung des Bohrloches erforderlich wäre. Gegen die Dickspülung werden allerdings verschiedene Bedenken, wie Überbohren einer ölführenden Schicht, Erschwerung des Austrittes von Gasen und des Erdöles in das Bohrloch, eingewendet, jedoch brauchen diese scheinbaren Nachteile bei einiger Aufmerksamkeit und fortwährender Beobachtung des aus dem Bohrloch austretenden Schmandes nicht aufzutreten.

Welches Bohrverfahren, das drehende oder stoßende, schließlich für die Herstellung des Bohrloches gewählt wird, hängt in der Hauptsache von den geologischen Verhältnissen, der Lage und Härte der Schichten des Deckgebirges, der Mächtigkeit der wasser-, gas- und ölführenden Schichten, der zu erwartenden Wassermenge, dem voraussichtlichen Gasdruck und der gesamten Tiefe des Bohrloches ab[1]).

[1]) Vergl. auch Z. Bd. 49 (1905) S. 155, Bd. 55 (1911) S. 1810.

Als Antriebmaschinen der Tiefbohrgeräte bürgern sich immer mehr die Elektromotoren ein, nachdem sich die Erkenntnis Bahn gebrochen hat, daß sie die gleiche, wenn nicht noch höhere Anpassungsfähigkeit haben, als die bis vor kurzem fast ausschließlich angewendeten Dampfmaschinen, von den Verbrennungsmotoren gar nicht zu reden, die sich für den Bohrbetrieb nur unter gewissen günstigen Voraussetzungen anwenden lassen. Die betrieblichen und wirtschaftlichen Vorteile des elektrischen Betriebes gegenüber andern Betriebsarten sind in der Literatur so eingehend erörtert worden[2]), daß es sich erübrigt, an dieser Stelle sich nochmals damit zu befassen.

Die zur Verwendung kommenden Elektromotoren laufen in der Regel mit einer synchronen Drehzahl von 750 Uml./min bei einer Netzfrequenz von 50 Per./s. Die Motoren werden meistens als Drehstrom-Asynchronmotoren mit Schleifringläufern, geeignet für eine Widerstandsreglung im Läuferstromkreis, gebaut und an 220 bis 3000 V, je nach der vorhandenen Netzspannung, angeschlossen. Höhere Spannungen werden für den Betrieb der Motoren nicht angewendet. Ist das Verteilungsnetz für eine höhere Spannung ausgebaut, dann wird der Strom den Motoren über Transformatoren zugeleitet. Die gebräuchlichsten Spannungen auf dem europäischen Festlande sind 500 und 1000 V, in Rußland vielfach 2000 V, hingegen auf den nordamerikanischen Ölfeldern 440 V. Höhere Spannungen, nämlich zwischen 2000 und 3000 V, kommen nur selten vor, 3000 V z. B. nur in Galizien, wo mit Rücksicht auf die besonders tiefen Bohrlöcher und auf hohe Leistung Hochspannungsmotoren aufgestellt werden.

Außer den Drehstrom-Asynchronmotoren mit Widerstandsregelung können auch die verlustlos regelbaren Drehstrom-Kollektormotoren, ferner Drehstrommotoren mit Polumschaltung oder solche mit Stern-Dreieckschaltung zum Antrieb der Bohrgeräte verwendet werden. Bei den beiden letzten Arten kann jedoch auf die Widerstandsregelung zur genaueren Einstellung der Schlagzahl nicht ganz verzichtet werden. Gleichstrommotoren dürften im allgemeinen nicht in Betracht kommen, da diese Stromart selten vorhanden und in manchen Erdölgebieten ihre Verwendung verboten ist.

Die Leistung der Motoren beim Bohren läßt sich für einen bestimmten Betriebzustand wohl rechnerisch ermitteln. Diese Berechnungen schließen jedoch infolge der unübersehbaren Verhältnisse beim Bohren eine gewisse Unsicherheit in sich. Man zieht es daher vor, die Motorgröße nach der Erfahrung zu wählen, und zwar eher zu reichlich als zu knapp, und nimmt die Nachteile, die das Arbeiten mit nicht ganz ausgenutzten Motoren nach sich zieht, in den Kauf. Die Leistung der gebräuchlichsten Bohrmotoren bewegt sich in den Grenzen von 30 bis 100 kW.

Der Einführung des elektrischen Antriebes im Bohrbetriebe wurden anfänglich manche Schwierigkeiten in den Weg gelegt. Sie gingen zum Teil von den die Tiefbohrgeräte bauenden Firmen aus, die meistens auch Dampfmaschinen herstellen. Auch bestand vielfach auf den Gruben ein größerer Vorrat von Dampfmaschinen und Dampfkesseln, der verbraucht werden mußte, bevor man zum elektrischen Antrieb überging. Ferner kommt hinzu der Hang am Alten der älteren Bohrmannschaft, die trotz Überlegenheit des elektrischen Antriebes die Beibehaltung des Dampfantriebes fordert. Zum Schluß, und dies dürfte der wesentlichste Grund sein, der der Einführung des elektrischen Antriebes vorläufig im Wege steht, ist es

[2]) Steiner: Tiefbohrwesen, Förderverfahren und Elektrotechnik in der Erdölindustrie, Berlin 1926, Julius Springer.



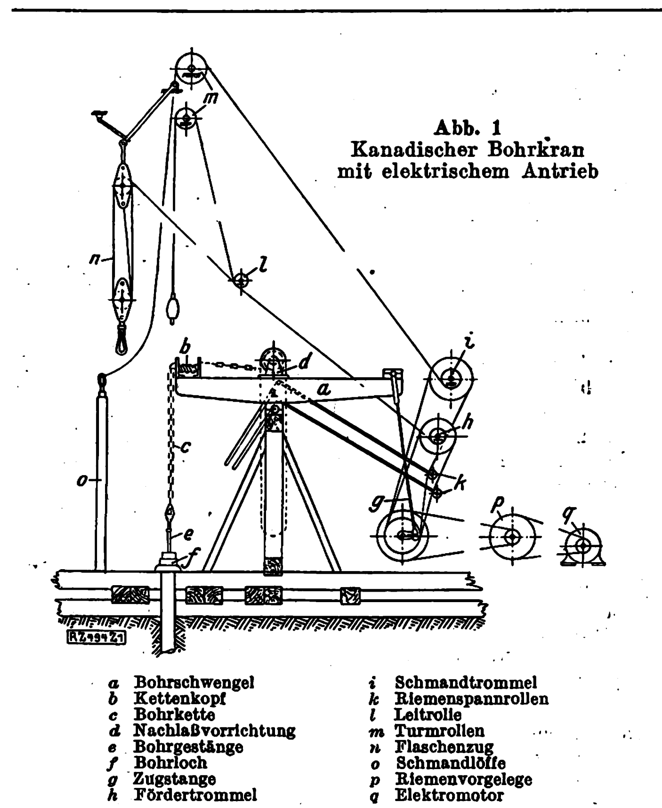


Abb. 1
Kanadischer Bohrkran mit elektrischem Antrieb

a	Bohrschwengel	*i*	Schmandtrommel
b	Kettenkopf	*k*	Riemenspannrollen
c	Bohrkette	*l*	Leitrolle
d	Nachlaßvorrichtung	*m*	Turmrollen
e	Bohrgestänge	*n*	Flaschenzug
f	Bohrloch	*o*	Schmandlöffel
g	Zugstange	*p*	Riemenvorgelege
h	Fördertrommel	*q*	Elektromotor

der Mangel an elektrischen Kraftwerken, die die in den meisten Fällen entlegenen Erdölgebiete mit Strom zu versorgen hätten. Mit dem fortschreitenden Ausbau der Wasserkräfte und der wirtschaftlichen Verwertung der sonstigen Naturkräfte, namentlich der auf den Erdölfeldern in der Regel vorhandenen Gase, wird jedoch die elektrische Energie eine steigende Verbreitung und somit auch eine größere Bedeutung als Betriebskraft für alle in den Erdölgebieten vorkommenden Antriebe gewinnen.

Die Voraussetzung für die Verwendung des elektrischen Antriebes ist demnach das Vorhandensein der elektrischen Energie. Bei vereinzelten Bohrungen wird es nicht immer wirtschaftlich sein, die elektrische Antriebsart zu wählen, da die Erzeugung der elektrischen Energie für einzelne oder nur wenige voneinander entfernte Bohrungen mit zu hohen Kosten verbunden sein dürfte. Trotzdem sind auch Fälle bekannt, wo mit Rücksicht auf die sonstigen mit der Anwendung des elektrischen Betriebes verknüpften Vorteile eigene Kraftwerke von ganz geringem Umfange errichtet wurden. Je größer die Ausdehnung des Erdölgebietes ist und je mehr Bohrungen und Förderanlagen auf einem verhältnismäßig geringen Flächenmaß vereinigt werden, um so augenfälliger treten die mit der elektrischen Antriebsart verknüpften Vorteile in die Erscheinung.

Das Schnellschlagbohrverfahren in seinen verschiedenen Formen und das Rotary-Bohrverfahren bürgern sich in neuerer Zeit immer mehr ein. Damit soll nicht gesagt werden, daß die älteren Bohrverfahren, namentlich das kanadische und pennsylvanische und eine ältere Abart des Seilschlag-Bohrverfahrens, das indische Spülbohrverfahren, bereits gänzlich verlassen wurden. Diese Verfahren behaupten nach wie vor in manchen Gegenden das Feld und dürften auch in Zukunft noch häufig angewendet werden, da ihr Aufbau besonders einfach ist und ihre Bedienung fast gänzlich ungeschulten Hilfskräften anvertraut werden kann. Da sie außerdem den Ausgangspunkt aller späteren maschinellen Bohrverfahren bilden, sollen sie auch neben den hauptsächlichsten neueren Verfahren erörtert werden. Hierbei soll nur von ortfesten Anlagen die Rede sein.

Einerlei, ob es sich um ein stoßendes oder drehendes Bohren handelt, erfolgt die Bewegung des Bohrwerkzeuges von über Tage, und die Antriebsmittel machen die Bewegung mit. Infolgedessen werden bei fortschreitender Tiefe der Bohrung das Gewicht der Antriebteile und die zum Antrieb erforderliche Energie immer größer. Zur Bemessung der Motorleistung ist es daher wichtig, die voraussichtliche Tiefe des Bohrloches zu kennen.

Vor Beginn der Bohrung werden hölzerne oder mit Holz verkleidete eiserne Bohrtürme von 16 bis 30 m Höhe errichtet und die Bohrhütten zur Aufnahme des maschinellen Teiles aufgestellt. Das Bohrloch wird im allgemeinen mit Rohren, die teleskopartig ineinander geschoben werden, ausgekleidet, verrohrt. Man sucht den Durchmesser der Rohre möglichst lange beizubehalten, ehe man zu dem kleineren Durchmesser übergeht. Man spart hierdurch an Rohren, ferner können größere Gefäße zur Entfernung des Schlammes und später zur Förderung des Öles heruntergelassen werden. Die Rohrkolonne, wie man die miteinander verschraubten Rohre gleichen Durchmessers zu bezeichnen pflegt, wird öfter bewegt, d. h. angehoben und wieder gesenkt, damit ein Festklemmen vermieden wird. Es werden auch zwecks Rohrersparnis die Rohrkolonnen, soweit sie innerhalb der vorhergehenden Rohrkolonne stehen, aber nur selten, ganz vor Beendigung der Arbeiten wieder herausgezogen, um sie anderweitig zu verwenden. Die im Gebirge stehende Länge einer Rohrkolonne richtet sich nach den geologischen Verhältnissen und beträgt im Durchschnitt 100 bis 150 m. Zum Bewegen und Ziehen der Rohre sind bei großen Tiefen erhebliche Kräfte notwendig, und man ist zur Einschaltung von Flaschenzügen gezwungen. Immerhin muß der Motor zeitweise ein hohes Drehmoment entwickeln.

Das stoßende Bohren

Beim Stoßbohren bohrt man durch Anheben und Fallenlassen des Bohrwerkzeuges, des sogenannten Meißels. Nach jedem Schlag ist es notwendig, den Meißel umzusetzen, damit ein rundes Loch entsteht. Das nach dem Schlag losgelöste Gestein muß aus dem Bohrloch entfernt werden, damit die Sohle rein bleibt und die Schlagwirkung höher wird.

Man unterscheidet zwei Hauptarten des stoßenden Bohrens: das Gestängebohren und das Seilbohren.

Das Gestängebohren

Hierbei unterscheidet man zwei Abarten: Trockenbohren und Spülbohren.

Beim **Trockenbohren** ist der den Schlag auf di[e] Bohrlochachse ausübende Meißel an einem vollen Ge[-]stänge, beim **Spülbohren** an einem Hohlgestänge an[-]gebracht. Das Gestänge wird durch einen Schwengel, auc[h] Balanzier genannt, bewegt, einen Schwinghebel, an dessen einem Ende das Bohrgestänge, an dessen anderm End[e] die Antriebskurbelstange befestigt ist. Um Gestäng[e-]brüche beim Aufstoßen des Meißels auf die Bohrloch[-]sohle zu vermeiden, schaltet man zwischen Meißel un[d] Gestänge ein elastisches Zwischenglied, die Rutschschere, oder eine Federbatterie oder einen Luftzylinder zur Abfangen der Prellungen an entsprechender Stelle ein. Eine andere Art des Stoßbohrens, wobei Gestänge[-]brüche so gut wie ausgeschaltet werden, bildet da[s] Freifallgerät, das nicht nur bei Trockenbohrung, sondern im Gegensatz zur Rutschschere auch bei Spülbohrung ver[-]wendet wird. Die Rutschschere und das Freifallgerät be[-]wirken, daß der Meißel unabhängig vom Gestänge ein[e] Bewegung ausführen kann und somit eine Stauchung de[r] Bohrstangen vermieden wird.

Den Schmand beseitigt man bei der Trockenbohrun[g] durch den Schmand- oder Schlammlöffel, der das mit de[m] Grundwasser vermischte Bohrmehl aufnimmt. Der Löff[el] wird hochgezogen und oben entleert. Bei der Spülbohrung wird ständig ein Druckwasserstrom, meist mit To[n-]schlamm vermengt, auf die Bohrlochsohle gebracht un[d] hierdurch der Bohrschmand nach oben gefördert. Man unterscheidet mittelbare und unmittelbare Spülung. Bei der ersten wird die Spülflüssigkeit durch da[s] Gestänge auf die Bohrlochsohle geleitet und der Schmand steigt zwischen Gestänge und Verrohrung nach oben, b[ei] der zweiten ist es umgekehrt; das bietet besondere Vortei[le] für die genaue Feststellung der durchbohrten Gebirg[s-]schichten.

Der kanadische Bohrkran

Die kanadische Gestängebohrart, Abb. 1, ist ein Trok-
mbohren mit steifem Vollgestänge, einer Rutschschere
d einem hochgelagerten Schwengel. Das Gestänge ist
Schwengelkopf mittels einer Kette befestigt, die zu einer
einen Winde läuft und in dem Maße, wie die Bohrung
rtschreitet, nachgelassen wird. Der Schwengel wird durch
ne auf der Hauptwelle sitzende Kurbel angetrieben. Der
urbelzapfen ist zur Veränderung der Höhe des Hubes
usteckbar. Der Hub beträgt gewöhnlich 40 bis 75 cm
d in 1 min werden 30 bis 60 Schläge ausgeführt. Die
hlagwirkung wird durch den freien Fall des Bohrwerk-
uges erzeugt und ist bei gleichem Bohrzeuggewicht um so
ärker, je größer die Hubhöhe ist. Damit ein Freifall zu-
nde kommt, ist die richtige Einstellung der Schlagzahl
er der Anzahl der Umdrehungen der Antriebsmaschine
twendig. Allgemein sinkt die Schlagzahl bei größer
rdendem Hub.

Zur Ausführung der Nebenarbeiten, bestehend aus
rdern des Schmandes, Ziehen oder Bewegen der Rohre,
d zu Fangarbeiten dient eine über der Kurbelwelle in
r Höhe des Schwengels gelagerte Fördertrommel und
ne Schöpf- oder Schmandtrommel. Die Trommeln werden
ttels Riemen von der Hauptwelle angetrieben. Die
men werden vom Bohrmeister durch Riemenspannrollen
gerückt, beim Bohren liegen sie lose auf den Trommel-
eiben. Beim Senken des Schmandlöffels oder Einlassen
Gestänges wird die betreffende Spannrolle nur so weit
den Riemen gedrückt, daß sich die Scheibe der Trommel
ter dem stillstehenden Riemen, der gewissermaßen als
emse wirkt, gerade noch bewegen kann. Das Förder-
l läuft von der Trommel über eine in der Turmkrone
agerte Rolle zum Bohrloch. Für das Gestängeziehen
d Rohrebewegen werden bei großen Tiefen mehrrollige
schenzüge benutzt. Die Bandbremsen für die Trom-
n werden vom Bohrführerstand aus betätigt.

Der Motor treibt die Hauptwelle des Bohrkrans über
Riemen- oder Zahnradvorgelege an. Bei Antrieb über
Zahnradvorgelege ist das Ritzel mit der Motorwelle
rch eine elastische Kupplung verbunden.

Zur Einstellung der Schlagzahl beim Bohren muß man
Drehzahl des Antriebsmotors um 50 vH bei gleichblei-
dem Drehmoment, bezogen auf die Leistung beim
hren, verringern können. Für das Nachbohren werden
h niedrigere Schlagzahlen gewünscht, denen eine Ver-
derung der normalen Drehzahl um 60 vH bei rd. 75 vH
normalen Drehmomentes beim Bohren entspricht.

Der Kraftbedarf beim Bohren richtet sich nach den
ologischen Verhältnissen, der Tiefe und dem Durch-
sser des Bohrloches. Er verläuft ohne nennenswerte
tzen. Da die Nebenarbeiten das Bohren unterbrechen,
chtet man danach, diese so schnell wie möglich durchzu-
ren und läßt die Antriebsmaschine mit ihrer größten
ehzahl laufen. Mit Ausnahme des Rohrebewegens han-
lt es sich hierbei um eintrümiges Fördern mit großen
itzenleistungen. Das Rohrebewegen erfordert trotz des
aschenzuges im allgemeinen den größten Kraftaufwand.
r größere Kraftbedarf für die Nebenarbeiten gegenüber
r beim Bohren benötigten Leistung bedingt, daß die Be-
essung des Motors entsprechend den hohen Spitzen-
stungen erfolgt, wobei selbstverständlich die zulässige
erlastbarkeit ausgenützt wird.

Bei elektrischem Antrieb wird meist der Drehstrom-
synchronmotor mit Widerstandsregelung im Läuferkreis
wendet. Man regelt ihn durch einen Steuerschalter oder
ne Regelwalze mit getrennten Widerständen. Das Regel-
rät betätigt man vom Bohrmeisterstand in der Nähe des
hrloches aus, mittels Gestänge- oder Seilübertragung.

Die elektrische Ausrüstung wird zweckmäßigerweise
einem besonderen Häuschen aufgestellt. In den Fällen,
o explosible Gase zu erwarten sind, müssen die Motoren
nd Geräte explosionssicher ausgeführt werden, wenn die
fstellung in entsprechender Entfernung vom Bohrloch
lein nicht genügen sollte.

Schnellschlagbohren

In den letzten drei Jahrzehnten wurden zur Erreichung
nes größeren Bohrfortschrittes die sogenannten Schnell-
hlagbohrgeräte entwickelt. Grundsätzlich unterscheiden
sich diese von dem kanadischen Bohrkran dadurch, daß die
Schlagwirkung nicht durch den freien Fall des Meißels erzeugt wird, sondern der Meißel mit dem Gestänge fest verbunden und das Gestänge auch im Augenblick des Schlages gespannt bleibt. Die höchste Schlagzahl in 1 min der Schnellschlagbohrgeräte beträgt je nach der Bauart 80 bis 150, der Hub 80 bis 200 mm. In der Regel wird bei diesem Bohrverfahren mit Dickspülung gearbeitet. Nach der Bauart lassen sich in der Hauptsache die Schnellschlagbohrgeräte in zwei Gruppen einteilen: Bohrgeräte mit federndem Schwengel und Seilschlagbohrgeräte.

Bei den Bohrgeräten mit federndem Schwengel, von denen die Bauart Raky eines der bekanntesten ist, erfolgt das Bohren mittels steifen Gestänges ohne Rutschschere oder Freifallgerät, selbst bis zu den größten Tiefen. Trotzdem sind Gestängebrüche nicht zu befürchten, da das Gestänge durch Einstellvorrichtungen, die auf Federn wirken, stets im gespannten Zustand erhalten wird. Beim Bohren kommt demnach die Elastizität des Gestänges und der Federbatterien derart zur Geltung, daß der Meißel bei Stillstand die Bohrlochsohle noch nicht berührt, und erst, wenn das Gerät in Tätigkeit ist, tippt der Meißel mit kräftigem Schlag auf die Bohrlochsohle. Die Hubhöhe ist zwischen 80 bis 200 mm einstellbar und bedingt eine Anpassung der minutlichen Schlagzahl, deren richtige Wahl für einen guten Bohrfortschritt besonders wichtig ist.

Beim Rakyschen Bohrkran, Abb. 2 und 3, ist der Schwengel hängend auf einem Federkissen angeordnet, das das Bohrgestänge ständig in Zugspannung hält. Die Federzahl und auch die Federspannung kann je nach der Belastung des Schwengels, die mit wachsender Tiefe ansteigt, geändert werden. Das eine Schwengelende trägt mit einer Nachlaßschraube das Bohrgestänge, am andern langen Schwengelende greift die Pleuelstange an. Die Schlagzahl beträgt bis 120 in 1 min. Die Fördertrommel ist unterhalb des Bohrschwengels angeordnet. Sie besteht aus zwei Trommeln mit verschiedenen Durchmessern, damit man zwei dünne Seile zum Fördern verwenden kann.

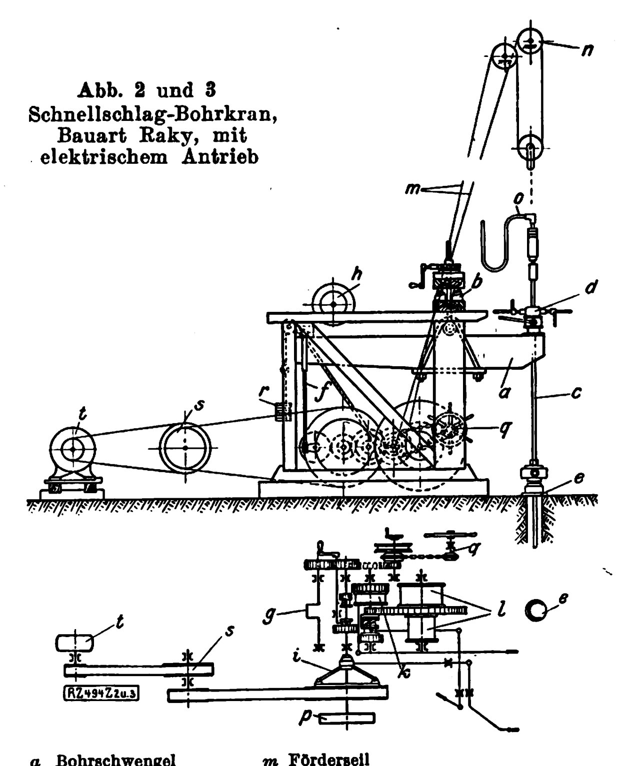


Abb. 2 und 3
Schnellschlag-Bohrkran, Bauart Raky, mit elektrischem Antrieb

a Bohrschwengel
b Federbatterie
c Bohrgestänge
d Nachlaßschraube
e Bohrloch
f Zugstange
g Kurbelwelle
h Schmandtrommel
i Reibkupplung
k Bremsscheibe
l Fördertrommel
m Förderseil
n Turmrollen
o Spülschlauch
p Antriebscheibe für Kernbohren
q Nachlaßvorrichtung für das Kernbohren
r Gewichtsausgleich für das Bohrgestänge beim Kernbohren
s Riemenvorgelege
t Elektromotor

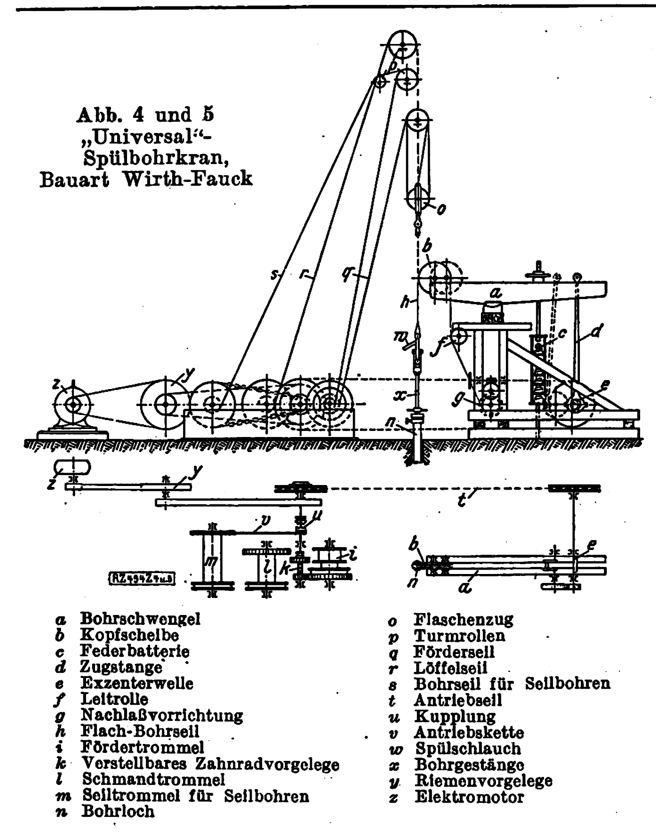


Abb. 4 und 5
„Universal"-Spülbohrkran, Bauart Wirth-Fauck

a Bohrschwengel
b Kopfscheibe
c Federbatterie
d Zugstange
e Exzenterwelle
f Leitrolle
g Nachlaßvorrichtung
h Flach-Bohrseil
i Fördertrommel
k Verstellbares Zahnradvorgelege
l Schmandtrommel
m Seiltrommel für Seilbohren
n Bohrloch
o Flaschenzug
p Turmrollen
q Förderseil
r Löffelseil
s Bohrseil für Seilbohren
t Antriebseil
u Kupplung
v Antriebskette
w Spülschlauch
x Bohrgestänge
y Riemenvorgelege
z Elektromotor

Über dem Bohrschwengel ist die Schmandtrommel, die gewöhnlich mittels Kette von der Zwischenvorgelegewelle angetrieben wird, gelagert.

Das Bohrgerät wird in folgender Weise angetrieben: Der Motor treibt über ein Riemenvorgelege die mit einer Reibungskupplung versehene, auf der Hauptwelle sitzende Riemenscheibe an. Am andern Ende befindet sich das die Kurbelwelle antreibende Zahnradvorgelege. Die Fördereinrichtung wird über ein Zwischenvorgelege durch verschiebbare, auf der Hauptwelle angeordnete Zahnräder angetrieben, die ein Fördern mit zwei verschiedenen Geschwindigkeiten zulassen.

Für das Kernbohren ist ein besonderer Bohrwagen erforderlich und außerdem eine besondere Einrichtung am Bohrkran selbst vorhanden, die im wesentlichen aus der Ausgleichs- und der Nachlaßvorrichtung für das Bohrgestänge besteht. Der Bohrwagen, der im Turm auf einer Bühne aufgestellt ist, wird von einer auf der Hauptwelle sitzenden Riemenscheibe angetrieben.

Ein andres, sehr verbreitetes Schnellschlagbohrgerät mit federndem Schwengel ist der von F a u c k ausgebildete und von der Tiefbohr-A.-G. in Witkowitz gebaute E x p r e ß b o h r k r a n, der auch von W i r t h, Erkelenz, unter dem Namen U n i v e r s a l - S p ü l b o h r k r a n, Abb. 4 und 5, vertrieben wird. Seine Schlagzahl beträgt bis 150 in 1 min. Das Gestänge befestigt man am Schwengel mittels Flachseils, das dem Bohrfortschritt entsprechend stetig nachgelassen wird. Die Fördereinrichtungen sind vom eigentlichen Bohrkran getrennt und bei Bohrungen nach Erdöl so ausgebildet, daß unmittelbar nach Fündigwerden des Bohrloches die Ölförderung aufgenommen werden kann. Der Schwengel ist um ein festes Auflager drehbar, wobei an dem einen Schwengelarm, der mittels einer in einem Exzenter gelagerten Zugstange angetrieben wird, durch ein Handrad einstellbare Federn angebracht sind. Die Federn bewirken einen Ausgleich des Gestängegewichtes. Das Tragseil für das Gestänge läuft von einer durch eine Nachlaßvorrichtung bedienbaren Seiltrommel über eine feste Rolle zu einer verschiebbaren Kopfrolle am andern Schwengelarm. Das Gestänge bleibt stets gespannt und folgt genau den Bewegungen des Bohrschwengels, da zwischen Exzenter und Gestänge keine federnden Teile eingeschaltet sind.

Das Universalbohrgerät gestattet außer dem Bohren nach dem Schnellschlagverfahren unter Zufügung gewisser Teile noch das Bohren nach dem kanadischen oder pen sylvanischen Verfahren.

Bekannt ist auch das von Joh. B r e c h t e l, Lu wigshafen, unter dem Namen k o m b i n i e r t e r B o h k r a n hergestellte Bohrgerät, Abb. 6 und 7, mit de man nach folgenden Verfahren bohren kann: Trocke und Spülbohren, Schnellschlag- und Freifallbohr und unter Hinzufügung des Bohrwagens auch Drehbohrung ähnlich wie beim Rakyschen Bo gerät. Beim Übergang von Schnellschlag- auf Freifa bohren wird die kleine Kurbel durch eine große erset das Freifall-Räderpaar eingesetzt, die Federbatterie fe gespannt und der Prellbock aufgestellt.

Der von der A.-G. für Tiefbohrtechnik und Maschin bau, vorm. T r a u z l & C o. in Wien entwickelte R a p i B o h r k r a n, Abb. 8 und 9, hat im Gegensatz zu dem kyschen und Fauckschen Bohrkran keinen durch eine K belstange bewegten Schwengel, an dem das Bohrgestä unmittelbar oder mittels Seiles befestigt ist. Beim Rap Bohrkran ist das das Bohrgestänge tragende Flach über eine zum Zwecke des Freilegens des Bohrloches Einführen von Werkzeugen und Röhren nach der Bo kranseite ausschwingbare, über dem Bohrloch befindl Kopfrolle geführt. Von dieser läuft das Seil über tiefer liegende feste Leitrolle, eine in einer senkrec Führung durch Kurbelantrieb auf- und abwärtsbewe Seilrolle und eine auf einem federnden Schwengel lagerte Seilrolle zu der Bohrseiltrommel, die entsprec dem Bohrfortschritt ein Nachlassen des Bohrseiles stattet. Der Schwengel mit der auf ihm angeordn

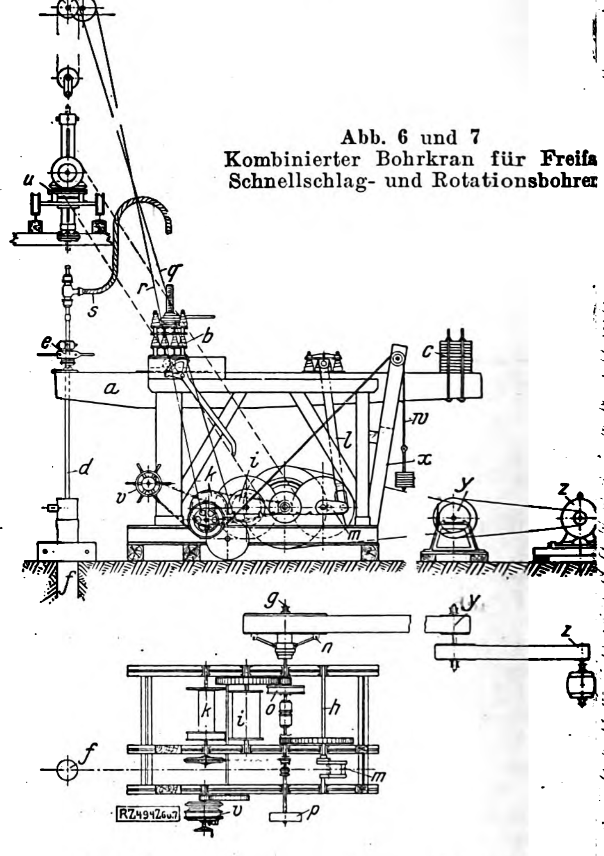


Abb. 6 und 7
Kombinierter Bohrkran für Freifa Schnellschlag- und Rotationsbohre

a Bohrschwengel
b Federbatterie
c Gestängegewichtausgleich
d Bohrgestänge
e Gestängenachlaßschlüssel für Schlagbohren (Freifall- und Schnellschlag)
f Bohrloch
g Hauptantriebswelle
h Schlagwelle
i Fördertrommel
k Schmandtrommel
l Zugstange
m Auswechselbare Kurbel für Freifall- und Schnellschlagbohren
n Antriebscheibe mit Reibkupplung
o Bremsscheibe für Fördertrom
p Antriebscheibe für Rotations-(Kern-)Bohren
q Förderseil
r Schmandseil
s Spülschlauch
t Turmrollen
u Bohrwagen
v Nachlaßvorrichtung für Kern bohren
w Gewichtausgleich des Bohrgestänges beim Kernbohren
x Prellbock für Freifallbohren
y Riemenvorgelege
z Elektromotor

Rapid-Bohrkran
Vorgelege
Schöpfhaspel
Elektromotor
Kopfrolle
Ausrückvorrichtung mit Seil
Bandseil
Bandseilrolle
Bandseilrolle auf federndem Schwengel
Bandseilrolle gleitend
Federnder Schwengel
Federbatterie
Einstellvorrichtung
Kurbelwelle
Kurbelstangen
Bandseiltrommel
Nachlaßvorrichtung
Kurbel für rasches Nachlassen
Kette und Stange zum Einrücken des Vorgeleges
Vorgelege
Riemenscheibe
Bandbremse
Hebel für die Bandbremse
Riemenspannhebel
Spannrolle
Antriebsriemenscheibe
Flaschenzugtrommel
Fördertrommel
Spülschlauch
Bohrgestänge
Löffel
Flaschenzug
Turmrolle für das Förderseil
Förderseil
Turmrolle für das Löffelseil
Löffelseil
Reibkupplung
Kupplung
Bandbremse mit Bremshebel

Abb. 8 und 9
„Rapid“-Bohrkran

…rolle ist an dem einen Ende drehbar gelagert, während das andere Ende an einstellbaren Federn hängt, …durch ein federnder Gestängeausgleich bewirkt wird. …s Gerät gestattet eine Schlagzahl bis 100 in 1 min bei …er veränderlichen Hubhöhe von 100 bis 500 mm.

Hoch über den Seilführungsrollen befinden sich …e Förder- und eine Flaschenzugtrommel, die über … Zahnradvorgelege, das mittels Riemens von der …uptwelle angetrieben wird, einzeln in Bewegung ge…tzt werden können. Der Riemen wird hierbei durch …e Spannrolle ähnlich wie beim kanadischen Bohrkran …espannt. Getrennt vom Bohrkran ist ferner noch ein …höpfhaspel angeordnet, mit dem beim Trockenbohren ge…ffelt oder nach Fündigwerden des Bohrloches gefördert …erden kann. Bohrgerät, Schöpfhaspel und die Spül…mpe werden über ein Riemenvorgelege angetrieben.

Bezüglich des **Antriebsmotors** für ein Schnell…hlag-Bohrgerät mit federndem Schwengel gilt an…hernd das gleiche wie bei dem kanadischen Bohr…rfahren. Zur Einstellung der Schlagzahl muß man …e Drehzahl des Motors um etwa 60 vH bei gleichbleiben…m Drehmoment, bezogen auf die Leistung beim Bohren, …rändern können. Die oft gewünschte Feinreglung bei …trieb durch Asynchronmotoren kann durch zwei Regel…lzen oder Steuerschalter erreicht werden, wovon der …ne zur Grobreglung und der andre zur Feinreglung …ent.

Für die Spülpumpen wird getrennter Antrieb vorge…hen, auch hier müssen die Motoren, gewöhnlich zwei, …von einer als Ersatz, um etwa 30 vH bei gleichbleiben…em Drehmoment regelbar sein, damit man die Menge und …n Druck der Spülflüssigkeit den jeweiligen Verhält…issen anpassen kann.

Seilschlagbohrgeräte. Das Kennzeichnende …ende des Bohrverfahrens ist die Ausnutzung der Elastizität eines über die Turmrollen des Bohrturmes und über eine lose Rolle laufenden Drahtseiles. An der losen Rolle ist das eigentliche Bohrgestänge befestigt. Elastische Zwischenglieder in Form von Rutschschere, Freifallgerät oder Federn zur Vermeidung von Stauchungen des Gestänges kommen nicht in Frage. Man unterscheidet hinsichtlich der Ausbildung der Seilschlagbohrgeräte:

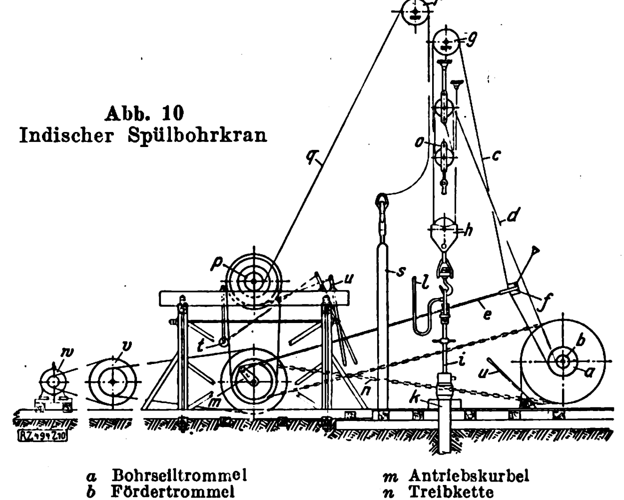


Abb. 10
Indischer Spülbohrkran

a	Bohrseiltrommel	*m*	Antriebskurbel
b	Fördertrommel	*n*	Treibkette
c	Bohrseil	*o*	Flaschenzug
d	Förderseil	*p*	Schmandtrommel
e	Hubseil	*q*	Löffelseil
f	Seilschuh	*r*	Löffelseilrolle
g	Bohrseilrolle	*s*	Schmandlöffel
h	lose Rolle (Hampelmann)	*t*	Riemenspannrolle
i	Bohrgestänge	*u*	Bremse
k	Bohrloch	*v*	Riemenvorgelege
	Spülschlauch	*w*	Elektromotor

a) Geräte mit Kurbelantrieb. Bei dem indischen Spülbohrkran, Abb. 10, ist das Bohrseil auf eine Trommel aufgewickelt und läuft von dieser über eine feste Rolle in der Turmkrone und eine lose Rolle zu einem Befestigungspunkt im Turme. Beim Bohren wird das Seil kniehebelartig mittels des Hubseiles durch eine Kurbel angezogen und hierbei die lose Rolle nebst dem Bohrgestänge gehoben. Beim Kurbelrückgang wird das Hubseil durch das fallende Gestänge wieder straffgezogen. Die hochgelagerte Schmandtrommel, die auch zum Heben des Gestänges und zum Rohrbewegen benutzt wird, wird durch einen Riemen, der durch eine Riemenspannrolle gespannt werden kann, angetrieben. Die Schlagzahl beträgt rd. 35 bis 70 in 1 min. Der Hub ist durch Umstecken der Kurbel zwischen 20 bis 40 cm einstellbar. Die Antriebdrehzahl muß um 50 vH bei gleichbleibendem Moment geregelt werden können. Für die Spülpumpen wendet man gleichfalls getrennten Antrieb mit Regelung der Drehzahl wie bei den Schnellschlagbohrgeräten mit federndem Schwengel an.

b) Geräte mit Schlagwerk. In letzter Zeit sind Bohrgeräte mit Schlagwerk, sogenannte Seilschlagbohrkrane, Abb. 11 und 12, zuerst von R. Meyer, Duisburg, entwickelt worden, die besonders in Rumänien eine schnelle Verbreitung fanden. Das Bohrseil ist ähnlich wie beim indischen Spülbohrkran geführt. Das Seil ist auf eine Trommel aufgewickelt und läuft von dieser über eine feste Rolle in der Turmkrone und eine lose Rolle über dem Bohrloch zu einer Schwinge in der Turmkrone. Von dem andern Schwingenarm führt das Schlagseil oder Schlaggestänge zur Schwinge des Schlagwerkes des Bohrgerätes. Das Schlagwerk wird von der Kurbelwelle mittels einer Treibstange bewegt. Ein Ausgleichzylinder, dessen Kolbenstange an der Schlagschwinge des Bohrgerätes angreift, gleicht einen Teil, etwa zwei Drittel des Bohrgestängegewichtes aus. Der Ausgleichzylinder unterstützt mittels eines Luftkissens das Kurbelgetriebe beim Anheben des Meißels und bremst es beim Fallen ab. Dadurch wird eine Verzögerung der Fallbewegung hervorgerufen und die hierbei auftretende Verzögerungskraft erzeugt eine elastische Dehnung des Gestänges, die bewirkt, daß ein wuchtiger Schlag auf die Bohrlochsohle ausgeübt wird.

In der Hauptsache umfaßt das Seilschlagbohrgerät mit Schlagwerk eine Vorrichtung, um das Bohrzeug einzulassen und aufzuholen: das Windwerk; eine Vorrichtung, um das Bohrzeug in auf- und abwärtsgehende Bewegung zu versetzen: das Schlagwerk; eine Vorrichtung, zum Ausgleich des Bohrzeuggewichtes: den Ausgleichzylinder. Hinzu kommen noch verschiedene Zahnradübersetzungen im Getriebe des Bohrgerätes, mit denen man die Schlagzahlen und die Fördergeschwindigkeit stufenweise ändern kann.

In der Regel wird mit Dickspülung (Tonschlamm mit einem spez. Gewicht von rd. 1,4) gearbeitet. 60 bis 90 und mehr Schläge werden in 1 min ausgeführt bei einer Hubhöhe von 100 bis 200 mm. In diesem Bereich wird die Hubhöhe durch Umstecken des Schlagbolzens am Schlagwerk geändert. In den seltensten Fällen wird trocken gebohrt mit rd. 600 mm Hub und 40 bis 45 Schlägen in 1 min. Mit der gleichen Schlagzahl wird beim Nachbohren gearbeitet.

Die Fördertrommel oder das Windwerk ist mit dem Schlagwerk konstruktiv vereinigt. Sie dient bei angezogener Bremse zum Festhalten des Bohrseiles beim Bohren und nach Lüftung der Bremse zum Einlassen und Hochziehen des Gestänges zwecks Auswechslung des Meißels und zum Rohrebewegen. Das Bohrseil läßt man entsprechend dem Bohrfortschritt nach, entweder durch eine selbsttätige Nachlaßvorrichtung, die die Bohrseiltrommel millimeterweise bewegt, oder durch die ruckartige Bewegung des Bohrseiles beim Bohren, wodurch die Trommel unter der nicht ganz festgezogenen Bremse zu einer geringen Drehung gezwungen wird. Das Bohrloch reinigt man beim Trockenbohren mittels einer besonderen Schmandtrommel.

Zur Gewinnung von Bohrkernen durch drehendes Bohren ist auch am Seilschlagbohrgerät meistens eine besondere Riemenscheibe eingebaut, von der aus der Bohrwagen angetrieben wird.

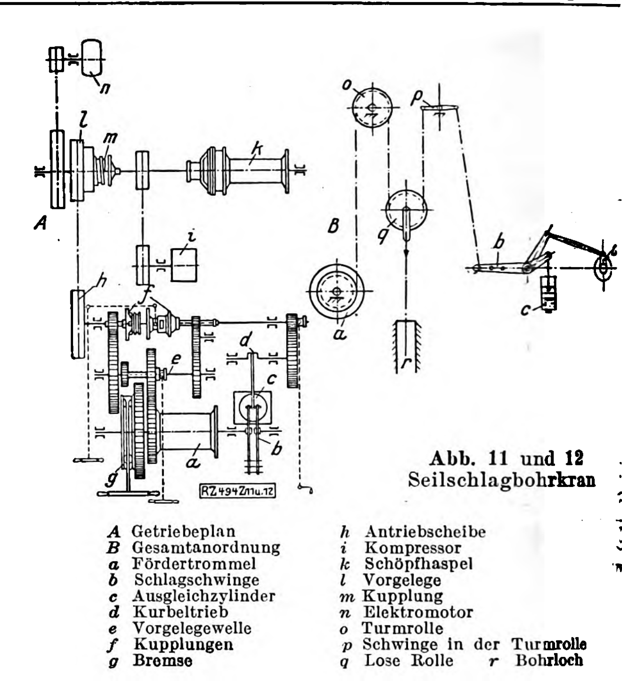


Abb. 11 und 12 Seilschlagbohrkran

A Getriebeplan, *B* Gesamtanordnung, *a* Fördertrommel, *b* Schlagschwinge, *c* Ausgleichzylinder, *d* Kurbeltrieb, *e* Vorgelegewelle, *f* Kupplungen, *g* Bremse, *h* Antriebscheibe, *i* Kompressor, *k* Schöpfhaspel, *l* Vorgelege, *m* Kupplung, *n* Elektromotor, *o* Turmrolle, *p* Schwinge in der Turmrolle, *q* Lose Rolle, *r* Bohrloch

Der Motor treibt mittels Riemens ein Vorgelege von dem die Bewegung ebenfalls mittels Riemens auf Bohrgerät übertragen wird. Vom gleichen Vorge werden gewöhnlich die Spülpumpe und der Kompre zur Erzeugung der Druckluft für den Ausgleichzyli angetrieben. Die Schmandtrommel wird entweder d Riemen angetrieben oder durch Kupplung mit dem gelege verbunden, oder sie erhält einen besonderen trieb, damit man sie nach beendeter Bohrung zum dern benutzen kann.

Nach den im Bohrgerät eingebauten Zahnradvor gen bestimmt sich der Regelbereich des Motors. malerweise genügt eine Verminderung der Drehzahl 35 vH. Eine Umkehrbarkeit des Motors ist meist n

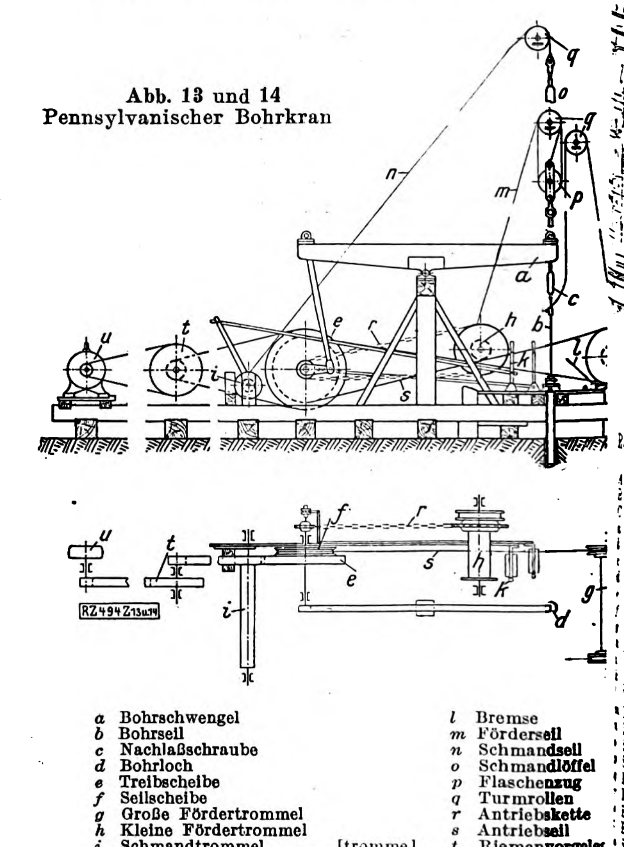


Abb. 13 und 14 Pennsylvanischer Bohrkran

a Bohrschwengel, *b* Bohrseil, *c* Nachlaßschraube, *d* Bohrloch, *e* Treibscheibe, *f* Seilscheibe, *g* Große Fördertrommel, *h* Kleine Fördertrommel, *i* Schmandtrommel, *k* Bedienungshebel für die Schmandtrommel, *l* Bremse, *m* Förderseil, *n* Schmandseil, *o* Schmandlöffel, *p* Flaschenzug, *q* Turmrollen, *r* Antriebskette, *s* Antriebseil, *t* Riemenvorgelege, *u* Elektromotor

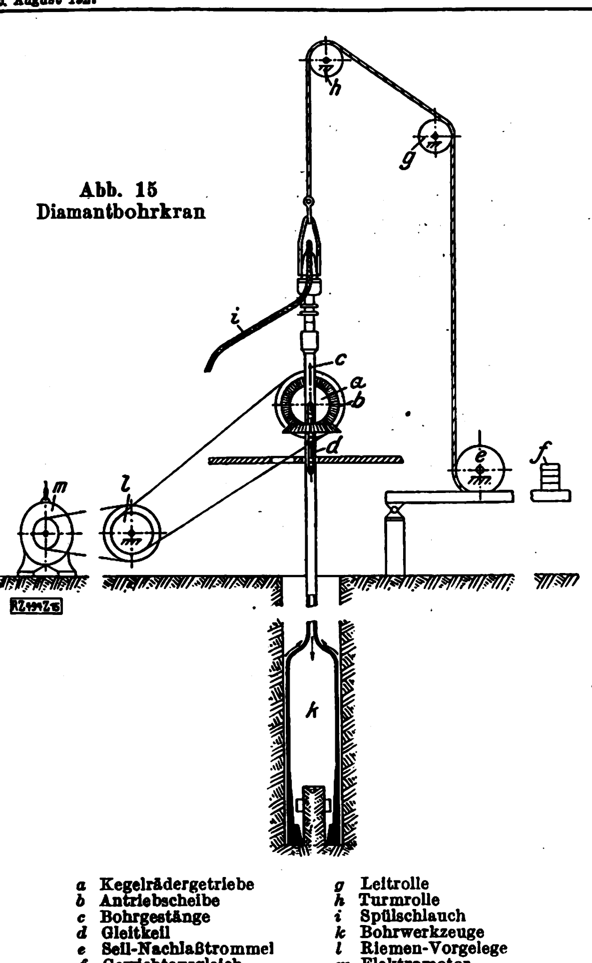


Abb. 15
Diamantbohrkran

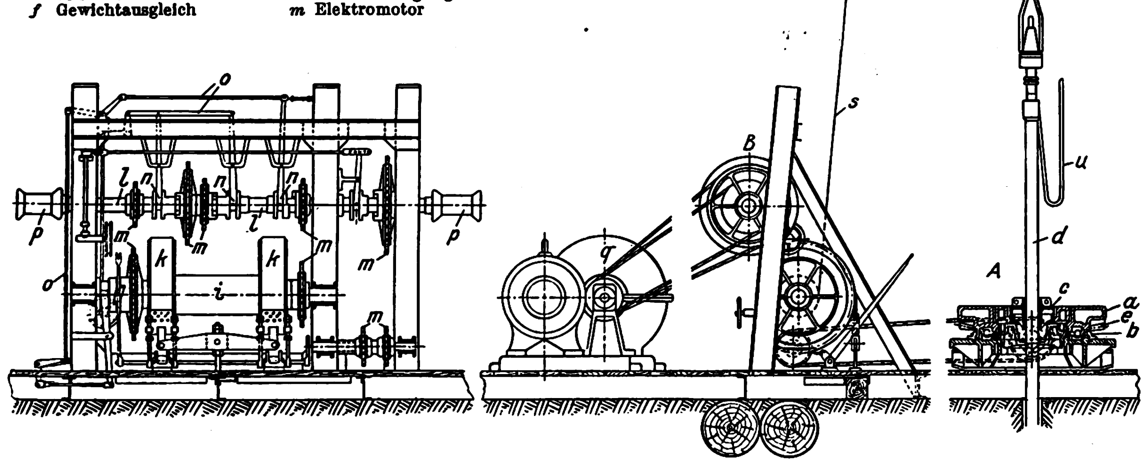
a Kegelrädergetriebe
b Antriebscheibe
c Bohrgestänge
d Gleitkeil
e Seil-Nachlaßtrommel
f Gewichtausgleich
g Leitrolle
h Turmrolle
i Spülschlauch
k Bohrwerkzeuge
l Riemen-Vorgelege
m Elektromotor

erforderlich, da die Geräte eine mechanische Einrichtung für die Uukehr der Drehrichtung besitzen. Da der Motor außer dem Bohrgerät die Spülpumpe und den Kompressor über ein Riemenvorgelege anzutreiben hat, so ist er entsprechend groß zu bemessen.

Das Seilbohren

Der Vorteil dieses Verfahrens gegenüber dem Gestängebohren besteht im wesentlichen darin, daß namentlich bei großen Tiefen viel Zeit bei dem Aufholen und Einlassen des Meißels gespart wird. Deshalb kann man, um einen größeren Bohrfortschritt zu erreichen, die Bohrlochsohle vom Schmand öfter befreien. Einen Nachteil hat das Seilbohren jedoch insofern, als das Umsetzen des Meißels nicht nachprüfbar ist und das Seilbohrgerät nur in nicht stark geneigten Schichten verwendet werden kann. Zu Fangarbeiten muß ferner stets steifes Gestänge bereitgehalten werden.

Verwendet werden zwei Arten von Seilen: Torsionsseile, d. h. solche mit Drall, oder gestreckte Seile. Die Torsionsseile gestatten ein selbsttätiges Umsetzen des Meißels, während das gestreckte Seil durch den Krückelführer wie beim Gestängebohren umgesetzt wird. Zwischen Meißel und Seil ist eine starke Schwerstange und eine Rutschschere eingeschaltet. Für das Seilbohren sind verschiedene Seilbohrkrane entwickelt worden, jedoch ist das pennsylvanische Bohrverfahren am verbreitetsten.



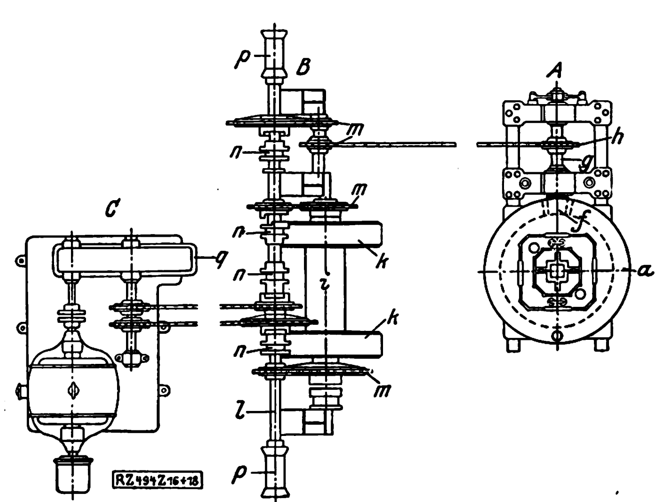


Abb. 15 bis 18
Rotary-Bohrkran

A Drehtisch
B Windwerk
C Elektromotor
a Drehtischplatte
b Kugellager
c Mitnehmerstücke
d Mitnehmerstange
e Kegelrad
f Ritzel
g Antriebswelle
h Antriebskettenrad
i Seiltrommel
k Bandbremse
l Vorgelegewelle
m Kettenräder
n Klauenkupplungen
o Steuergestänge
p Spill
q Kettenradvorgelege
r Flaschenzug
s Bohrseil
t Bohrhaken mit Abzugfeder
u Spülschlauch

Der pennsylvanische Bohrkran

Der pennsylvanische Bohrkran hat, wie der kanadische, einen gleicharmigen Schwengel mit Kurbelantrieb, Abb. 13 und 14. Das Bohrseil ist auf der großen Fördertrommel aufgewickelt und wird über eine Turmrolle zur Nachlaßschraube am Schwengel, wo es festgeklemmt ist, und von dort ins Bohrloch geführt. Das Bohrseil läßt man beim Bohrfortschritt durch die Nachlaßschraube nach. Die Schmandtrommel ist mit dem einen Ende in einem Hebel drehbar. Der Hebel dreht sich in einem Pfosten und kann durch Gestänge vom Bohrloch nach vorwärts oder rückwärts bewegt werden. Hierdurch wird die auf der Schmandtrommel befindliche Scheibe an die große Riemenscheibe angepreßt oder von dieser entfernt. Beim Andrücken an die große Riemenscheibe wird die Schmandtrommel durch Reibung mitgenommen. Für das Rohrebewegen verwendet man oft eine besondere Fördertrommel, sonst erfolgt es mit Hilfe der Schmandtrommel. Gearbeitet wird beim Bohren mit 25 bis 60 Schlägen in 1 min und mit Hubhöhen von 20 bis 100 cm.

Die verschiedenen Hubhöhen bedingen eine Einstellung der Schlagzahl, und es ist deshalb eine Regelung der Motordrehzahl bis um 60 vH bei normalem Drehmoment, bezogen auf die Leistung beim Bohren, notwendig. Infolge des öfteren Hochziehens des Meißels zwecks Befreiung des Bohrloches vom Schmand muß man den Motor der beim Übergang von einem Arbeitsvorgang zum andern jeweils stillgesetzt wird, öfter als beim kanadischen Bohr

Zahlentafel 1. Die verschiedenen Bohrverfahren

Verfahren	Kennzeichen des Bohrverfahrens: Bezeichnung	Arbeitsweise	Spül- oder Trockenbohren	Anwendung für	Schlagzahl in 1 min	Hubhöhe cm	Motorleistung bei 1000 m Bohrtiefe: Nennleistung des Motors entsprechend DIN und VDE-Normen kW	Bohrleistung einschl. Leerlaufarbeit, abhängig von der Schlagzahl kW
Stoßbohren	Kanadisches Bohren	Bohren mit vollem Gestänge und Rutschschere mittels Schwengelgerätes durch Kurbel angetrieben	trocken	Alle Gebirgsarten; auch bei stark abfallendem Gebirge	30 bis 60	40 bis 75	64	rd. 25 bis 4
	Schnellschlagbohren nach Raky „ Fauck „ Trauzl	Bohren mit hohlem Gestänge mittels Schwengelgerätes, Kurbelantrieb und eingebauter Federbatterie	mit Spülung	Alle Gebirgsarten. In stark zerklüfteten oder nachfallenden Formationen mit Dickspülung	bis 120 „ 150 „ 100	8 bis 20 10 „ 50	ausschließlich Spülpumpe 64	rd. 15 bis
	Seilschlagbohren mit indischem Spülbohrkran	An einem Bohrseil angebrachtes hohles Gestänge. Das Bohrseil ist mit dem einen Ende in der Turmkrone befestigt und läuft über eine lose Rolle, eine feste Rolle in der Turmkrone zur Seiltrommel. Durch ein Hubseil wird das Bohrseil kniehebelartig angezogen	mit Spülung	Alle Gebirgsarten. In stark zerklüfteten oder nachfallenden Formationen mit Dickspülung	35 bis 70	20 bis 40	ausschließlich Spülpumpe 64	rd. 20 bis
	Seilschlagbohren mit Schlagwerk	Bohren mit hohlem Gestänge am Bohrseil, das — an einer Turmschwinge befestigt — durch Seil oder Gestänge mittels Schwinge am Schlagwerk in pendelnde Bewegung versetzt wird. Bohrgestänge ist z. T. ausgeglichen	mit Spülung, selten trocken	Alle Gebirgsarten. In stark zerklüfteten oder nachfallenden Formationen mit Dickspülung	60 bis 90, trocken 40 bis 45	10 bis 20, trocken bis 60	einschließlich Spülpumpe und Kompress 64	rd. 35 bis
	Pennsylvan. Bohren	Bohren mit Seil und Rutschschere mittels Schwengelgerätes durch Kurbel angetrieben	trocken	Alle Gebirgsarten. Bei festem Gebirge nur für wagerechte oder leicht abfallende Schichten	25 bis 60	20 bis 100	50	rd. 15 bis
Drehbohren	Diamantbohren	Schleifendes Bohren mittels einer an einem Hohlgestänge hängenden, mit Bohrdiamanten besetzten Bohrkrone, meist in Verbindung mit anderen Bohrarten	mit Spülung	Festes Gebirge ohne wesentliche Nachfallneigung. Für Gase und Öle selten verwendet	Drehzahl bis 200 Uml./min		einschließlich Spülpumpe 40	rd. 10 bis
	Rotary-Bohren	Schneidendes Bohren mittels eines an einem Hohlgestänge hängenden Fischschwanzmeissels	mit Spülung	Vorwiegend weiches Gebirge, auch für mittleres Gebirge noch anwendbar; bei harten Gesteinschichten im Verein mit Seilbohren (kombiniertes Bohren)	Drehzahl 60 bis 150 Uml./min		ausschließlich Spülpumpen 80 oder 100	bis rd. 5

verfahren anlassen, so daß eine höhere Beanspruchung der Anlaßgeräte eintritt. Bezüglich des Motors, der Reglung, Aufstellung usw., gelten die gleichen Ausführungen wie beim kanadischen Verfahren. Bemerkt sei noch, daß mit Vorteil auch die eingangs erwähnten polumschaltbaren Motoren mit Abwärtsreglung der beiden Grunddrehzahlen verwendet werden, eine Ausführung, die in Amerika vielfach üblich ist. Die Schaltgeräte werden auch hierbei vom Bohrloch aus betätigt.

Das drehende Bohren

Beim drehenden Bohren wird das Bohrwerkzeug in eine drehende Bewegung versetzt und gleichzeitig durch das Gewicht des Gestänges auf die Bohrlochsohle gedrückt. Es wird stets mit Spülung gearbeitet. Je nach der Härte des Gebirges muß der Meißel für eine schleifende oder schneidende Wirkung ausgebildet sein. Man unterscheidet daher: Bohren im festen Gebirge (schleifendes Bohren) und Bohren im milden Gebirge (schneidendes Bohren).

Drehzahl-Verminderung bei gleichbleibendem Moment, bezogen auf die Bohrleistung, vH	Zahl der Regelstufen	Laststöße, bezogen auf die Nennleistung	Bemerkungen
50	10	2,5 fach	
60	13 gegebenenfalls zwei Anlasser für Feinregelung	2,5 fach	Es kommen meist zwei getrennt angetriebene Pumpen mit je 20 kW Verbrauch zur Aufstellung. Drehzahl um rd. 30 vH bei Nenndrehmoment herabsetzbar
50	10	2,5 fach	desgl.
bis 35, je nach dem Vorgelege	10	2,5 fach	Antrieb der Spülpumpe und des Kompressors normalerweise von einem gemeinsamen Vorgelege
60	11	2,5 fach	Häufiges Anlassen. Für weitgehende Regelung sind hier polumschaltbare Motoren angebracht (Amerika).
bis 50	13	2,5 fach	Meist gemeinsamer Antrieb von Bohrgeräten und Spülpumpen, selten getrennt angetriebene Spülpumpe
60	13	3 fach	Rasche Umkehrbarkeit für das Stangenverschrauben notwendig. Die Spülpumpen, meist zwei, getrennten Antrieb. Bedarf je rd. 35 kW Drehzahl, um rd. 50 vH bei Nenndrehmoment herabsetzbar. Polumschaltbare Motoren für den Bohrkranantrieb besonders geeignet

Bohren im festen Gebirge

Beim schleifenden Bohren, einem bei Schürfbohrungen und zur Gewinnung von Bohrkernen am häufigsten angewandten Bohrverfahren, wird eine an einem Hohlgestänge angebrachte Bohrkrone, ein ringförmiger Körper mit eingesetzten Bohrdiamanten oder Stahlschneiden, durch einen über dem Bohrloch angeordneten Diamantbohrkran, Abb. 15, in drehende Bewegung versetzt und dem Bohrfortschritt entsprechend nachgelassen. Das Gestänge wird mit einem Gleitkeil oder mittels Vierkantstange durch das Kegelrad hindurchgeführt und durch ein Seil, das über die Turmrolle zu einer Trommel geführt ist, derart gehalten und ausgeglichen, daß — je nach dem Durchmesser des Bohrloches oder der Zahl der Diamanten — ein Druck von 200 bis 400 kg auf die Bohrlochsohle ausgeübt wird. Das beim Bohren erzeugte Bohrmehl wird durch die Dickspülung nach oben gefördert, während der im Hohlraum der Bohrkrone sich bildende Bohrkern durch Hochziehen des Gestänges heraufgeholt wird. Der Kraftbedarf für das Bohren ist verhältnismäßig gering; er richtet sich wie beim stoßenden Bohren nach der Tiefe und dem Durchmesser des Bohrloches.

Maßgebend für die Bestimmung der Motorgröße ist auch der Kraftbedarf der Fördereinrichtung beim Hochziehen und Herablassen des Gestänges. Die Drehzahl des Bohrtisches beträgt höchstens rd. 200 Uml./min und muß, sofern die Getrieberäder nicht ausgewechselt werden, um etwa 50 vH bei normalem Moment, entsprechend der Leistung beim Bohren, regelbar sein. Die Spülpumpe wird gewöhnlich vom Bohrmotor, selten von einem besonderen Motor angetrieben.

Bohren im milden und mittleren Gebirge

Es ist ein drehendes Bohren mit dem Fischschwanzmeißel, der eine schneidende Wirkung auf das Gestein ausübt. Es stammt aus Amerika, wo es unter dem Namen Rotary-Bohrverfahren bekannt ist.

Die Rotary-Bohranlage umfaßt den Drehtisch und das Windwerk, Abb. 16 bis 18, ferner die für die Spülung erforderlichen Pumpen. Der Drehtisch besteht nach der Ausführung von Wirth, Erkelenz, in der Hauptsache aus einem großen Kegelrade, durch das das Bohrgestänge mit der vierkantigen Mitnehmerstange hindurchgeführt ist. Die Stange gleitet in dem Mitnehmereinsatzstück des Bohrtisches. Das Antriebsgestänge hängt während des Bohrens ständig am Flaschenzug und wird durch die Seiltrommel mit Hilfe der Bremse dem Fortschritt entsprechend nachgelassen. Der Antrieb erfolgt mittels Kette über Kettenräder von einem Zahnradvorgelege aus, das vom Motor angetrieben wird. Die verschiedenen Kettenräder werden durch Kupplungen ein- oder ausgeschaltet. Die Drehzahl des Bohrtisches beträgt zwischen 60 bis 150 Uml./min und nur in besonderen Fällen, z. B. beim Nachbohren, wird mit rd. 50 Uml./min gearbeitet. Das Rotary-Bohrgerät wird meistens in Verbindung mit einem Seilbohrkran verwendet. Bezüglich der Bemessung der Motorleistung gilt das gleiche wie beim Diamantbohren. Im Verlaufe des Bohrens schwankt die Leistung hierfür sehr stark. Die Drehzahl zum Bohren muß um etwa 55 vH bei normalem Drehmoment, bezogen auf die Leistung beim Bohren, regelbar sein. Für das Nachbohren ist eine Verminderung der Grunddrehzahl um rd. 75 vH bei etwa einem Drittel des normalen Momentes notwendig. Die elektrische Einrichtung muß eine rasche Umkehr der Drehrichtung für das Stangenverschrauben und eine nicht zu grobstufige Regelung ermöglichen. Die getrennt angetriebenen Spülpumpen erfordern eine verhältnismäßig hohe Antriebsleistung und die Möglichkeit, die Drehzahl um rd. 50 vH bei normalem Moment zu vermindern.

Wegen des großen Regelbereiches ist es beim Rotarybohren sehr zweckmäßig, polumschaltbare Motoren mit Widerstandsregelung beider Grunddrehzahlen zu verwenden; auch kann man Drehstrom-Kollektormotoren mit Vorteil anwenden. Die Schaltgeräte muß man vom Bohrführerstand aus in der Nähe des Bohrloches bedienen können.

Eine Abart des Rotary-Bohrkranantriebes ist die Bauart Hild. Das Wesen dieses Antriebes besteht darin, daß über ein Ausgleichgetriebe zwei Motoren die Drehbewegung des Tisches und die selbsttätige Reglung des Druckes des Meißels auf die Bohrlochsohle mittels der Seiltrommel betätigen.

Schlußbemerkung

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß für jedes Bohrverfahren ohne weiteres ein entsprechender elektrischer Antrieb entworfen werden kann. Die Motoren müssen für hohes Anzugsmoment, etwa für das 2,5- bis 3fache des normalen ausgeführt sein, der rauhe Betrieb bedingt ferner eine kräftige Ausführung des Motors. In den Fällen, wo explosible Gase zu erwarten sind, ist für entsprechenden Schutz gegen ihre Entzündung Sorge zu tragen. Die Motoren müssen während längerer Zeit mit verminderter Drehzahl laufen können, wobei der Drehzahlbereich je nach dem betreffenden Bohrverfahren verschieden ist, und das bei den verschiedenen Drehzahlen verlangte Drehmoment sich auf die Leistung des Motors beim Bohren und nicht auf die bei den Nebenarbeiten bezieht. Die Anlaß- und Regelgeräte müssen auch kräftig gebaut sein; für die Regelung ist eine möglichst hohe Stufenzahl erforderlich. Ein Fernantrieb der Regelgeräte durch Gestänge oder Seil ist immer notwendig. Die den elektrischen Antrieb kennzeichnenden Merkmale der geschilderten Bohrverfahren sind in Zahlentafel 1 enthalten. [B 494]

Werkstattprüfung von Schweißungen[1]

In den letzten Jahren hat die Schweißtechnik eine außerordentliche Verbreitung gefunden, nachdem sich ergeben hat, daß das Schweißen bei Verbindung von Teilen aus Eisen, Kupfer oder Aluminium wesentlich wirtschaftlicher ist als das Nieten. Trotzdem wird auf vielen Gebieten der Nietung heute noch der Vorzug gegeben, obwohl die Schweißung berufen ist, sie allmählich zu verdrängen. Es liegt das daran, daß man der Schweißung nicht das Vertrauen entgegenbringt, wie der Nietung, daß sie bei hochbeanspruchten Teilen den auf sie einwirkenden Beanspruchungen gewachsen ist.

Zwar besteht darüber kein Zweifel, daß eine sachgemäße Schweißung zum mindesten dieselben Kräfte übertragen kann, wie eine sachgemäße Nietung, daß sie sogar in dieser Hinsicht der Nietung überlegen ist, aber bei dem heutigen Stande der Schweißerausbildung ist man leider oft nicht sicher, daß eine Schweißung sachgemäß ausgeführt ist. Eine schlechte Schweißung kann aber bei hochbeanspruchten Teilen eine große Gefahr bieten. Deshalb ist den Behörden auch nicht zu verdenken, wenn sie im Dampfkesselbau, Bau von Eisenkonstruktionen, Brücken und auch zum Teil im Schiffbau die Schweißung an Stelle der Nietung nur im beschränkten Umfange zulassen und auch dann nur, wenn sie durchaus sicher sind, daß sie bei den die Schweißung ausführenden Stellen zuverlässiger Arbeit sicher sind.

Bei der Nietung kann durch Bauüberwachung, Abnahme und Werkstoffprüfung der verwandten Baustoffe jederzeit eine vollkommene Sicherheit gewonnen werden, daß sachgemäße Arbeit, die zu keiner Gefahr Anlaß gibt, geleistet ist. Bei der Schweißung versagen diese Mittel im allgemeinen. Auch die schärfste Bauüberwachung wird nicht verhindern können, daß der Schweißer in einem unbewachten Augenblick einen schwerwiegenden Fehler macht. Bei der Abnahme ist dieser meist auch nicht zu finden; denn eine Schweißung kann äußerlich recht gut aussehen und doch nichts taugen. Im Innern ist sie aber nur durch Zerstörung der Arbeit zu untersuchen. Die Werkstoffprüfung kann ergeben haben, daß der Werkstoff den Ansprüchen genügte, verhindert aber nicht, daß er beim Schweißen verdorben wird. Es bleibt also nur übrig, einzelne Schweißungen stichweise aus der Reihe herauszunehmen und durch Zerstörung zu prüfen, oder solche Prüfungen an besonderen Probestücken vorzunehmen.

Auch das würde schon einen großen Fortschritt bedeuten, denn man wäre dann wenigstens sicher, daß nicht Schweißer, die unzuverlässig sind oder noch nicht die nötige Geschicklichkeit haben, an Arbeiten gestellt werden, von deren sachgemäßer Ausführung Gesundheit und Leben der Mitmenschen abhängt. Den Werken muß ebenso daran gelegen sein wie den Behörden, daß sie gute Arbeit liefern.

Aber auch solche Prüfungen sind nicht einfach. Die bei gewöhnlichen Baustoffen üblichen Prüfverfahren wie Zerreißproben, Schlagzerreißproben, Kerbschlagproben u. a. lassen sich ohne weiteres auf Schweißungen nicht anwenden. Bei einem geschweißten Arbeitstück hat man es nicht mit einem einheitlichen Gefüge zu tun, sondern mit verschiedenen, stark voneinander abweichenden Gefügezonen, der des Baustoffes selbst, der Schmelzzone der Schweiße und der durch Wärmeeinflüsse stark beanspruchten Übergangszone von Schweiße zu Baustoff. Ferner können auch geringe Poren und Schlackeneinschlüsse das Ergebnis der Prüfung stark beeinflussen. Deshalb geben solche Prüfungen meist nur dann eine gewisse Sicherheit, wenn sie von Fachleuten des Materialprüfwesens ausgeführt werden, die sich nicht so leicht zu Trugschlüssen verleiten lassen werden, wie dies bei Nichtfachleuten der Fall sein kann. Daraus ergibt sich nun wieder, daß die Behörden zur Zeit immer nur Firmen in beschränktem Umfange zu hochwertigen Arbeiten zulassen können, soweit eine Prüfung der Leistungen, was Güte der Schweißen anbelangt, durch Materialprüfämter möglich ist.

Dieser Zustand gab dem Fachausschuß für Schweißtechnik beim V. d. I. Anlaß, nach einem Prüfverfahren zu suchen, das auch von Nichtfachleuten mit Sicherheit und ohne daß Trugschlüsse zu befürchten sind, durchgeführt werden kann, um die Zulassung von weiteren Werken zu hochwertigen Arbeiten auf Grund von Prüfungen durch Abnahmebeamte, Beamte der Kesselüberwachungsvereine usw. zu ermöglichen und den ausführenden Werken selbst eine Handhabe zu geben, sich auch ohne die Hilfe der Materialprüfämter oder durch Sachverständige des Materialprüfwesens mit eigenen Beamten über die Güte der verwendeten Schweißstoffe und die Zuverlässigkeit ihrer Schweißer laufend zu unterrichten.

Die Arbeiten der Gruppe für Arbeitsverfahren des genannten Fachausschusses sind jetzt abgeschlossen und in den Mitteilungen des Fachausschusses veröffentlicht. Der Fachausschuß hat sich in gemeinsamer Arbeit von Fachleuten des Materialprüfwesens und der Schweißtechnik für eine einfache Biegeprobe entschieden, nachdem eingehende Versuche ergeben haben, daß diese Probe eine außerordentlich scharfe und dabei auch in Händen von Nichtfachleuten durchaus zuverlässige Prüfung darstellt. Für die Ausführung der Prüfung selbst und die Forderungen, die an die Probe bei dem Biegeversuch zu stellen sind, sind ebenso wie für die Vorbereitung der Probe und die Ausführung der Versuchsschweißung selbst genaue Richtlinien aufgestellt. Damit ist angestrebt, für solche Prüfungen eine einheitliche Grundlage zu schaffen, auf der man die Leistungen der verschiedenen Schweißer und Schweißfirmen vergleichen kann.

Es ist der Zweck dieser Ausführungen, die weiteren Kreise der an der Schweißtechnik Beteiligten auf die Richtlinien hinzuweisen und die Hoffnung auszusprechen, daß die vorgeschlagenen Werkstattsprüfungen durch scharfe Überwachung der Schweißer und genaue Untersuchung der Schweißstoffe dazu beitragen, die Unsicherheit, die sich heute noch bezüglich der Ausführung von Schweißarbeiten geltend macht, allmählich zu beseitigen, damit sich die Schweißung den Platz erobert, der ihr bei sachgemäßer Arbeit gegenüber der Nietung zukommt.

Darüber hinaus ist der Fachausschuß bemüht, ein Prüfverfahren zu finden, das eine Untersuchung der Schweißung auch ohne Zerstörung der Arbeit möglich macht und zur Abnahme der Betriebsarbeiten geeignet ist. Ein solches Verfahren scheint in der Durchleuchtung der Schweißstücke mittels Röntgenstrahlen gefunden zu sein[2]). [N 669]

Wittenberge Oberregierungsbaurat a. D. Bardtke

[1]) Mitteilungen aus dem Fachausschuß für Schweißtechnik beim Verein deutscher Ingenieure.

[2]) Kantner und Herr, Z. Bd. 71 (1927) S. 571.

Modellversuche an Kühlwasserkanälen für Kraftwerke

Mitgeteilt vom Büro für Wärmewirtschaft der Berliner Städtische Elektrizitätswerke, A.-G.

Die zunächst angenommenen Formen der Kanäle erwiesen sich als nicht zweckmäßig — Kräftemessungen und Bestimmung des Verlaufes der Strömungen — Eingehende Modellversuche führten zu den endgültigen Formen durch Einbau von Leitschaufeln am Auslauf und durch große Abrundungen landeinwärts am Einlauf

ei den Planungsarbeiten für das Großkraftwerk Klingenberg tauchten Bedenken auf, ob die angenommene Form der Kühlwasser-Kanalmündungen Zu- und Abführung der etwa 15 m³/s (bei Vollieb) betragenden Wassermengen gestatte, ohne daß ffs- und Bootsverkehr beeinträchtigt würde. Um i einem dahingehenden behördlichen Verlangen Rech- zu tragen, führte die Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau, Berlin, im Auftrage der Berliner Städtische Elektrizitätswerke, A.-G., Versuche durch, deren wichtigste Ergebnisse hier wiedergegeben werden werden sollen.

Zahlentafel 1

äfte am Auslaufkanal (Nr. 1 bis 6) und am Einlaufkanal (Nr. 7 bis 17)

Entfernung vom Ufer	Schiffsverdrängung	Wasserstand	Kühlwassermenge	Größte festgestellte Kraft am	
				Vorderschiff	Hinterschiff
m	t	cm	m³/s	t	t
75,0	800	+ 33,76	60	1,16	1,87
"	"	"	30	0,27	0,43
"	"	"	16	0,14	0,28
"	395	"	60	0,34	0,80
"	"	"	30	—	0,14
"	"	"	16	—	—
9,5	800	+ 33,76	60	1,26	1,55
"	395	"	60	0,18	0,42
"	800	+ 32,23	30	2,19	2,38
"	800	"	16	0,67	0,78
"	395	"	30	0,16	0,40
"	395	"	16	0,21	0,49
"	800	+ 32,06	30	4,28	4,18
"	800	"	16	1,50	1,85
"	395	"	30	0,20	0,70
"	395	"	16	0,10	0,11
22,5	800	"	16	0,06	0,00

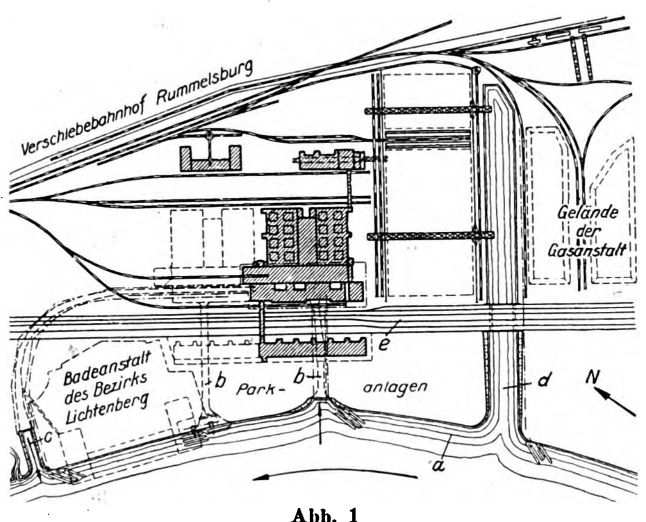


Abb. 1
Lageplan des Großkraftwerkes „Klingenberg"
a Spree *b* Einlaufkanäle für Kohlenzufuhr *c* Auslaufkanal *d* Stichkanal *e* Köpenicker Chaussee

Der Lageplan des Großkraftwerks Klingenberg ist in Abb. 1 wiedergegeben. Es wurde ein Holzmodell der Spree mit Pumpenanlage, sowie Hoch- und Eichbehältern, Abb. 2, hergestellt, und zwar wegen der räumlichen Ausdehnung nur für die halbe Spreebreite (die nördliche Hälfte). Die Versuche erstreckten sich auf die Feststellung der Kräfte, denen ein vor dem Einlauf- oder Auslaufkanal liegendes Schiff ausgesetzt war. Zur Feststellung dieser Messungen diente das Modell eines Breslauer Meßkahnes (55 m Länge, 8,0 m Breite, 2,0 m Tiefgang und 800 t Wasserverdrängung), vergl. Abb. 3. Vor- und Hinterschiff des Kahnes konnten leicht beweglich an die Hebel der Wagebalken angehängt werden, die sich auf einem fahrbaren Gestell befanden. Die Wagebalken befanden sich, wenn keine Kraft auf den Kahn einwirkte, in einer durch geeichte Spiralfedern bestimmten Ruhelage. Wurde nun der Kahn vor eine der Kanalmündungen gebracht, so ergaben die Zeiger der Wagebalken Ausschläge, die in der Wirklichkeit bestimmten Kräften je nach dem Eichverhältnis der Wage entsprechen. Die Genauigkeit der Messung darf bei solcher Anordnung mit Rücksicht auf die stets auftretenden geringen Kraftschwankungen, die sich in leichten Schwingungen der ganzen Versuchsanordnung während der Messung ausdrücken, mit ± 65 kg bei Gesamtkraftwirkungen, die zwischen 0,3 und 4 t schwanken, vergl. Zahlentafel 1, als genügend genau bezeichnet werden. Die Messung der Kräfte wurde bei verschie-

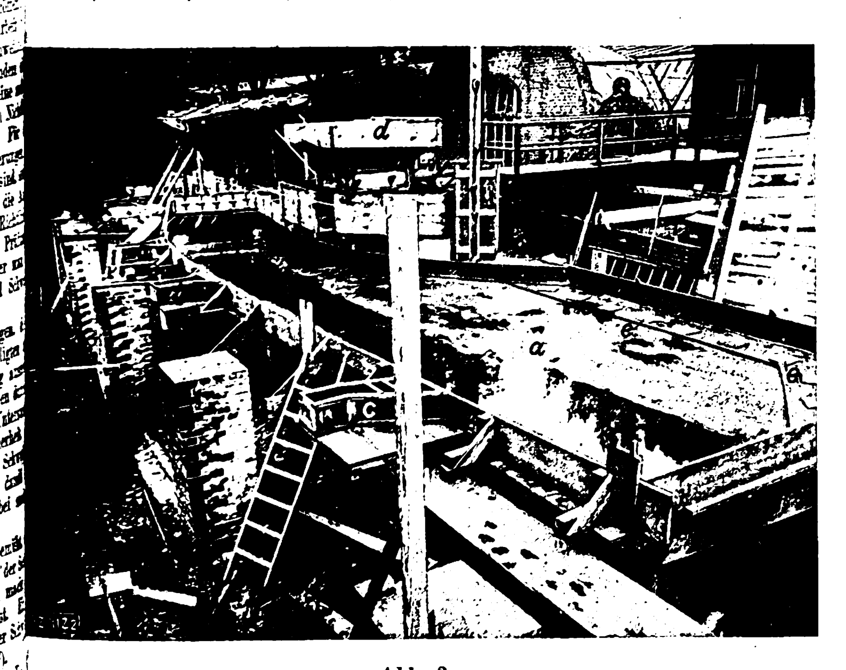


Abb. 2
Holzmodell der nördlichen Spreehälfte
a Spreeprofil (flußaufwärts gesehen) nach Profilmessungen hergestellt *b* Einlaufkanäle *c* Auslaufkanal *d* Pumpenanlage und Eichbehälter *e* Abdeckbare Austrittöffnungen für das Versuchswasser

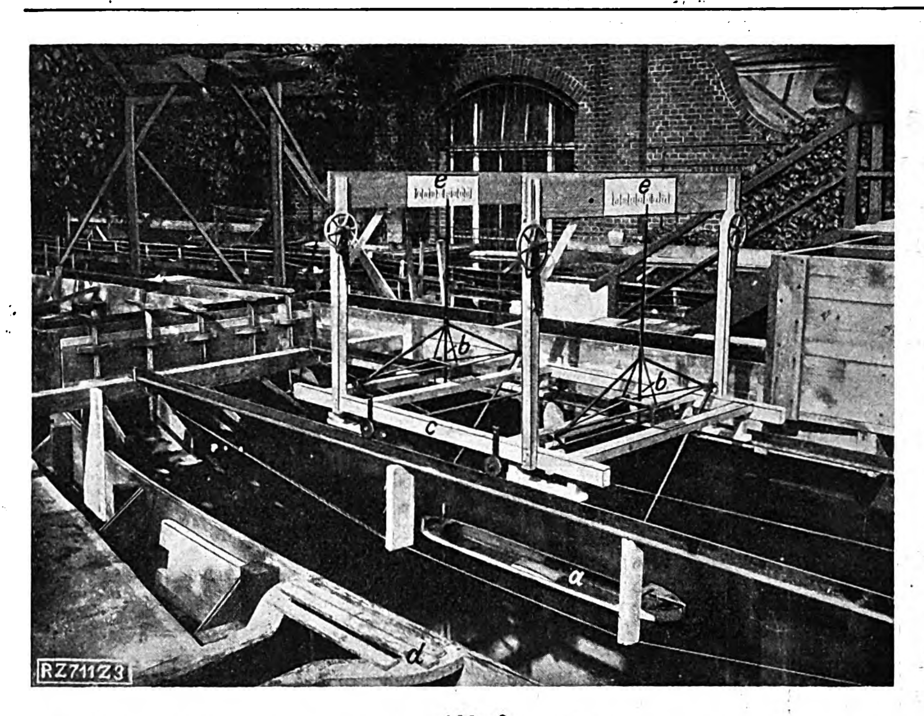


Abb. 3
Fahrbares Meßgestell mit Wagebalken und darunter liegendem Kahnmodell
a Kahnmodell *b* Wagebalken *c* Fahrbares Meßgestell
d Einlaufkanal *e* Meßteilung

denen Abständen des Schiffes vom Ufer und bei den Wasserständen + 32,06, + 32,28, + 33,76 vorgenommen, die den Wassermengen bei Niedrig-, Mittel- und Hochwasser 7, 35 und 90 m³/s entsprechen. Die Ergebnisse einer solchen Messung am Auslauf- und am Einlaufkanal bei Hochwasser, und zwar für je ein Schiff von 800 und 395 t, sind in Zahlentafel 1 sowie in Abb. 4 und 5 wiedergegeben.

Aus meßtechnischen Gründen führte man die Versuche auch mit größeren Kühlwassermengen als 16 m³/s (Normalfall) durch, um vor allem mit genügender Sicherheit auf die Kräfte bei kleinen Wassermengen der Spree schließen zu können.

Hätte man Messungen mit entsprechend kleineren Kühlwassermengen als 16 m³/s durchgeführt, so hätte die Übertragung aus dem Modellversuch auf die Natur zu Fehlern führen können, da si[…] dann die Wasserbewegungen a[…] Modell nicht mehr im turbulent[…] Gebiet abgespielt haben würden.

Ferner wurden für alle Verhä[…] nisse auch die Stromlinien am E[…] und Auslauf ermittelt, die besc[…] ders bei Niedrigwasser der Spr[…] vergl. Abb. 6, erkennen ließen, [...] wahrscheinlich sogar ein Rückst[…] men des Austrittwassers nach d[…] Einlaufkanal auftreten würde.

Die Auswertung dieser Mod[…] versuche mit Mündungen, [...] ursprünglich für den Bau der K[…] wasserkanäle angenommen wa[…] ergab, daß an den Einlaufkanä[…] die Schiffahrt wenig gefährdet [...] würde. In etwa 25 m Abstand [...] Ufer war die Einwirkung der Q[…] strömung bereits so gering, [...] leichtes Rudergeben die Fahrtr[…] tung sicherte, vergl. Abb. 7. [...] merhin hätten die Schiffe di[…] Abstand mindestens einhalten m[…] sen, da die Kräfte nach dem [...] zu schnell zunahmen. Ungünst[…] waren die Verhältnisse jedoch [...] Auslaufkanal. Der Auslaufst[…] blieb auch noch in größerem [...] stand vom Ufer ziemlich gesc[…] sen, vergl. Abb. 8, und übte [...] merkbare Kräfte auf das Schiff [...]

Es ergab sich daher die Notwendigkeit, die Kanalmün[…] so abzuändern, daß die Strömgeschwindigkeit geri[…] und die Streuung größer wurde.

Zur Ermittlung der günstigsten Kanalmündung w[…] daraufhin elf verschiedene Auslaufformen, Abb. 9 bi[…] und zwei Einlaufanordnungen untersucht. Zunächst [...] suchte man, das Wasser vor seinem Auslauf in die S[…] zu teilen und die beiden Ströme gegeneinander zu fü[…] Abb. 9; hierdurch und durch zehn Leitschaufeln [...] eine gleichmäßige Verteilung des Wassers über [...] ganzen Querschnitt erzielt werden. In etwa 30 m [...] fernung von der Mündung und bei 15 m³/s Kühlwa[…]

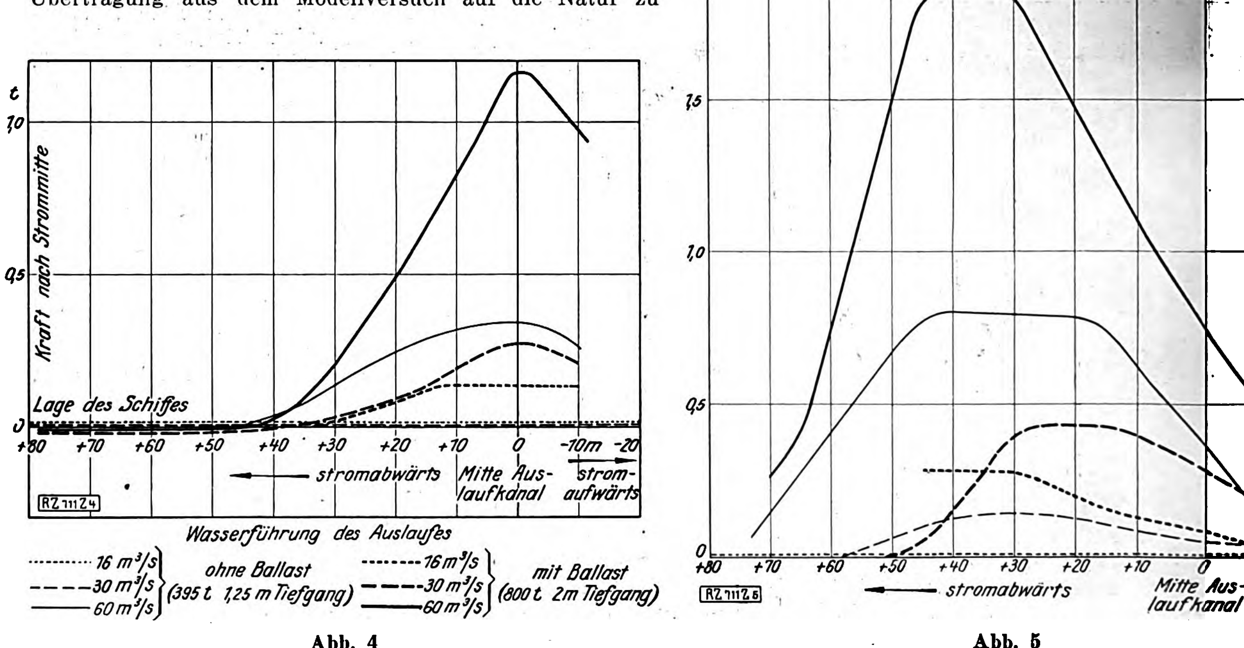


Abb. 4 und 5
Die vor dem Auslaufkanal an einem Breslauer Meßkahn auftretenden Kräfte. Die Abszissen bezeichnen d[…] Lage des Vorderstevens des Schiffsmodells gegenüber der Mitte des Auslaufkanales

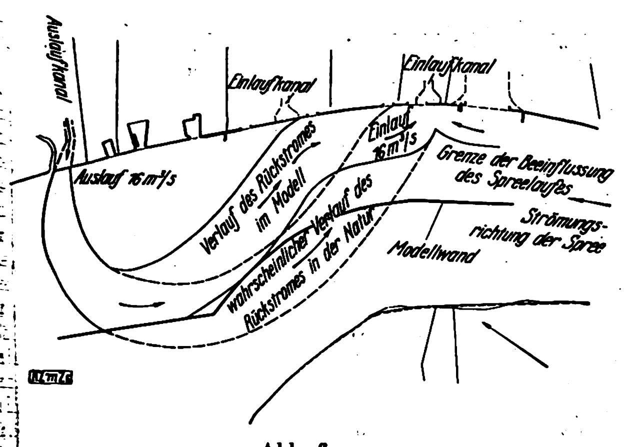


Abb. 6
…ömungen des Kühlwassers am Einlauf- und Auslaufkanal bei Niedrigwasser nach dem ersten Entwurf

…nahme und Mittelwasser der Spree betrug die auf das …iff ausgeübte Gesamtkraft aber immer noch 0,1 bis …[1]). Außerdem machte sich eine starke Rückströmung … der Seite und in der Mitte des Auslaufs bemerkbar. … Mittelstück wurde dann herausgenommen und die …buchtung der Wände beseitigt, Abb. 10. Die Kraft…kung war zwar jetzt etwas geringer, eine nennens…t bessere Strömung ergab sich aber hierdurch nicht. Der Wasseraustritt drängte sich nach beiden Seiten, vergl. Abb. 10 a. Auch die Anordnung einer weiteren Leitschaufel in der Mitte, Abb. 11, hatte zunächst keinen Erfolg. Insbesondere wurde jetzt die ausströmende Kühlwassermenge bei Hochwasserstand der Spree geschlossen talwärts geschoben. Die Zahl der Leitschaufeln wurde nunmehr auf sechs verringert, an der Form des Auslaufs aber nichts geändert, Abb. 12. Es trat jetzt eine starke Rückströmung des Wassers in der Auslaufmitte ein. Als größte auftretende Kraft ergab sich 0,3 t. Sodann wurde bei gleicher Leitschaufelzahl die Breite der Mündung von 50 auf 42 m verringert, Abb. 13. Nunmehr löste sich das Kühlwasser von den Kanalwänden und Leitschaufeln und floß in verschiedenen, voneinander getrennten Strömen ab. Am Schiff ergab sich wiederum als größte Kraft 0,3 t. Schließlich setzte man die Auslaufbreite auf 32 m herab und erhöhte die Leitschaufelzahl wieder auf acht, Abb. 14; die Austrittkanten wurden kreisförmig abgerundet. Es zeigte sich jetzt eine bessere Verteilung der Strömung, Abb. 14 a, auch die Kraftmessung am Schiff ergab nur im Höchstfalle 0,1 t. Eine Änderung der kreisförmigen Abrundung in eine mehr elliptische, Abb. 15, zeitigte dagegen ein schlechteres Ergebnis.

Die bisherigen Versuche haben bereits gezeigt, daß man durch Leitschaufeln am ehesten zu einem befriedigenden Ergebnis gelangen würde. Entfernte man die Schaufeln ganz, Abb. 16 und 16 a, so trat das Kühlwasser in einem zusammenhängenden Strom weit über 100 m in die Spree hinein, wo es dann talwärts abbog. Bei dieser Ausströmung traten Querkräfte von 0,5 bis 0,6 t am Spree-

[1]) Alle folgenden Messungen beziehen sich auf die gleiche Schiffs-…(30 m Abstand von der Mündung).



Abb. 7
…römungen am Einlaufkanal beim ersten Entwurf; …iedrigwasserstand N. W. = 7 m³/s, Einlaufwassermenge Q = 16 m³/s

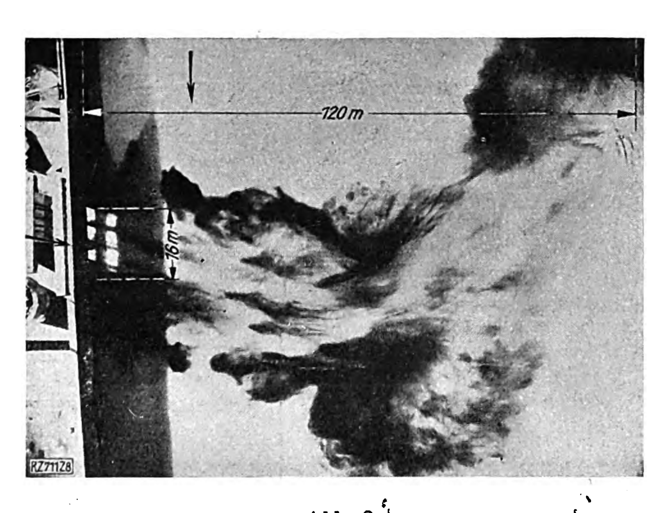


Abb. 8
Strömungen am Auslaufkanal beim ersten Entwurf; N. W. = 35 m³/s, Q = 16 m³/s

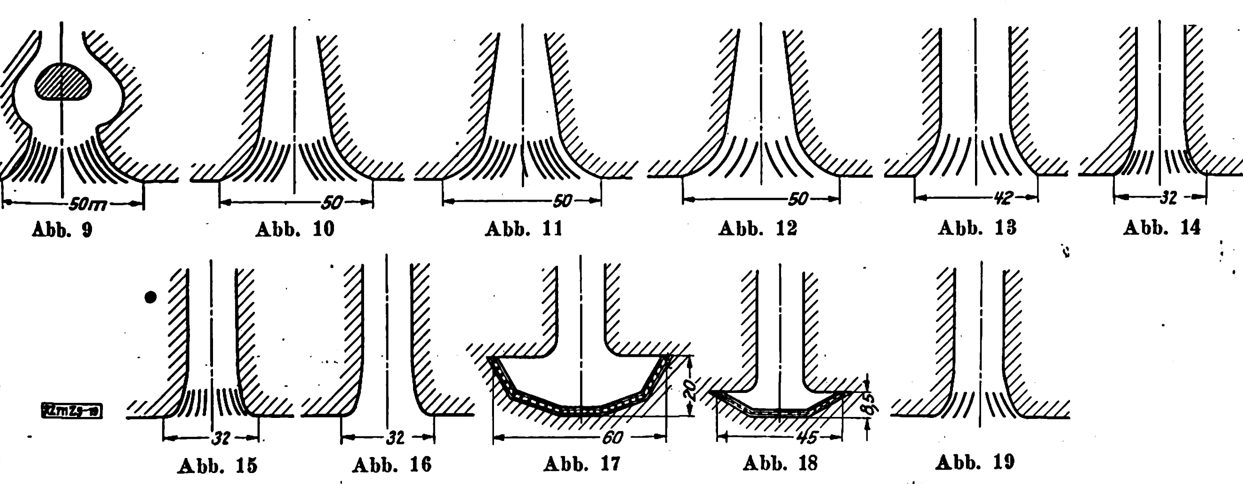


Abb. 9 Abb. 10 Abb. 11 Abb. 12 Abb. 13 Abb. 14

Abb. 15 Abb. 16 Abb. 17 Abb. 18 Abb. 19

Abb. 9 bis 19
Untersuchte Formen des Auslaufkanals

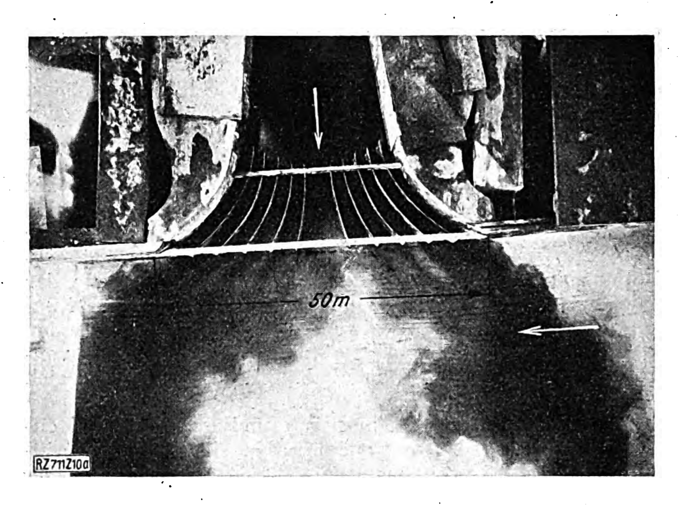


Abb. 10a
Verlauf der Strömung am Auslaufkanal, durch gefärbtes Wasser gekennzeichnet, Form nach Abb. 10. Mittelwasserstand M. W. = 35 m³/s, Q = 30 m³/s

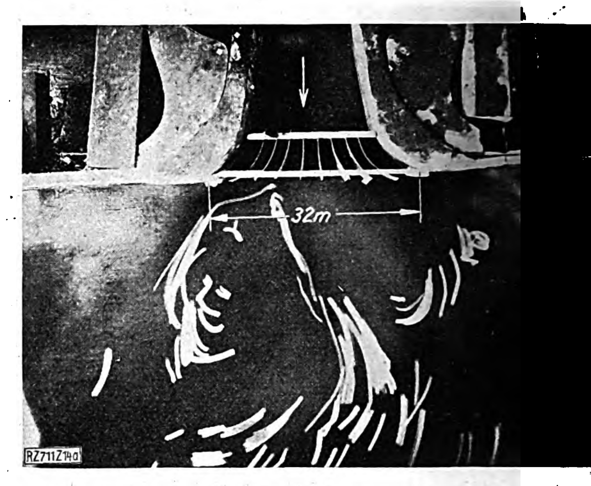


Abb. 14a
Strömung am Auslaufkanal, durch Seidenpapierstreifen gekennzeichnet, Form nach Abb. 14. M. W. = 35 m³/s, Q = 30 m³/s

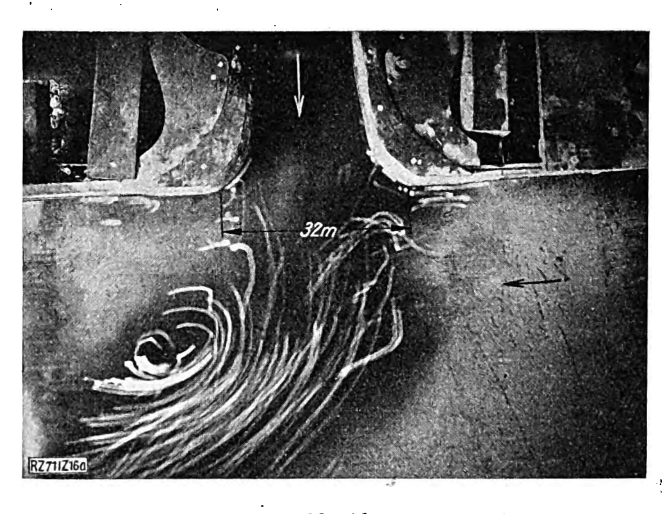


Abb. 16a
Strömung am Auslaufkanal, Form nach Abb. 16 (ohne Leitschaufeln). M. W. = 35 m³/s, Q = 30 m³/s

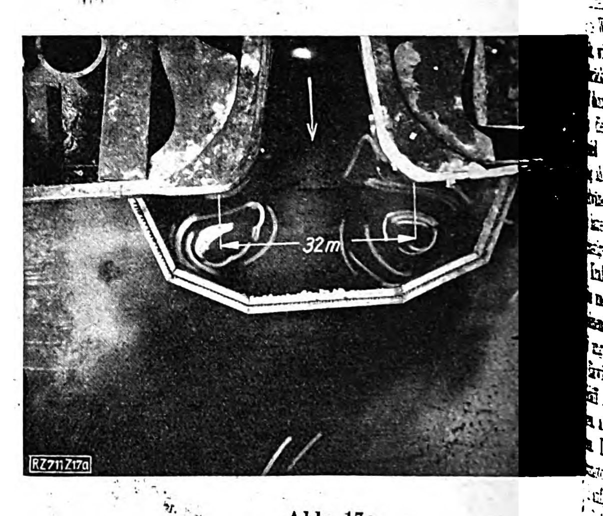


Abb. 17a
Strömung am Auslaufkanal, Form nach Abb. 17 M. W. = 35 m³/s, Q = 30 m³/s

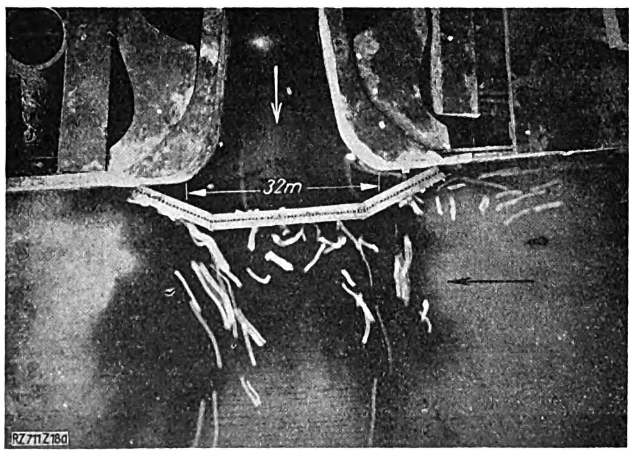
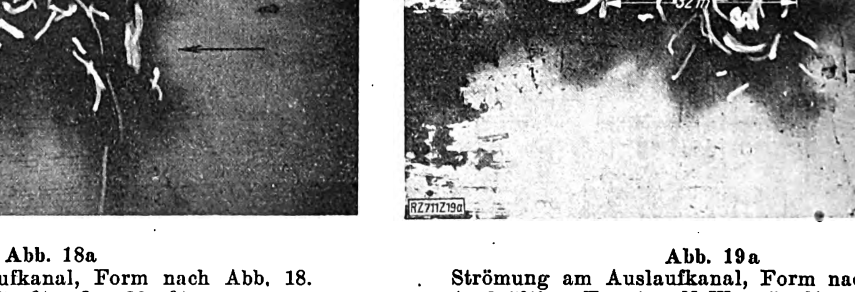


Abb. 18a
Strömung am Auslaufkanal, Form nach Abb. 18. M. W. = 35 m³/s, Q = 30 m³/s



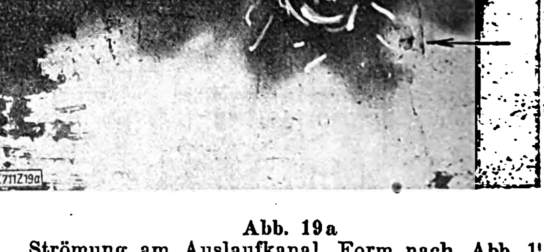


Abb. 19a
Strömung am Auslaufkanal, Form nach Abb. 1! (endgültige Form). N. W. = 7 m³/s, Q = 30 m³/

kahn auf. Es wurde auch versucht, durch Einrammen von Rundpfählen vor der Öffnung einen geringen Stau im Auslauf zu erzeugen, Abb. 17 und 18; hierdurch sollte das Wasser gezwungen werden, nach allen Seiten in die Spree auszutreten. Auch wurden Rundstäb Schwimmbalken so befestigt, daß eine Art von I entstand, der an der Fußsohle einen 1 m hohen Austrittquerschnitt frei ließ. Gegenüber den Vers



Abb. 20
Auslaufkanal mit Leitschaufeln

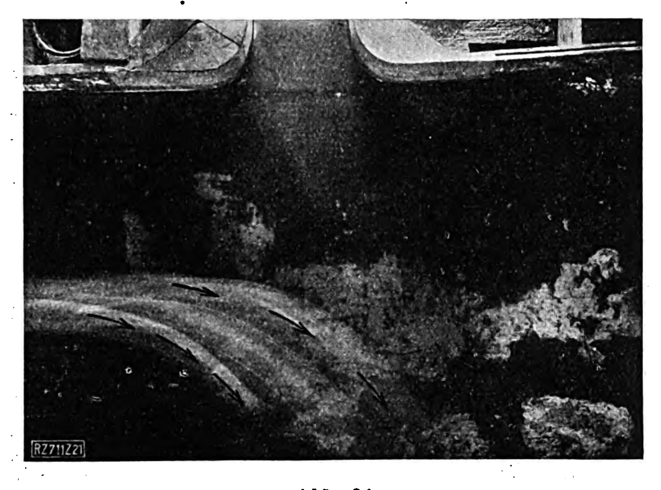


Abb. 21
Auslaufkanal ohne Leitschaufeln

Abb. 20 und 21
Fahrtrichtung des Schiffes vor dem Auslaufkanal bei gerader Ruderstellung

ohne Leitschaufeln ergab das zwar eine bedeutende Verbesserung; die Wirkung der Leitschaufeln wurde jedoch nicht erreicht, wie Abb. 17a und 18a erkennen lassen.

Unter Berücksichtigung aller dieser Versuche wurde der Auslauf dann nochmals abgeändert. Die gradlinige Erweiterung, die an den Wandungen Knicke bedingte, vermied man und rundete die Kanalmündung ellipsenförmig ab, wobei wieder sechs entsprechend gekrümmte Leitwände eingebaut wurden, Abb. 19. Diese Abänderung hatte vollen Erfolg. Nunmehr ergab sich eine sehr günstige Strömung des austretenden Wassers, Abb. 19a. Kraftmessungen bei zwei verschiedenen Wasserständen und vier verschiedenen Uferentfernungen und verschiedenen Schiffslagen ergaben nur noch sehr geringe und ungefährliche Wirkungen. Um nochmals die günstige Einwirkung der Leitschaufeln nachzuweisen, wurde das Schiff schwarz angestrichen und am Bug mit einem kleineren, am Heck einem etwas größeren weißen Knopf versehen. Das nunmehr freifahrende Schiff wurde mittels Elektromotors angetrieben und die Fahrtrichtung photographisch aufgenommen. Die in Abb. 20 und 21 sichtbaren weißen Striche auf den Lichtbildern sind durch die Lichteindrücke der weißen Bug- und Heckknöpfe entstanden; sie zeigen deutlich das starke Abbiegen des Schiffes vor dem Auslaufkanal ohne Leitschaufeln, Abb. 21, im Gegensatz zur praktisch unbeeinflußten Fahrtrichtung in Abb. 20.

Die Messungen am Einlaufkanal führten zu dem Ergebnis, daß als Breite des Einlaufes statt 24 m 50 bis 60 m vorteilhafter sind. Außerdem wird die Kraftwirkung des zum Werk abfließenden Wassers durch eine abgerundete trichterförmige Einlaufmündung so herabgemindert, daß bei Schiffen von 800 bis 1000 t keine Einwirkung mehr zu ermitteln war. Die endgültige Kanalmündung zeigt Abb. 22, die ursprüngliche Abb. 6. Zur Sicherung für kleinere Fahrzeuge, Sportboote usw., erwies sich eine Dalbenreihe mit dazwischen eingehängten Schwimmbalken als vorteilhaft. Zudem verhindern die Dalben, daß sich ein Fahrzeug unmittelbar vor den eigentlichen Einlauf legen kann und den Kühlwasserzutritt einengt.

Die vom Wasserbauamt durchgeführten Messungen konnten so rechtzeitig mit Erfolg beendet werden, daß der Bau keine Verzögerung erfuhr. Die wirkliche Bau-

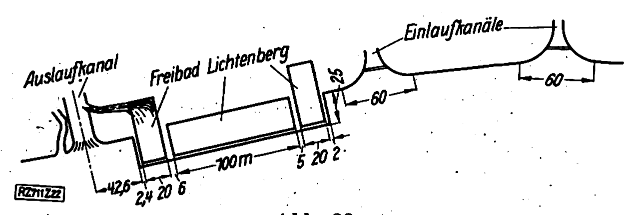


Abb. 22
Endgültige, durch Versuche bestimmte Mündungen der Kühlwasserkanäle

ausführung lehnt sich genau an die Modellformen an. Die Versuche wurden weiterhin ergänzt durch Feststellung der Wassermengen, die bei einer vorgesehenen Kanalabzweigung in das Becken des Freibades abströmen können, vergl. Abb. 1 und 22[2]). Durch ein Rohr von 1,4 m Dmr. fließen dem Badebecken etwa 1600 m^3/h erwärmtes Kühlwasser aus dem offenen Kanal zu.

Mit geringen Unkosten wurde nachher das Modell so umgebaut, daß man auch die Kühlwasserverhältnisse des Kraftwerkes Charlottenburg untersuchen konnte. Über die Ergebnisse dieser Versuche soll später berichtet werden. [B 711]

[2]) Bekanntlich kann ein Teil des Kühlwassers zum Anwärmen des an dieser Stelle neuerrichteten Flußbades benutzt werden.

Wärmeübergang und Turbulenz

Nachtrag

Prof. F. K. Th. van Iterson in Heerlen (Holland) übersandte mir einen Sonderabzug seiner Arbeit „De warmte-overgang van vaste lichamen op turbulent stroomende vloeistoffen" aus der holländischen Zeitschrift „De Ingenieur" 1926, Nr. 17, der mir und wohl auch anderen deutschen Forschern auf diesem Gebiete entgangen ist. In dieser Abhandlung findet sich schon eine, wenn auch etwas abweichende Herleitung des von mir in Z. Bd. 71 (1927) S. 1071 aufgestellten Zusammenhanges zwischen der Wärmeübergangzahl α und dem Widerstandsbeiwerte λ mit einer Prüfung an zahlreichen verschiedenartigen Versuchsergebnissen, allerdings unter Beschränkung auf das turbulente Gebiet. [N 718]

Danzig H. Lorenz

Tagung für Maschinenelemente

Am 8. und 9. Juli fand in Erfurt auf Einladung des Wissenschaftlichen Beirates des Vereines deutscher Ingenieure eine geschlossene Tagung über Maschinenelemente und Konstruktionsfragen statt. Die Aufgaben der wissenschaftlichen Behandlung der Maschinenteile drängen sich seit einigen Jahren in den Vordergrund; Ansätze zur Behandlung sind an verschiedenen Stellen vorhanden, die Einladung des Wissenschaftlichen Beirates zu einer Aussprache fand daher lebhaften Widerhall.

Systematik

Prof. Kutzbach, Dresden, erläuterte und begründete die „Systematik der Maschine" oder die „allgemeinen Grundlagen der Maschinentechnik", die er seit Jahren in seinen Vorlesungen über Maschinenelemente und auch in der neuen „Hütte" Bd. II S. 27 verwendete.

Maschinen dienen, was auch ihre Sonderaufgabe sei, stets zur geregelten Orts- oder Formänderung von Stoff oder Energie. Der Begriff Maschine im weitesten Sinn ist abhängig von der Art des Stoffes (feste, flüssige, gasförmige Körper, Moleküle oder Elektronen) und von der Art der Energie (mechanische, thermische, elektrische, chemische usw.). Dieser weitere Begriff liegt dem Ausdruck Maschineningenieurwesen zugrunde, da die Anwendung aller Mittel zur regelnden Beherrschung der Orts- und Formänderung von Stoff oder Energie unter die Aufgaben des Maschineningenieurs fallen können.

Diese Mittel können sein:

1. Speicher, Leitungen, Umformer (bei gleicher Energieart) und Umwandler (bei Übergang in eine andre Energieart),
2. Steuervorrichtungen (Schalter und Widerstände) und Regelvorrichtungen.

Man könnte die Mittel der Gruppen 1 auch als Mittel zur Orts- und Formänderung, diejenigen der Gruppen 2 als Mittel zur Steuerung und Regelung bezeichnen.

Beschränkt man den Begriff der Maschine auf Gebilde, welche den Zweck der Maschine durch mechanisch wirkende Hilfsmittel erreichen, so erhält man die Maschine im üblichen engeren Sinne, deren Glieder und Teile man, soweit sie allen Maschinenarten gemeinsam sein können und nicht Eigenart der Sondermaschinen sind, als „Maschinenelemente" bezeichnet[1]).

Die bekannte Mannigfaltigkeit der Maschinenelemente kommt zunächst daher, daß drei Arten von Baustoffen in den Maschinen benutzt werden, 1. solche, welche Kräfte ($\pm P$) und Drehmomente ($\pm M$) weiterleiten können (Formstoffe), 2. solche, welche nur Zugkräfte ($+P$) weiterleiten können (Hüllstoffe), 3. solche, welche nur Druckkräfte ($-P$) weiterleiten können (Füllstoffe). Eine weitere Mannigfaltigkeit kommt dadurch hinein, daß es unter den Maschinengliedern, abgesehen von den Stoffleitungen, Leiter statischer Energie gibt, die wiederum im Gleichgang, im Wechselgang oder im Rastgang arbeiten, Leiter von statisch-dynamischer oder von Schwingungsenergie und Leiter dynamischer Energie. Von den Umformern, deren geometrische Formen und Gesetzmäßigkeiten die Kinematik lehrt, seien der Wälztrieb, der Kurventrieb und der Koppeltrieb für die Formstoffe und der Hülltrieb für Hüllstoffe auf Formstoffen genannt. Zu den Umformern gehören aber auch die beweglichen Leitungsgelenke und ebenso die Leitungsverzweigungen („Differentiale") aller Art.

Als Maschinenteile, die zum willkürlichen oder selbsttätigen Ein- und Ausrücken der einzelnen Maschinenglieder (Speicher, Leitungen, Umformer) benutzt werden, dienen Steuervorrichtungen, nämlich Schalter (Wellenschalter, Gestängeschalter, Rohrschalter) und Widerstände (Drossel- und Bremsvorrichtungen). Dazu kommen außerdem, wenn auch nicht immer, die Regelvorrichtungen, nämlich Melde- und Meßvorrichtungen für Ort-, Form- oder Zustandsänderungen, die zur Regelung und Steuerung der Maschine mittelbar über die Bedienung oder unmittelbar durch Steuervorrichtungen benutzt werden, wobei wiederum vielfach Verstärker (Relais, Hilfsmotor) mit Vorteil verwendet werden.

C. Volk, Berlin, führte aus, daß drei Gruppen von Ursachen die Form und die Abmessungen eines Werkstückes bestimmen:

Berechnung, Erfahrung und Gefühl

Berechnung ist das Ergebnis der wissenschaftlichen Durchdringung der Aufgabe. Sie geht oft von Erfahrungswerten aus, und die Entscheidung, ob gewisse Voraussetzungen noch zutreffen oder nicht, muß mehr oder minder gefühlmäßig getroffen werden.

Die Erfahrung entstammt der praktischen Tätigkeit und der Versuchstätigkeit oder ist von Dritten übernommen. Sie darf nicht dazu führen, dauernd im alten, „erprobten" Gleise zu bleiben, sondern soll vom sicheren Boden aus den Fortschritt ermöglichen. In dem Bewußtsein, auf dem rechten Wege zu sein, muß oft auch ein Sprung gewagt werden.

Das Gefühl muß den Konstrukteur befähigen, sich in eine Aufgabe „einzufühlen", sie nicht nur mit dem Verstand, sondern auch mit der Seele zu erfassen. Der schöpferisch tätige Konstrukteur muß das allmähliche Werden einer Konstruktion als Wachstumsvorgang empfinden, so daß ein Baukörper entsteht, der den Betriebsbedingungen und dem Werkstoff entspricht.

Bei der Frage, ob die Maschinenelemente geeigneter Übungsstoff für die konstruktive Tätigkeit sind, ist zu beachten, daß z. B. ein Absperrventil aus verschiedenen Dichtungsteilen, Führungen, Bedienungsteilen usw. besteht. Zerlegt man die Maschinenteile in ihre Bauteile, so bilden z. B. alle Führungen an Kraftmaschinen, Werkzeugmaschinen, Apparaten, Webstühlen usw. eine große Familie, deren Konstruktion nach gleichartigen Gesichtspunkten vor sich geht. Volk machte den Vorschlag, dem Konstruieren der Maschinenteile eine Gestaltungslehre der Bauteile voranzustellen, die das konstruktive Gefühl stärkt und die eine starke, seelische Anteilnahme der Konstrukteure an ihrem Werk herbeiführt[2]).

Konstrukteurfragen

Mit den „Anforderungen der Industrie an die konstruktive Tätigkeit der Ingenieure" beschäftigen sich vie[le] Führer der Industrie. Ein Vertreter der chemischen Gro[ß]industrie brachte hierzu Folgendes vor:

Anfang dieses Jahres suchten wir einige Konstrukteure, um sie vor neuartige Aufgaben zu stellen, nämli[ch] Geräte für raschlaufende Prozesse und für Hochdruck [zu] konstruieren. Wir haben uns überall umgehört, haben ab[er] keine passenden Konstrukteure bekommen können.

Die Ansprüche der chemischen Industrie an die I[n]genieure sind in den letzten zwei Jahrzehnten höher [ge]worden. Die chemischen Fabriken waren früher in erst[er] Linie mit Farbstoffen beschäftigt und konnten die wisse[n]schaftlich gebildeten Ingenieure nur wenig gebrauche[n]. Dank der hervorragenden wissenschaftlichen Forscherarbe[it], die in eigenen Laboratorien durchgeführt wurde, wurd[en] in diesen Laboratorien die Betriebsführer und Chemik[er] jahrelang ausgebildet, und so hatte man die Gewißheit, d[aß] der wissenschaftliche Geist auch im Betrieb gepflegt wur[de]. Die Maschinen, Kessel, Einrichtungen, Apparate waren [zu] jener Zeit äußerst einfach. Die Apparate waren durchw[eg] einfache Konstruktionen und wurden von Maschinenfabrik[en] zu Hunderten geliefert. Die wärmetechnischen und mec[ha]nischen Wirkungsgrade spielten keine große Rolle, da [die] Unkosten durch die Einrichtungen bei der Preisbildu[ng] nicht ausschlaggebend waren. Die Bewachung, Insta[nd]haltung der einfachen Einrichtungen stellten keine bes[on]deren Ansprüche. Es lag keine Veranlassung vor, ei[nen] großen Stab von wissenschaftlich gebildeten Ingenieuren [in] den Konstruktionsbureaus zu erhalten. Manche Betrie[bs]führer wehrten sich überhaupt gegen die Zuteilung a[ka]demisch gebildeter Ingenieure. Der Chemiker befürcht[ete] stets, daß seine in der Herstellung meistens sehr empfi[nd]lichen organischen Stoffe in neuen und umgeänder[ten] Apparaten nicht mehr in der alten Güte hergestellt w[er]den könnten. Der wissenschaftlich gebildete Ingenieur, [der] nicht die Rolle eines Technikers spielen wollte, füh[lte] sich in der chemischen Industrie nicht wohl. Er war [ein] Nörgler, der nur Unkosten verursachte, darum war es k[ein] Wunder, daß in der chemischen Industrie nur die leiten[den] Stellen mit wissenschaftlich gebildeten Ingenieuren bes[etzt] waren. In dem Augenblick, als die chemische Indust[rie] den Hochdruckapparat anwendete, zeigten sich größere A[uf]gaben für den wissenschaftlich gebildeten Ingenieur. [Die] jetzt nötigen Einrichtungen und Geräte mußten mit d[em] Ingenieur durchgearbeitet werden.

Die Maschinenindustrie konnte die für die neuen A[uf]gaben geeigneten Maschinen und Apparate nicht ohne w[ei]teres liefern. Es mußten deshalb fast alle Maschinen [in] eigenen Konstruktionsbureaus der chemischen Werke e[nt]worfen und in eigenen Werkstätten ausgeführt werd[en]. Täglich standen wir vor neuen Aufgaben. Ein rationel[les] Arbeiten war nicht möglich. Selbst bestens bewährte K[on]struktionselemente wie Stopfbüchsen, Ventile usw. wa[ren]

---

[1]) Hilfsmittel zur festen Verbindung der einzelnen Werkstücke zu Maschinenelementen und solche zur beweglichen Verbindung der einzelnen Maschinenelemente untereinander sollte man nur als Verbindungselemente, Verspannungselemente, Führungselemente oder dergl. bezeichnen, ebenso wie die Bauformen sich wieder aus Formelementen zusammensetzen lassen.

[2]) Vergl. C. Volk, Gehäuse, „Maschinenbau" Bd. 6 (1927) S.



r die zu verarbeitenden Gase und Drücke nicht mehr auchbar. Für die Bewachung und Beobachtung wurde r Ingenieur jetzt herangezogen. Erste Ausführungen befriedigten nicht immer. Die in solchen Fällen zerstörten Anlagen wurden gemeinschaftlich von dem Chemiker und Konstruktionsingenieur kritisch untersucht und geprüft. Chemie und Maschinenbau mußten Hand in Hand arbeiten. Der tüchtige wissenschaftlich gebildete Ingenieur wurde dem Chemiker ein gleichberechtigter und geachteter Mitarbeiter. Durch gemeinschaftliche Arbeit wurden die Materialschwierigkeiten überwunden. Die Chemiker erkennen die wertvollen Arbeiten der Ingenieure an diesem hohen Fortschritt an, der zum Stickstoff und synthetischen Brennstoff und Öl geführt hat. Der Bedarf an tüchtigen Ingenieuren ist groß geworden, und die Ansprüche an den Nachwuchs mußten von Jahr zu Jahr höher geschraubt werden. Da man die große Entwicklung voraussah, haben wir uns für den Nachwuchs die Erfahrungen der letzten Jahre zunutze gemacht und die guten Beziehungen zur Technischen Hochschule, die uns tüchtige Diplomingenieure und wissenschaftlich vorgebildete Hochschulassistenten zuführen, gepflegt. Von diesen verlangen wir, daß sie mehrere Jahre im Konstruktionsbureau tätig sind, damit sie die Ansprüche der chemischen Industrie kennen lernen und Gelegenheit haben, sich in das Wesen der chemischen Industrie zu vertiefen. Gleichzeitig soll dadurch die Möglichkeit geschaffen werden, die geeigneten Kräfte für konstruktive Aufgaben, für wissenschaftliche Arbeiten und für den Betrieb aussuchen zu können. Der Nachwuchs bereitete daher keine Schwierigkeiten; diese Methode der Ausbildung hat sich bis auf den heutigen Tag gut bewährt. Die dieser Ingenieure waren gut, die sich bei entsprechender Veranlagung willig und rasch fast in jedes Gebiet eingearbeitet und sich so allmählich zu Spezialisten ausgebildet haben.

Nach Kriegsende ändert sich das Bild. Die Gründe hierfür sind bekannt. Die Beanspruchung der Professoren, die Hochflut zu den Hochschulen und eine Reihe andrer Gründe drückten die Güte bedeutend herab. Infolge der Entwicklung unsrer Fabriken konnte die Ausbildung in den Konstruktionsbureaus nur kurze Zeit dauern. Die Abteilungsleiter beklagten sich bald über die mangelnde Ausbildung der Ingenieure. Heute erkennen wir jedoch an, daß die Vorbildung der in die Praxis gehenden Ingenieure in den letzten Jahren besser geworden ist.

Es ist kein Zufall, wenn wir mit Wärmeingenieuren überschwemmt werden. Immer wieder wurde in verflossenen Jahren gepredigt, mehr Wärmewirtschaft zu betreiben. Wärmetechnisch ausgebildete Ingenieure haben in kurzer Zeit sich gut bezahlte Stellungen geschaffen. So kam es dazu, daß die jungen Studenten sich jahrelang der Wärmetechnik zuwandten. 75 vH aller jungen Ingenieure kommen heute auf die Wärmeingenieure. Die Werbung hat große Fortschritte gezeigt und ihren Zweck erreicht. Viele Wärmebureaus sind gegründet und mit guten Kräften aufgefüllt. Der Bedarf an Wärmeingenieuren ist gedeckt. Gleichzeitig mit dem Ruf nach Wärmewirtschaft ertönte der Ruf nach Fabrikationsingenieuren. Während der Kriegswirtschaft spielten die Selbstkosten keine Rolle, und man war zufrieden, wenn man einigermaßen die Termine einhielt. Die Berichte der heimkehrenden Amerikareisenden nach dem Kriege zeigten uns, welche Fortschritte die dortige Maschinenindustrie gemacht hat. Die deutsche Maschinenindustrie war nicht mehr wettbewerbfähig.

Die dritte Gruppe der täglich einlaufenden Bewerbungen sind die Verwaltungsingenieure und die Organisatoren. In der Vorkriegszeit sind von dieser Gattung nur wenige Bewerber aufgetreten, und die Industrie hat sie nicht vermißt. Die chemische Industrie hat diese Spezialisten nur wenig nötig. Wenn diese Bewerber auf einer Universität oder Handelshochschule noch einige Semester Rechtswissenschaft, Volkswirtschaft usw. studiert haben, dann sind sie als Ingenieure erst recht unbrauchbar; denn es zeigte sich, daß solche Ingenieure nirgend zu Hause sind und ihren Kollegen Schwierigkeiten bereiten.

Der Wirtschaftler, der auch so häufig auftritt und der sowohl die technischen als auch die wirtschaftlichen Probleme erkennen soll, wird am besten von der Industrie selbst ausgebildet.

Wo bleiben die Bau- und Konstruktionsingenieure? Warum sind sie so wenig anzutreffen? Weil man so oft hören muß, daß der Konstrukteur schlecht bezahlt würde. Die deutsche Maschinenindustrie leidet an dem Mangel an tüchtigen Konstrukteuren. Bei der chemischen Industrie wird ein Unterschied in der Bezahlung nicht mehr gemacht, seitdem sie auf die Bedeutung des Konstrukteurs aufmerksam gemacht wurde. Es ist klar, daß nicht aus jedem Studenten ein guter Konstrukteur gemacht werden kann. Aber mancher Ingenieur würde sich den Konstruktionsarbeiten widmen und später Interesse für solche Arbeiten zeigen, wenn er in den Vorlesungen auf diese ganze Entwicklung hingewiesen würde. Die Betriebsaufgaben stellen an das Denkvermögen nicht so große Ansprüche wie die konstruktiven Aufgaben, die gute Kenntnisse der Mathematik und Physik voraussetzen. Die Apparate, die mit Gasen, Dämpfen und Flüssigkeiten unter hohen Drücken und Temperaturen arbeiten, müssen zuverlässig sein. Der ungeheure mittelbare Schaden einer fehlerhaften Konstruktion ist durch nachfolgende Explosionen und Brände stets größer als der unmittelbare Schaden. Bei dem heutigen Wettbewerb dürfen die Erzeugnisse nicht durch hohe Abschreibungen belastet werden. Die Apparate sollen daher bei höchster Zuverlässigkeit billig sein. Nur derjenige Ingenieur, der alle Berechnungen des Maschinenbaues beherrscht, ein umfassendes Wissen besitzt, kann den Anforderungen genügen. Es muß aufgeräumt werden mit der Anschauung, daß die Konstruktionsaufgabe eine Angelegenheit des Technikers und für akademisch gebildete Ingenieure nicht zeitgemäß wäre.

Eine wertvolle Gruppe sind die Bewerber, die sich wissenschaftlichen Arbeiten widmen wollen. Vor zwanzig Jahren wurde der wissenschaftlich arbeitende Ingenieur nicht gesucht, und die meisten Chemiker haben ihn als Eindringling abgelehnt. Auch hier ist Wandel eingetreten. Die Maschinen wurden verwickelter, die Vorgänge waren häufig nicht durchsichtig und der Wirkungsgrad befriedigte häufig nicht. Jetzt wird der Ingenieur gern vom Chemiker für Versuche in Anspruch genommen. Chemiker und Physiker sind experimentell und meßtechnisch besser und gründlicher vorgebildet als der Ingenieur, der heute während seiner Studienzeit leider wenig Zeit für solche Arbeiten findet.

Der Fabrikant hat immer das Bestreben, seine Unkosten zu verkleinern. Er muß größere Ausbeuten erreichen. Nur mit Versuchen an Maschinen und Apparaten, die heute gern dem Ingenieur überlassen werden, ist dieses Ziel zu erreichen. Es gibt noch viele Vorgänge, die maschinentechnisch nicht erforscht sind. Es gibt ein großes Feld, das der wissenschaftlich gebildete Ingenieur bearbeiten muß.

Jeder Direktor, jeder Abteilungsleiter muß es als wichtige Aufgabe betrachten, unter sorgfältiger Prüfung die Befähigten auszusuchen. Der Tüchtige darf nicht unter dem Druck der Günstlingswirtschaft unterdrückt werden. Man kann überzeugt sein, daß tüchtige Kräfte bei guter Bezahlung an verantwortungsvolle Stellen eingesetzt werden.

Dr. Grießmann, Magdeburg, ergänzte dies durch Mitteilungen über seine Erfahrungen mit dem Konstruktionsbüro. Er brachte die Forderungen der Maschinenindustrie zur Konstruktionsausbildung vor[3]). Bei der konstruktiven Gestaltung ist vor allen Dingen die Fertigungsmöglichkeit zu beachten. Die Arbeitsgemeinschaft deutscher Betriebs-Ingenieure (ADB) kann sich ein ganz großes Verdienst erwerben, wenn sie die an verschiedenen Stellen gesammelten „Kunstfehler" von Konstruktionseinzelheiten sichtet und allen Beteiligten näherbringt.

Versuchsberichte

Prof. Rötscher, Aachen, sprach über neuere Versuche zur Berechnung von Stangenköpfen mit verschiedenem Spiel. Er und seine Mitarbeiter benutzten zu den Versuchen Probestücke aus Flußstahlblech von der Form der üblichen Schubstangenköpfe, die unten am Schaftende und oben durch einen Querbolzen, von der Form des Zapfens, in einer Festigkeits-Prüfmaschine gehalten und bestimmten Belastungen ausgesetzt wurden. Die Formänderungen wurden in den einzelnen Fasern mittels eines besonderen Dehnungsmessers von 8 mm Meßlänge verfolgt und die Spannung, oder wo ein zweiachsiger Spannungszustand herrschte, die Anstrengung oder ideelle Spannung in der Faser berechnet. Ein zweiachsiger Spannungszustand ist z. B. an der Auflagestelle des Bolzens infolge des Flächendrucks vorhanden. Überraschend groß war der Einfluß des Bolzenspiels. Bei spielfrei eingepaßtem Bolzen stellte sich eine völlig andere Spannungsverteilung ein, als bei reichlichem Spiel. Am größten ist der Unterschied in den Scheitelquerschnitten. Während bei dem Bolzen mit reichlichem Spiel, der bei kleinen Lasten in einer Linie oder nur an einer schmalen Fläche anliegt, im Schubstangenkopf außen große Zug-, innen große Druckspannungen auftreten, der Querschnitt also auf Biegung beansprucht ist, herrschen bei Bolzen, die auf der ganzen Fläche anliegen, nur Zugspannungen im Schubstangenkopf. Die Erklärung ist darin zu suchen, daß der eingepaßte Bolzen die zur Ausbildung von Biegespannungen nötige schärfere Krümmung des Bügels unmöglich macht.

[3]) Vergl. Dr. Grießmann, Konstrukteur und Betrieb, „Maschinenbau" Bd. 6 (1927) S. 785.



Auch die Erscheinung, daß die Anstrengung bei eingepaßten Bolzen genau im gleichen Verhältnis wie die Belastung wächst, bei Bolzen mit Spiel dagegen nicht, ist auf die Formänderungen zurückzuführen. Der Bügel legt sich auf den Bolzen mit Spiel bei steigender Belastung mit einer immer breiteren Fläche auf, die Beanspruchung nähert sich der günstigeren bei spielfreiem Bolzen. Je geringer das Spiel ist, desto günstiger ist die Beanspruchung des ganzen Kopfes, namentlich im Scheitelquerschnitt. In allen Fällen traten beträchtliche Biegespannungen in den Wangenquerschnitten auf. Gegenüber der mittleren Zugspannung war die wirklich größte Zugspannung an einem der Köpfe 2,8 mal so groß, wenn der Bolzen eingepaßt war und sogar 5,5 mal so groß, wenn er 1 mm Spiel hatte. In den meisten Fällen waren die Wangenquerschnitte die höchstbeanspruchten, also die gefährlichen Querschnitte der Köpfe. Dort traten auch stets die ersten Fließerscheinungen und der Bruch ein, wenn die Probestücke bis zur Grenze ihrer Tragfähigkeit belastet wurden. Das darf aber nicht dazu führen, die Scheitelquerschnitte schwächer zu halten. Ein starker Scheitelquerschnitt erhöht die Steifigkeit des Kopfes und vermindert die Beanspruchung der Wangen. Deutlich ließen sich die Spannungserhöhungen in den Kehlen mancher Schubstangenköpfe nachweisen.

Es ist zu beachten, daß man mit spielfreien Bolzen nur in solchen Fällen rechnen darf, in denen sie eingepaßt, eingetrieben oder sicher verspannt sind. Beispiele dafür bieten Brückenstabaugen und Schubstangen, deren Zapfen in andern Teilen, etwa im Kreuzkopf, laufen. Falls sich Spiel bilden kann, sind die großen Spannungserhöhungen sorgfältig zu beachten. An den üblichen Schubstangenköpfen mit schwingenden oder sich drehenden Zapfen wird man schon in Rücksicht auf die Schmierung stets mit Spiel rechnen müssen. Dabei wird man den Scheitelquerschnitt in erster Annäherung auf Grund der Formel für einen beiderseits eingespannten Stab berechnen. Das Einspannmoment dieses Stabes kann zur Näherungsberechnung der Wangen auf Biegung dienen. Hierzu tritt noch die Zugspannung durch die Längskräfte.

Prof. Schulze-Pillot, Danzig, führte aus, daß bei den Riementrieben die Grundlagen der Berechnung noch sehr wenig untersucht sind, weil

1. die Reibung, die die Grundlage der Kraftübertragung beim Riementrieb bildet, überhaupt physikalisch und technisch schwer zu ergründen ist;
2. das Riemenleder ein organischer Stoff von wenig gleichmäßiger Beschaffenheit ist;
3. die maßgebenden Einflüsse beim Riementrieb sich vielfach überlagern, zum Teil sogar durchkreuzen;
4. die Messungen am bewegten Riemen erfolgen müssen und daher die Anbringung der Meßgeräte sehr schwer ist.

Wir wissen, daß beim Riementrieb zwischen Haftreibung und Gleitreibung zu unterscheiden ist. Nach den Versuchen von Mohr[4]) gibt es für Riemenleder keinen Punkt, in dem die Gleitreibung und die Haftreibung zusammen verschwinden, die Reibung also null würde. Während wir wissen, daß Herkunft, Herstellung und Behandlung des Leders eine große Rolle spielen, sind Zahlen über die Größe dieser Einflüsse sehr schwer zu erhalten. Mohr hat nachgewiesen, daß die Fettung die Zerreißfestigkeit sehr erhöht, die erstmalige Dehnung gegenüber dem trockenen Riemen herabsetzt und die Reibung bei geringen Flächendrücken erhöht, bei größeren vermindert. Ein Einfluß der Berührungsfläche auf die Größe der übertragenen Reibung hat sich nicht feststellen lassen. Reibungsversuche müssen am bewegten Riemen vorgenommen werden; man erhält zunächst die mittlere Reibung μ, aus der sich die Abhängigkeit der Reibung von der örtlichen Trummspannung ableiten läßt[5]). Zur Verwertung der Reibungzahlen muß man den Zusammenhang zwischen Dehnung und Trummspannung kennen. Hierüber sind zur Zeit in Danzig aus Mitteln der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft Versuche im Gange. Die Dehnung des laufenden Riemens kann man z. B. nach dem Verfahren von Steinmetz messen[6]). Hat man sie in ihrem Verlauf über den Scheibenumfang bestimmt, so kann man die Reibun[g]zahl ermitteln.

Es muß das Ziel der Riemenforschung sein, Versuc[hs]verfahren anzugeben, durch die die Dehnungen und [die] Reibungsziffern unter Betriebsverhältniss[en] gemessen werden können.

Die bisherigen Ergebnisse der Lagerforschun[g] geben nach den Ausführungen von Dr. vom Ende, Ber[lin,] schon gute Anhaltpunkte zur zweckmäßigen Durchbild[ung] eines Lagers; der Verlauf der Reibungszahl, die ungefä[hre] Wärmeausstrahlung und eine ganze Reihe wichtiger k[on]struktiver Einzelheiten liegen fest. Noch nicht gek[lärt] sind zwei wichtige Fragen:

1. Der Einfluß des Lagermetalls: Umfangreiche [Ver]suche im Versuchsfeld für Maschinenelemente an der T[ech]nischen Hochschule zu Berlin mit nahezu 600 verschied[enen] Metallen unter gleichen Bedingungen im Gebiet der re[inen] Flüssigkeitsreibung haben gezeigt, daß entgegen der T[heo]rie ein Einfluß des Metalls vorhanden sein muß. [Ein] Schnitt durch ein Lager in sehr starker Vergröße[rung] (1 : 10 000) zeigt, daß der Ölfilm ein Netzwerk von [Öl]wulsten ist, auf denen der Zapfen schwimmt. Auf das [Netz]werk ist die Oberflächenbeschaffenheit des Metalls [von] ausschlaggebender Bedeutung. Es müßte die Oberflä[chen]beschaffenheit der Metalle, insbesondere ihre Abhängi[gkeit] vom Gefüge, untersucht werden.

2. Die Umwandlung der im Lager verlorengeh[enden] Energie in Wärme: Die Berechnung der im Lage[r in] 1 s erzeugten Wärme nach den Formeln $\frac{P v \mu}{427}$ [und] $0{,}174 \sqrt{\frac{P n^3 \eta}{1/d}}$ ergibt sehr abweichende Werte infolge d[er un]sicheren Annahmen für die Reibungzahl μ und die Z[ähig]keit η. Von der Reibungzahl müßte man sich frei m[achen] und für die Zähigkeit bessere Unterlagen schaffen, [...] die Temperaturzähigkeit durch die Druckzähigkeit ergä[nzen,] die wirklich gedrückte Fläche feststellen und unters[uchen,] wie im Lager die Reibung in Wärme umgesetzt wir[d.]

3. Neben diesen Hauptfragen wären die halbfl[üssige] Reibung und ihre Grenzen und die Einflüsse der Sc[hmier]nuten zu untersuchen. Außerdem ist eine Reihe von [Einzel]fragen, z. B. bezüglich des Schmiermittel-Durchflusses, [zu] klären.

Prof. Heidebroek, Darmstadt, berichtete über Ve[rsuche] mit Drehschwingungen an Kurbelwelle[n. Die] bisher bekannten Verfahren zur Vorausberechnung von [Dreh]schwingungen sind zum Teil umständlich und liefern [nicht] immer einwandfreie Ergebnisse. Die Nachprüfung [mit] den Geigerschen Torsiographen ist nur am laufenden [Motor] auf dem Prüffeld oder im Betrieb möglich; dabei si[nd stö]rende Einflüsse nicht immer zu vermeiden. Zur P[rüfung] der Genauigkeit der angewandten Rechenverfahren [wurde] im Maschinenbaulaboratorium II der Technischen [Hoch]schule Darmstadt eine Versucheinrichtung geschaffe[n, um] Drehschwingungen in ruhenden Kurbelwellen, die i[m Ge]häuse des Motors eingebaut sind, zu erregen. Es [zeigte] sich, daß das graphische Verfahren zur Ermittlu[ng der] kritischen Drehzahlen mit den gemessenen Werten se[hr ge]nau übereinstimmt. Hierbei wurden besondere Ve[rfahren] zur Umrechnung der Kurbelkröpfungen auf die soge[nannte] „reduzierte" Wellenlänge angewandt. Aus dem E[rgebnis] wurden sehr einfache graphische Tafeln aufgestel[lt, die] für veränderliche Schwungradmassen an beiden End[en der] Welle die Eigenschwingungzahl mit großer Gena[uigkeit] abzulesen gestatten. Weitere Versuche, die noch im [Gange] sind, betreffen die Dämpfung, den Einfluß der [Kurbel]kröpfungen auf die Dämpfung und die Untersuchu[ng der] Dämpfungszahl.

Ferner sprach Dr. Kirner, Cannstatt, über v[erschie]dene Fragen der Berechnung und Herstellung von [Gleit]lagern. Prof. Heinel, Breslau, hatte zu der [Frage] „Der Maschinenteil in der Masc[hine"] schriftlich Stellung genommen.

Die Besichtigung der Berlin-Erfurter Maschine[nfabrik] Henry Pels & Co. zeigte den Teilnehmern den B[au und] die Arbeitsweise schwerer Scheren, bei denen die [auf der] Tagung behandelten Fragen der Lagerausbildung, [Schmie]rung usw. erfolgreich gelöst sind. [N 671] Dr. Ad[...]

[4]) Reibungsziffern für Riemen- und Stahlbandtriebe. Danzig 1921.
[5]) Schulze-Pillot: Neue Riementheorie, S. 36. Berlin 1926.
[6]) Steinmetz: Dehnungsmessung am laufenden Riemen. München und Berlin 1917.
[7]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 218.

Die Normung des Winkelmaßes

Von P. Füsgen, Oberingenieur der Firma „Rheinmetall", Düsseldorf

Nach einem Rückblick auf die bestehenden Winkeleinheiten werden die Forderungen aufgestellt, die bei der Reform der Winkelmessung zu berücksichtigen sind. Diesen Forderungen entspricht am besten der gestreckte Winkel als Einheit, da er die einfachste Beziehung zwischen wissenschaftlicher und praktischer Winkelrechnung ergibt. Die Einteilung der Winkeleinheit muß unbedingt dezimal erfolgen.

Während für Längenmessungen das Meter und seine dezimalen Teile und Vielfachen international und fast allgemein eingeführt sind, herrscht auf dem Gebiete der Winkelmessung ein üppiges Neben- und Durcheinander. Da mißt der Mathematiker den Bogen am Einheitskreis, d. h. mit der „absoluten Winkeleinheit". Im gewöhnlichen Leben und in der Technik rechnet man meist nach „Grad", wovon entweder 90 oder 100 mit den verschiedensten Unterteilungen auf den rechten Winkel kommen. Der Astronom teilt den Kreis in 24 Stunden zu je 60 Zeitminuten zu je 60 Zeitsekunden ein. Der deutsche Artillerist gar hat auf dem Kreisumfang je nachdem 360° (zu je 16/16°), 5760 Sechzehntelgrad oder 6400 Strich, oder er gebraucht Kombinationen dieser Maßstäbe; die russische Artillerie rechnete mit 6000 oder 6300 Strich. Der Seemann wiederum teilt die Windrose in 32 (nautische) Striche zu je 16 Sechzehntelstrichen ein.

Zeitsekunde des Astronomen und Winkelsekunde, die heute[1]) nicht mehr denselben Wert haben, werden aus der höheren Einheit durch Anwendung der Sechzigstelteilung gewonnen, selbst aber nötigenfalls meist dezimal geteilt. Daß zur Vermeidung von Fehlern angespannte Aufmerksamkeit beim Arbeiten mit den heute üblichen trigonometrischen Tafeln notwendig ist, wird jeder bestätigen, der sich damit beschäftigen muß. Besonders ermüdend ist es, wenn mehrere Systeme in einer Arbeit nebeneinander benutzt werden müssen.

Trotzdem behauptet fast jeder, daß er für sein Fach und seine Wissenschaft von dem durch die Überlieferung geheiligten Winkelmaßsystem nicht abgehen könne, ebenso wie bei Einführung des Meters der Schuster nicht ohne den Fuß, der Schneider nicht ohne seine Elle auskommen zu können glaubte.

Für die Bestrebungen, die Winkelmessung zu vereinheitlichen, müssen folgende Grundforderungen aufgestellt werden:

1. Wissenschaft und Praxis müssen versuchen, mit einer einzigen Maßeinheit auszukommen; wenn sich das nicht erreichen läßt, ist eine möglichst einfache Zurückführung des einen Winkelmaßes auf das andre anzustreben.
2. Die Einteilung ist unbedingt dezimal durchzuführen.

Ältere und neuere Verbesserungsvorschläge erkennen zum größten Teil die Forderung 2 an, lassen dagegen eine genügende Rücksichtnahme auf das Zusammenklingen der wissenschaftlichen und der praktischen Messung vermissen. Die im Gebrauch befindlichen Winkelmaße entsprechen den Forderungen noch weniger, so daß keins dieser Systeme der Vereinheitlichung zugrunde gelegt werden kann.

Wollte man nun ein Winkelmaßsystem, bei dem eine gewisse ganze Anzahl von Winkeleinheiten auf den Vollkreis kommt, wie es bei den vorhandenen praktischen Maßen der Fall und für das praktische Leben auch erforderlich ist, unbesehen auf die Infinitesimalrechnung anwenden, so würde sich hierfür recht bald die Schwerfälligkeit eines solchen Systems herausstellen. Beispielsweise müßten dann die Potenzreihen der trigonometrischen Funktionen, die sich bei Anwendung der „absoluten" Winkelmessung sehr einfach gestalten, nunmehr außer anderen Beiwerten auch die irrationale Zahl π in steigender Potenz enthalten. Dieser Weg ist also nicht gangbar.

Versuchen wir deshalb, indem wir für die Wissenschaft das absolute System beibehalten, hiervon ein neues System für die Praxis abzuleiten.

Nimmt man für ein praktisches System den n-ten Teil des Vollkreises als Einheit, wobei n eine vorläufig beliebige ganze Zahl bedeutet, so ist für jeden beliebigen Winkel das Verhältnis der Anzahl Maßeinheiten im absoluten Maß zu der Anzahl Maßeinheiten im praktischen System immer $2\pi/n$. Da n eine ganze Zahl sein soll, so wird das Verhältnis $2\pi/n$ am einfachsten für $n = 2$, es nimmt dann den Wert π an. Die Forderung $n = 2$ bedeutet aber, daß die gegebene praktische Winkeleinheit der Zentriwinkel des Halbkreises, nämlich der gestreckte Winkel ist. Die absolute Einheit ist demgegenüber ein Winkel von $\frac{180°}{\pi} = 57{,}3°$.

Während der Halbkreis-Zentriwinkel im absoluten Maß die Größe $\pi = 3{,}14$ . . hat, lautet dafür die Größenangabe in dem entwickelten praktischen System: 1 [π], wobei „1" die Maßzahl, „π" die Winkeleinheit (nämlich der Halbkreis-Zentriwinkel selbst) ist. π hat natürlich auch in diesem Falle (als absolute Größe des gestreckten Winkels) den Wert 3,14.., aber im praktischen Rechnen und für den mathematischen Anfangsunterricht ist es einfach die Winkeleinheit, der Halbkreis, so wie bisher der Grad die Einheit darstellte. Beispielsweise würde der sonst 45° genannte Winkel heißen: 0,25 [π], wobei der Ausdruck als Ganzes, d. h. die sich durch die Vervielfachung $0{,}25 \times \pi$ ergebende Größe, den „absoluten" Wert (= 0,785..) darstellt, während in der Praxis 0,25 Winkeleinheiten π darunter verstanden werden.

Der Vorzug liegt also darin, daß die vollständige Größenangabe eines Winkels wie bisher seinen absoluten Wert darstellt, daß aber das praktische Maß ganz einfach dadurch gewonnen wird, daß man aus dem Zahlenwert die Einheit π aussondert (falls sie nicht schon in dem Ausdruck gesondert enthalten ist). Einige Beispiele werden das erklären:

Der absolute Wert des Winkels $0{,}275\,\pi$ ist $0{,}275 \times 3{,}14 = 0{,}864$, während der unveränderte Ausdruck 0,275 [π] das praktische Maß darstellt; ein Winkel von der Größe 0,32 hat den absoluten Wert 0,32, die praktische Größe $\frac{0{,}32}{\pi} \cdot [\pi] = 0{,}102\,[\pi]$.

Das vorgeschlagene Winkelsystem erinnert an die neuzeitliche Modulteilung der Zahnräder. Hier werden bekanntlich die Teilungen auf dem Teilkreis nicht mehr wie früher in glatten Millimetern gewählt, sondern mit Rücksicht auf glatte Durchmesser als Vielfache der Zahl π angegeben. Beispielsweise hat ein Zahnrad mit der Angabe „Modul 6" oder „Teilung = $6\,\pi$" eine Teilung von $6 \times \pi = 18{,}85$ mm; die Zahl 6 (mm) ist der „Modul". Dieser ist dabei das praktische Zahlenmaß, während 18,85 mm die absolute Teilung darstellt. Der zu einer Teilung gehörige Zentriwinkel ergibt sich sofort, wenn die Teilung durch den Halbmesser des Teilkreises geteilt wird, und zwar das (vorgeschlagene) praktische Winkelmaß durch Teilen des praktischen Teilungsmaßes 6 mm [π] (wobei man π als Einheit unverändert stehen läßt), das absolute Winkelmaß durch Teilen des absoluten Teilungsmaßes 18,85 mm.

Selbstverständlich wird man die verhältnismäßig große Winkeleinheit „π" teilen müssen, und zwar, mindestens ebenso selbstverständlich, dezimal, etwa in 1000 oder 100mal 100 Teile. Nennt man vorläufig einmal den 1000. Teil ein „Milli-π", so hat beispielsweise der frühere 45°-Winkel eine Größe von 250 Milli-π, und sein absolutes Maß ergibt sich ohne weiteres durch Ausmultiplizieren zu $250 \times \pi/1000 = 0{,}785$.

Ich glaube gezeigt zu haben, daß die oben aufgestellten beiden Forderungen, denen sich m. E. niemand verschließen kann, mit dem vorgeschlagenen Winkelmaß am einfachsten erfüllt werden. Wird diesem Winkelmaß der Vorwurf gemacht, daß in ihm beispielsweise die Winkel des gleichseitigen Dreiecks keine ganzen Zahlen annehmen, so ist zu berücksichtigen, daß man unter Vermeidung der Milli-Einteilung den „60°"-Winkel einfach $\frac{1}{3}\,\pi$ nennen kann. Die Summe der drei Winkel eines beliebigen Dreiecks hat übrigens den glatten Wert von π (= 1000 Milli-π).

Der Vorwurf der geringeren Teilungsmöglichkeit in ganze Zahlen gegenüber der alten Gradteilung wäre außerdem nicht dem Winkelsystem, sondern unserem Zahlensystem zu machen, dem die Grundzahl „zehn" statt der viel besser geeigneten Zahl „zwölf" zugrunde gelegt wurde[2]). Es ist aber abwegig, bei Aufstellung eines Winkelmaßes das nachholen zu wollen, was bei Aufstellung des Zahlensystems versäumt wurde. Mit kaum geringerer Berechtigung hätte man dann auch für Längen- und Kräftemaße (Gewichtmaße) etwa eine Teilung in Sechzigstel verlangen können.

Von artilleristischen Kreisen wird das Verlassen der Teilung von 5760 Sechzehntelgrad oder 6400 Strich auf den Umfang vielfach mit dem Hinweis darauf als unmöglich hingestellt, daß man die bequeme Faustformel „1 Sechzehntelgrad oder 1 Strich Änderung der Seitenrichtung verlegt den Treffpunkt für je 1000 m Entfernung um an-

[1]) Ursprünglich war 1 Grad der Sonnenweg im Tierkreis an einem Tage.

[2]) Vergl. Sieber, Die Normung des Zahlenmaßes. Maschinenbau-Gestaltung Bd. 1 (1922) S. 98.



nähernd 1 m nach der Seite" nicht entbehren könne. Ein derartiger, ich möchte sagen, kleinlicher Einwand sollte doch für die Festlegung eines allgemeinen Maßsystems nicht entscheidend sein, abgesehen davon, daß das, was für die alte artilleristische Einheit 1 m ist, für das Milli-π mit derselben oder einer größeren Genauigkeit 3 m bedeutet, daß ferner in dem neuen System die Seitenverlegung (im Bogen gemessen) sich g e n a u durch Vervielfachen des (absoluten) Winkels mit der Entfernung ergibt.

Der Einwurf, daß die Umstellung auf ein neues, einheitliches Winkelmaß gewaltige Kosten verursache, wird bekanntlich bei jeder Normung erhoben. Aber sollte nicht gerade auf unserem Gebiete die spätere dauernde Ersparnis die Kosten reichlich aufheben? Kein Mensch denkt doch übrigens an einen sofortigen und allgemeinen Ersatz der alten Teilung durch die neue. Zunächst handelt es sich erst einmal darum, die Grundlagen festzulegen.

Erforderlich ist es jedoch, daß bei der Festsetzung der neuen Winkeleinheiten W i s s e n s c h a f t und P r a x i s Hand in Hand arbeiten und daß keine Kirchturmpolitik getrieben wird; nur große Gesichtspunkte dürfen den Ausschlag geben. Für den Deutschen Normenausschuß wäre es eine dankbare Aufgabe, unter Fühlungnahme mit den maßgebenden ausländischen Stellen die Leitung zu übernehmen. Unter zielbewußter Führung werden sich sicher genügend Helfer an dem wichtigen Werk finden. [N 164]



Abb. 1
Übersichtskarte der deutschen Kraftübertragungsleitungen

Die deutschen Kraftübertragungsleitungen

Die Gesamtlänge aller Kraftübertragungsleitungen für mehr als 30 kV Übertragungsspannung im Deutschen Reich, Abb. 1, betrug Ende des Jahres 1926 18 998,7 km. Davon waren 11 496,3 km (60,51 vH) Kupferleitungen, 6775,4 km (35,66 vH) Aluminiumleitungen, 600 km (3,16 vH) Stahlaluminiumleitungen und 127 km (0,67 vH) Bronzeleitung[en]. Drehstromleitungen mit doppelter Belegung (sechs Seil[e]) sind hierbei doppelt gerechnet. Das Gewicht der gesam[ten] Leitungen betrug 27 684,9 t, von denen 39,5 vH (10 935,5 t) den Höchstspannungsleitungen von 100 kV und mehr ver[legt] waren. Im einzelnen verteilten sich die Kupfer- und Bro[nze]leitungen bezw. Aluminium- und Stahlaluminiumleitun[gen] auf die verschiedenen Spannungen nach Zahlentafel 1.

Entsprechend der Zunahme der Leistungen sind [im] Lauf der Jahre auch die Querschnitte der Leitungen [be]deutend gestiegen. Während noch 1906 keine einzige [Lei]tung mehr als 50 mm² Querschnitt hatte und 1917 der gr[ößte] Querschnitt 70 mm² betrug, wurden seitdem 2408,8 km [Lei]tungen mit 95 mm² Querschnitt, 4173,9 km mit 120 [mm²] Querschnitt, 1668 km mit 150 mm² Querschnitt und 360 [km] mit 200 mm² Querschnitt und mehr verlegt. [M 39...]

Berlin J...

Zahlentafel 1
Verteilung der Leitungen aus verschiedenen Metallen im Deutschen Reich auf die verschiedenen Spannungen

1. Kupfer- und Bronzeleitungen:

Spannung . . . . kV	30	35	40	45	50	55	60	über
Länge . . . . km	902,2	356,6	1837,2	241,6	2706,2	499,7	2107,3	297

2. Aluminium- und Stahlaluminiumleitungen:

Spannung . . . . kV	30	35	40	45	50	55	60	über
Länge . . . . km	198,2	54,3	333,9	—	634,6	97,7	1527,7	452

RUNDSCHAU

Feuerung

Selbsttätige Temperaturregelung

Als ein besonderer Vorteil der Gasfeuerung wird von berufener Seite ins Feld geführt, daß sie jedem Betriebsfall genau angepaßt werden kann. So ermöglicht die Gasfeuerung z. B. auch, was in zahlreichen Fällen von ausschlaggebender Wichtigkeit ist, Einstellung und Einhaltung genau bestimmter Temperaturen. Größter Wert auf genaue Regelmöglichkeit der Temperatur ist hauptsächlich in solchen Betrieben zu legen, in denen bei Nichteinhaltung vorgeschriebener Temperaturen der anfallende Ausschuß im Verhältnis zu den Anlage-, Betriebs- und Bedienungskosten sehr groß ist.

Bei **Kohlenbeheizung** sucht man sich gegen Ungleichmäßigkeit der Temperaturen dadurch zu helfen, daß man große Massen erwärmt, z. B. die Muffel eines Glühofens oder das Speichermauerwerk eines Backofens, die bei zu hohen Temperaturen die Wärme aufnehmen, um sie bei niedrigeren Temperaturen wieder abzugeben. Derartige Wärmespeicherung bedingt jedoch, besonders für nur kurze Zeit beheizte Betriebe, große Verluste, da auch für kleine Mengen der große Speicher aufgeheizt werden muß. Insbesondere ist auch bisweilen der Strahlungsverlust nicht unbeträchtlich.

Für die Ausgestaltung des Temperaturreglers ist das Verhältnis zwischen Wärmebedarf beim Anheizen und Wärmebedarf beim Weiterheizen ein wichtiger Wert. Bei einem Fleischereikessel z. B. beträgt das Verhältnis 10 : 1; man braucht zum Aufrechterhalten der Temperatur nur ein Zehntel der Anheizleistung. Bei Lackierschränken dagegen beträgt das Verhältnis rd. 3 : 1.

Bei einem **Regler für Gasfeuerung** muß unterschieden werden, ob er für leuchtende Flammen, für Bunsenflammen oder für Preßgas- und Preßluftbrenner verwendet wird.

Am einfachsten ist die Regelung der leuchtenden Flamme, Abb. 1 und 2. Der Wärmefühler wirkt auf eine Membran, die je nach der Temperatur mehr oder weniger belastet wird und daher den Gasdruck mehr oder weniger drosselt, so daß durch die gleiche Düse mehr oder weniger Gas ausströmt. Der als Beispiel in Abb. 1 gezeigte Temperaturregler der Firma Junkers & Co., Dessau, arbeitet mit einem Wärmefühler, der als eine mit leicht siedender Flüssigkeit gefüllte Kapsel ausgebildet ist. Erwärmt sich diese Flüssigkeit, so übt die sie umgebende Metallwand einen Druck auf das Gasventil der Umleitung aus und verringert den Gasdurchlaß der Umleitung, d. h. verstärkt den Gasdruck über der Ledermembran des Hauptventils und bewirkt somit eine Verringerung des Gasdurchlasses des Hauptbrenners. Solche Regler finden hauptsächlich Anwendung bei Haushaltungsgeräten, wie Warmwasserbereitungs-Einrichtungen, Badeöfen und Zentralheizungsanlagen.

Schwieriger ist die Ausgestaltung eines Temperaturreglers für **Bunsenbrenner**, da hier bei zu starker Abdrosselung des Gases im Mischrohr des Bunsenbrenners eine ungünstige Mischung zwischen Gas und Luft eintreten kann und die Flamme zurückschlägt. Bei einer Anzahl der bisherigen Bunsenbrenner tritt das Zurückschlagen bei Drosselung auf ein Drittel der Volleistung ein. Daher muß

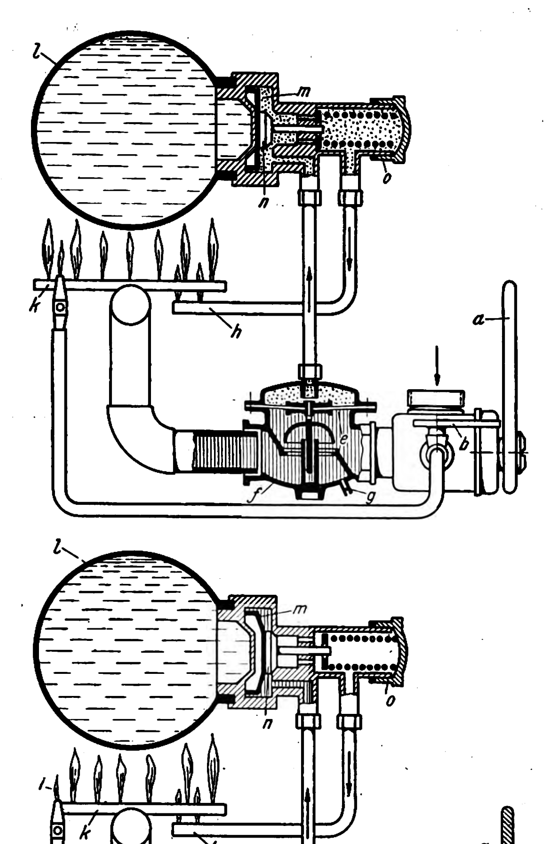
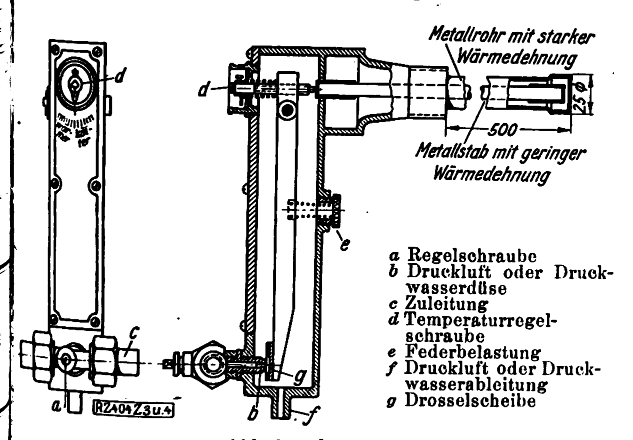


Abb. 1 und 2
Wirkungsweise der selbsttätigen Temperaturregelung für Warmwasser-Umlaufgeräte mit leuchtender Gasflamme

a Griff für den Gashahn
b Zündflammenhahn
c Verschlußkappe
d Gasdrosselküken
e Ledermembran mit Ventilteller
f Gashauptventil
g Manometerstutzen
h Steuerbrenner
i Zündflamme mit Regelung
k Brenner
l Wasserbehälter
m Metallmembran
n Gasventil
o einstellbare Verschlußkappe mit Gegenring



a Regelschraube
b Druckluft oder Druckwasserdüse
c Zuleitung
d Temperaturregelschraube
e Federbelastung
f Druckluft oder Druckwasserableitung
g Drosselscheibe

Abb. 3 und 4
Temperaturregler (Thermostat) für Betrieb durch Druckwasser oder Druckluft von 1 bis 2 at und für Temperaturen von —20 bis +300° C

hierbei, wenn das anfangs erwähnte Verhältnis den Wert 3 : 1 übersteigt, die Gesamtzahl der Brenner vermindert werden. Das kann z. B. so vorgenommen werden, daß alle Brenner zusammen die Anheizleistung decken, während der kleinste Brenner allein für das Weiterheizen ausreicht. Eine solche Einrichtung kann entweder durch Beeinflussen der Hauptbrenner mit der Hand geregelt werden, während der Weiterheizbrenner mit einem Regler in der Art wie bei leuchtenden Flammen versehen ist, oder die Hauptbrenner werden beim Erreichen einer bestimmten Temperatur durch einen Kurzschlußregler, der vollkommen absperrt, gelöscht und die Feinregelung wird wie im ersten Falle durchgeführt.

Alle diese Schwierigkeiten werden in neuester Zeit durch Anwendung von Bunsenbrennern vermieden, die nach Art des Injektors gebaut sind. Hier saugt sich der Brenner — je nach der Ausströmgeschwindigkeit des Gases aus der Düse, also je nach dem Druck vor der Düse — immer die richtige Luftmenge an; demnach kann die Regelung genau so vorgenommen werden wie bei der leuchtenden Flamme.

Bei der Besprechung des unvollkommenen Bunsenbrenners wurde ein **Kurzschlußregler** erwähnt. Zum vollkommenen Schließen eines Ventils, das den Gasdurchlaß

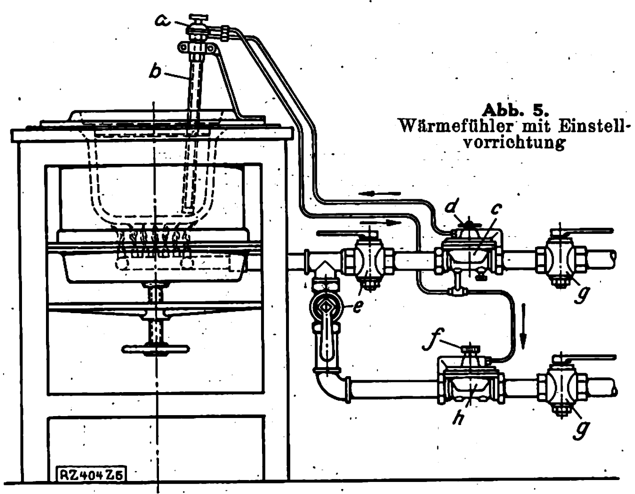


Abb. 5. Wärmefühler mit Einstellvorrichtung

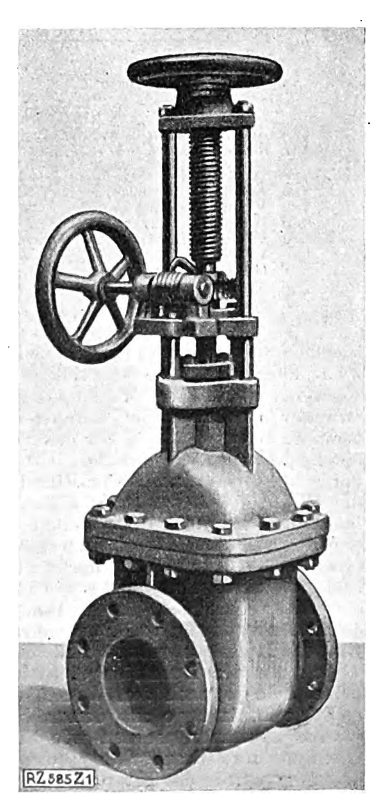
a Wärmefühler mit Einstellvorrichtung
b Fühler-Schutzrohr
c Regelventil für Luft
d kleiner Schalthahn
e Regelhähne (Mischhähne)
f Einstellschraube
g Absperrhähne
h Regelventil für Gas

sicher absperrt, ist eine größere Kraft nötig. Soll diese Kraft von einem Fühler ausgeübt werden, so muß dieser naturgemäß stark gebaut sein — er muß eine große Masse besitzen. Große Masse im Fühler bedingt wiederum, daß das Gerät an Empfindlichkeit verliert, da für die Erwärmung des Fühlers eine große Wärmemenge nötig ist. Man kann deshalb eine derartige Regelung nur mit großem Spielraum in der Temperatur durchführen oder den Regler klein bemessen und nur zum Verstellen eines Servomotors verwenden.

Abb. 3 und 4 bringen als Beispiel solcher Art den Regler der Gesellschaft für selbsttätige Temperaturregelung, Berlin. Hier besteht der Fühler aus einem Metallstab mit geringer Wärmedehnung, über den ein Metallrohr mit starker Wärmedehnung geschoben ist. Erwärmt sich der Fühler, so dehnt sich das Mantelrohr aus, während der Innenstab zurückbleibt. Dieser Bewegungsunterschied wird durch Hebelübersetzung vergrößert und bewirkt das Sperren einer Druckluft- oder Druckwasserdüse. Wird die Düse gesperrt, so staut sich das Wasser oder die Luft in der Leitung und übt auf das mit dieser in Verbindung stehende Hauptventil einen Druck aus, der zur Drosselung der Gaszufuhr führt. Als Hilfskraft wird in diesem Falle Druckwasser oder Druckluft von 1 bis 2 at verwendet.

Druckgasbrenner kann man in der gleichen Art regeln wie leuchtende Flammen, also durch bloße Drosselung des Gasdurchlasses unter der Voraussetzung, daß der Brenner richtig gebaut ist.

Bei Druckluft-Gasbrennern ergibt sich vielfach die Notwendigkeit, nicht nur die Gasmenge, sondern auch die Luftmenge zu regeln, damit das Mischverhältnis zwischen Gas und Luft gewahrt bleibt. Abb. 5 zeigt eine solche Regelung der Firma G. Kromschröder, Osnabrück, für die Beheizung eines Schmelzkessels. Der Fühler besteht wiederum aus einem Rohr und einem innenliegenden Stab, die beide verschiedene Wärmedehnung haben. Der Bewegungsunterschied der beiden Teile bei der Erwärmung wird auf ein Gasventil übertragen, das in der Nebenleitung des



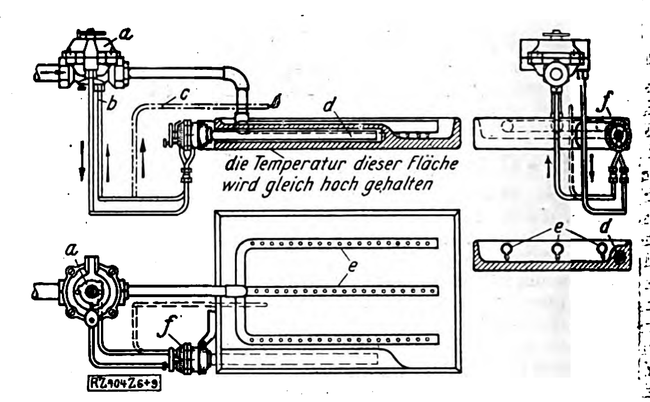


Abb. 6 bis 9
Beheizte Platte mit Niederdruckgas- oder Preßgas-Brenner für kleine Gasmengen

a Selbsttätiges Gasregelventil
b Leitung für Druckgas
c „ „ Niederdruckgas
d Wärmefühler
e Brenner
f Einstellung

Gasstromes liegt. Beim Schließen des Ventils steigt der Druck in der Nebenleitung und bewirkt das Schließen der Regelventile in Luft- und Gasleitung. Dort, wo besondere Mischhähne für Gas und Luft vorhanden sind, kann man auch mit einem einzelnen Regelventil in der Luftleitung (die Luft saugt hier das Gas an) auskommen.

Abb. 6 bis 9 mögen noch den Kromschröder-Regler für Niederdruckgas oder Druckgas zeigen in seiner Anwendung für die Regelung der Temperatur einer beheizten Platte. Man sieht, wie sich der Gasregler den Bedürfnissen der schwierigsten Beheizungsarten anpassen läßt (Beheizung von Wasserbehältern, Lackkesseln, Schmelzkesseln, Heizplatten, Kalanderwalzen, Trockenschränken usw.).

Soll eine einwandfreie Temperaturregelung erzielt werden, so muß der Fühler in enger Berührung mit dem Stoff bleiben, dessen Temperatur er zu regeln hat. Leicht durchführbar ist dies bei der Beheizung von Gasen und Flüssigkeiten, in die der Wärmefühler eintaucht. Schwieriger wird der Vorgang hingegen bei der Beheizung von festen Körpern. Hierbei muß der Fühler so angebracht sein, daß er, wenn er auch nicht gerade den gleichen Temperaturen wie das Werkstück selbst ausgesetzt ist, doch Werte anzeigt, die nach Ausprobung einen Rückschluß auf die tatsächlichen Temperaturen möglich machen. [M 404]

Berlin Dipl.-Ing. Kurt Kaßler

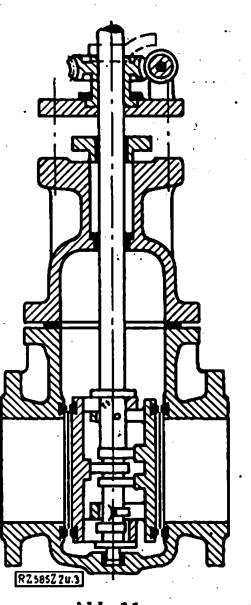


Abb. 11

Abb. 10 und 11
Schieber für Heißdampf bis 425 °C und 60 at Betriebsdruck ohne Druckausgleichvorrichtung von Dingler, A.-G., Zweibrücken

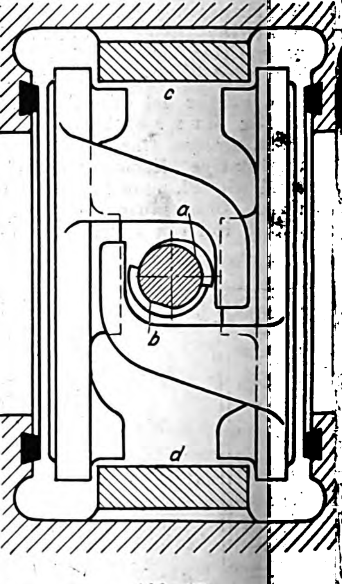


Abb. 12
Dampfraum des Heißdampfschiebers nach Abb. 10 und 11, Dichtungsplatten abgezogen

a, b Abdrücknocken
c, d bearbeitete Stangen, die verhindern, daß die Dampfströmung die Dichtungsplatten gegen die Gehäuseringe drückt



Maschinenteile

Hochdruck-Heißdampfschieber

Der in dieser Zeitschrift Bd. 70 (1926) S. 1264 beschrie- Hochdruck-Heißdampfschieber der Firma Dingler A.-G., ibrücken, bei dem der übliche innere Druckausgleich h Ventile oder durch eine Umleitung mittels eines iten Schiebers fortfällt und im Schieberdampfraum keine eglichen Verbindungsteile oder Gewinde vorkommen, ist rischen weiter vervollkommnet worden, s. Abb. 10 bis 12. Der äußere Aufbau und der Dampfraum sind weiter ver- acht. Zum Abheben der Dichtungsplatten dienen nicht r zwei besondere Spindeln, die nacheinander die Platte wei Stellen angreifen, vielmehr wirkt jetzt die Mittel- del bis zum vollen Druckausgleich nur an einer Stelle Plattenrandes, und zwar mittels zweier Abdrücknocken *a* *b*, Abb. 12. Dadurch entfallen zwei Deckeldurchführun- mit Stopfbüchsen und die Stirnräder und Zahnbögen, bei der früheren Bauart notwendig waren. Bei dem m Schieber kann man die Platten abheben und hoch- en, schon bevor der Druckausgleich hergestellt ist. Die rücknocken wirken auf 270 ° Spindeldrehung und heben Platten unter steter Druckverminderung ab. Bearbeitete gen *c* und *d*, die beim Emporziehen der Platten diese im use führen, verhindern, daß die Dampfströmung die ten gegen die Gehäuseringe preßt. Die Platten sind mit icht elastisch ausgebildet, damit sie sich unter dem luß des Dampfdrucks auch bei ungleichmäßiger Aus- ung des Gehäuses dicht anlegen. [M 585]

weibrücken Karnath

Elektrotechnik

Ein Riesen-Drehstromerzeuger

In den Rheinischen Stahlwerken, Duisburg-Meiderich, n die Schorchwerke, A.-G., Rheydt, einen Drehstrom- ger für 10 000 kVA bei 5300 V und 94 Uml./min auf- ellt, der in bezug auf seine Abmessungen wohl die bis- größte Dynamomaschine überhaupt darstellt.

Das Gehäuse des ruhenden Ankers, Abb. 13, ist viertei- und hat 10 750 mm Außendurchmesser bei 8950 mm Boh- des Blechkörpers. Die Ankerbleche werden, wie üb- auf prismenförmigen, im Gehäuse angeschraubten alen geführt sowie durch isolierte Schraubenbolzen und ige Druckplatten an der Stirnseite fest zusammen- eßt. Auf die wirksame Eisenbreite kommen sechs radial ordnete Lüftkanäle, die in der Mitte der Maschine dich- angeordnet sind, um die Wicklung dort stärker abzu- en und örtliche Übertemperaturen zu verhindern.

Der Anker, Abb. 14, hat zwei halbgeschlossene Nuten je und Phase. In jeder Nut liegen zwei Leiter, die zur Ver-

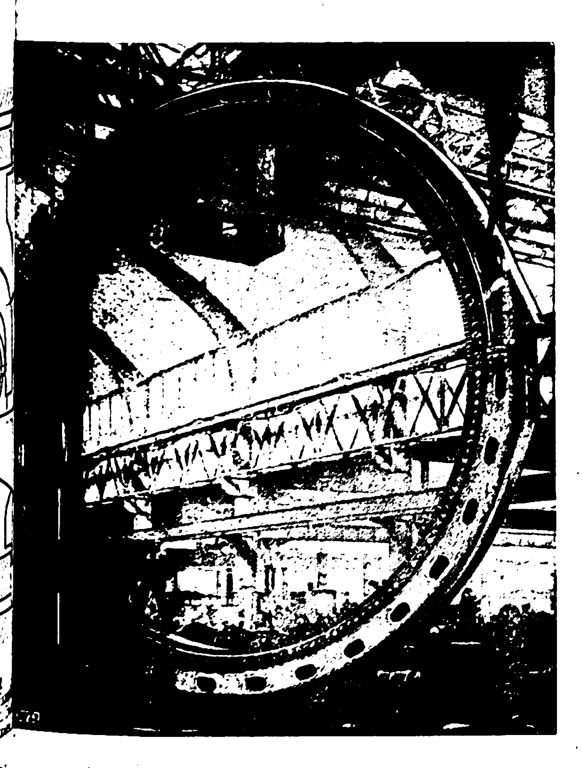


Abb. 14
Anker des Drehstromerzeugers, Abb. 13

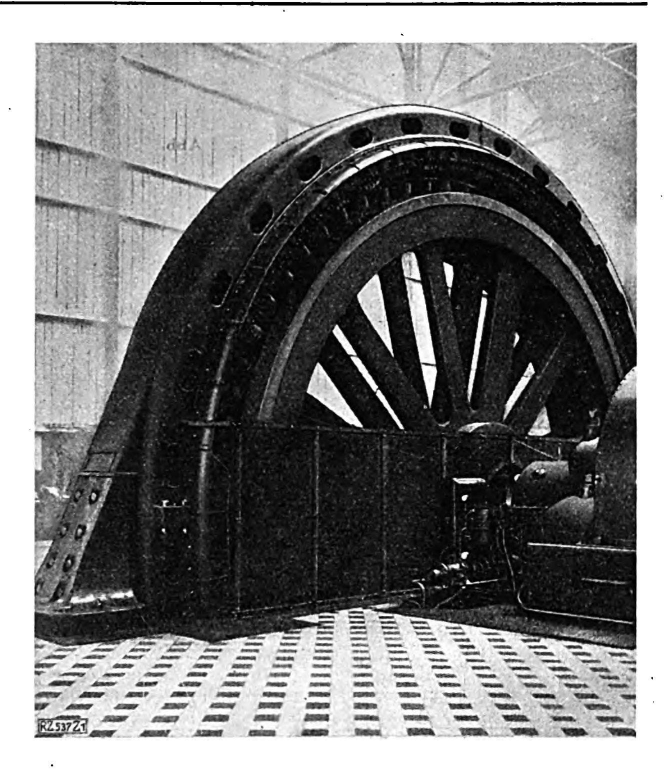


Abb. 13
Drehstromerzeuger für 10 000 kVA bei 5300 V und 9400 Uml./min

minderung der zusätzlichen Kupferverluste in mehrere Teilleiter zerlegt sind. In die Leiter ist nach vorherigem Luftleermachen heiße Isoliermasse unter hohem Druck eingepreßt; diese Maßnahme verhindert Lufteinschlüsse, die durch Glimmentladung zur Zerstörung der Isolation führen und einen Durchschlag der Wicklung einleiten würden. Die so behandelten Leiter sind mit Glimmerisolierung (Mikafolie) heiß umpreßt. Die Verbindung der einzelnen Leiter auf der Stirnseite besteht aus vollen Kupfergabeln, die in zwei Ebenen angeordnet und mittels isolierter Bolzen und Segmentstücke gegen das Gehäuse gestützt sind, so daß auch bei einphasigem Kurzschluß und den dabei auftretenden großen Kräften keine Verformung der Spulen eintreten kann, Abb. 15. Hierbei sind die Abstände sowie die Dicke und die Art der Isolierstoffe derart gewählt und die Formgebung ist eine solche, daß bei der Betriebspannung im dunklen Raum noch keine Glimmerscheinungen wahrnehmbar sind und auch bei der Prüfspannung noch keine Gleitfunken-Vorentladungen auftreten.

Die Füße sind nicht mit dem Gehäuse zusammengegossen, sondern abschraubbar, damit bei einem etwa notwendigen Austauschen von Ankerspulen in der unteren Gehäusehälfte die Füße entfernt und das Gehäuse auf dem Polrad aufliegend um 180 ° gedreht werden kann. Die Spannweite des Gehäuses, d. h. das Maß über die Außenkanten der Füße gemessen, beträgt 13 m. Um die bei dem großen Durchmesser unvermeidliche Durchbiegung des Gehäuses auf ein Mindestmaß zu beschränken, ist es kastenförmig ausgebildet und mit innen liegenden hohen Versteifungsrippen versehen. Das vollständige Ankergehäuse wiegt 70 t.

Der Luftspalt zwischen Anker und Polrad beträgt 7,5 mm. Dieses ist aus Stahlguß und ebenfalls vierteilig ausgeführt. Beiderseits der Nabe wird es durch zwei übereinander geschrumpfte Stahlringe auf der Welle befestigt, die in der Nabe 950 mm Dmr. hat. Das Rad hat 64 Stahlgußpole mit halbrunden Enden; die Befestigungsbolzen gehen durch den Induktorkranz hindurch. Die aus hochkant gewickeltem Flachkupfer bestehende, mit Hartpapierisolierung versehene Wicklung ist durch eingelegte Spannrahmen unter eine Druckspannung gesetzt, die höher ist als die unter der Wirkung der Fliehkräfte auftretende Beanspruchung.

Der Stromerzeuger sitzt auf der Welle eines von der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg gelieferten Viertakt-Zwillingsgasmotors von 13 000 PS Leistung. Um einen einwandfreien Parallelbetrieb zu gewährleisten, hat man mit Rücksicht auf diese Antriebmaschine im Polrad ein Schwungmoment von 8000 tm² bei einem Gesamtgewicht von 175 t untergebracht. Außerdem haben die Pole Dämpferstäbe aus Rundkupfer, die an beiden Stirnseiten in Messingsegmente eingelötet sind. Diese sind zwischen den

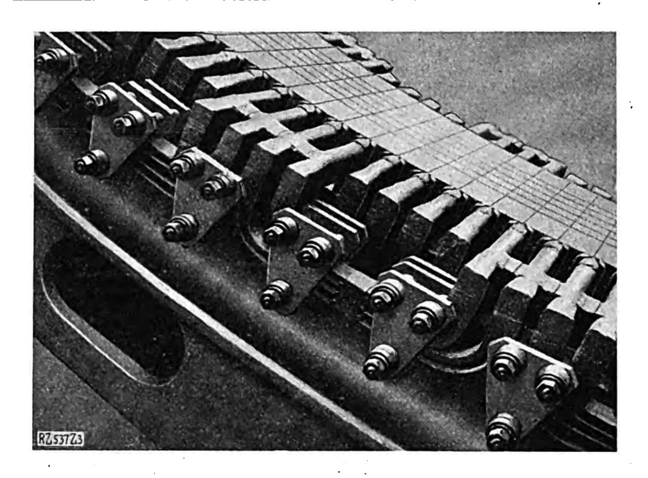


Abb. 15
Abstützungen der Anker-Wickelköpfe

einzelnen Polen durch nachgiebige Flachkupferbänder verbunden. Die Dämpfwicklung ist so angeordnet, daß sie die Spannungsoberwellen stark abflacht. Die Form der Polschuhe ergibt eine praktisch sinusförmige Spannungskurve.

Das Gesamtgewicht des Stromerzeugers ohne Welle beträgt 245 t. Zur Erregung dient ein besonderer Erregersatz, bestehend aus Antriebsmotor, Haupterreger und Hilfserregermaschine, in deren Nebenschlußkreis parallel zum Nebenschlußregler ein Schnellregler für gleichbleibende Spannung angeordnet ist. [M 537] Wgm.

Mechanik

Reibung zwischen Rad und Bremsklotz

Versuche zur Ermittlung der Reibung zwischen Rad und Bremsklotz im Bremsversuchsamt Grunewald[1]) unter Leitung von Regierungsbaurat Metzkow sind zu einem gewissen Abschluß gelangt[2]). Die Untersuchung zielte auf folgende Hauptpunkte ab:

1. Abhängigkeit der Reibung von der Geschwindigkeit,
2. Abhängigkeit der Reibung vom spezifischen Bremsklotzdruck,
3. Ermittlung der Bremsklotzhärte,
4. Einfluß der Temperatur und der Feuchtigkeit.

Ohne die zahlreichen Vor- und Sonderversuche mitzurechnen, wurden 1500 Einzelversuche an der Versuchseinrichtung, Abb. 16, ausgeführt.

Diese besteht aus einer aus Radreifenstahl hergestellten Reibscheibe von 300 mm Dmr. Die Versuchsbremsklötze hat man aus dem Innern großer Bremsklötze ausgeschnitten, um möglichst gleichförmigen Werkstoff zu erhalten; sie sind der Reibscheibe im Verhältnis großer Bremsklötze zu normalen Eisenbahnrädern angepaßt. Die beiden Bremsklötze sitzen an einem Zaum einander gegenüber. Nach Abb. 16 ist

$$(2\,P\,\mu)\,r = Q\,h\,,$$

demnach

$$\mu = \frac{Q\,h}{2\,P\,r}\,.$$

Der Ausschnitt aus einer Versuchsaufnahme, Abb. 17, gibt Aufschluß über die näheren Versuchsumstände. Grundsätzlich sollte hier der Einfluß der Geschwindigkeit bei gleichem spezifischen Druck gezeigt werden.

Wesentlich ist, daß diese Versuche als Durchzugversuche bei gleichbleibender Geschwindigkeit ausgeführt wurden, da bei Auslaufversuchen, bei denen zu jeder augenblicklichen Geschwindigkeit stets nur ein Punkt der Reibungslinie gehört, zufällig auftretende Störungen zu falschen Schlüssen führen könnten. Nur bei den Versuchen, die zur Ermittlung der Reibung beim Übergang auf den

[1]) Vergl. Glasers Annalen Bd. 96 (1925) S. 137 u. f.
[2]) Vergl. Glasers Annalen Bd. 99 (1926) S. 149 u. f.

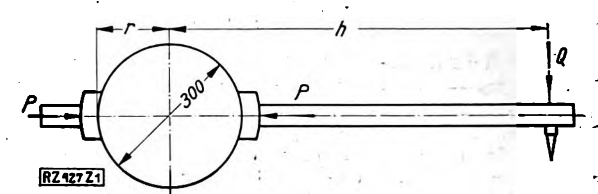


Abb. 16
Allgemeine Anordnung der Versuchseinrichtung

Stillstand dienten, mußten Auslaufversuche ausgefü[hrt] werden. Die Abhängigkeit der Reibung von der Geschw[in]digkeit zeigt die für einen spezifischen Bremsklotzdr[uck] von 2 kg/cm² aufgezeichnete Schaulinie, Abb. 18. Die [er]rechneten Mittelwerte sind als leere und volle Kreise [in] die Darstellung eingezeichnet. Für spezifische Bremskl[otz]drücke von 4, 6, 9 und 12 kg/cm² haben die Linien [e]inen ähnlichen Verlauf. Auch hier wurden Durchzugv[er]suche für Geschwindigkeiten von 10, 25, 40, 60, 80, 1[00,] 125 und 150 km/h, sowie Auslaufversuche von 40 km/h [bis] beinahe auf Stillstand durchgeführt. Besonders wichtig [ist] die Kenntnis der Reibungsverhältnisse bei großen Gesch[win]digkeiten, da die Steigerung der Fahrgeschwindigkeit [eine] bedingte Zuverlässigkeit der Bremsung erfordert.

Bereits in den Jahren 1902/03 hatte die Studienge[sell]schaft für elektrische Schnellbahnen durch Versuche fe[st]gestellt, daß sich die Reibungszahl nach Überschreitung e[iner] bestimmten Geschwindigkeit wieder erhöhte. Die Bes[täti]gung dieser Beobachtung ergaben die vorliegenden [Ver]suche, besonders bei spezifischen Klotzdrücken von [9] und 12 kg/cm². Mit wachsendem spezifischen Klotzd[ruck] sinkt die Reibungszahl. Die Anwendung übertrieben h[oher] Klotzdrücke ist daher unzweckmäßig und unwirtschaf[tlich.] Einen praktischen Beweis liefert die Tatsache, daß [ein] und derselbe Zug unter den gleichen Verhältnissen e[inen] kürzeren Bremsweg hat, wenn man möglichst viele Br[ems]klötze verwendet, obwohl der Gesamtwirkungsgrad sch[lech]ter wird. Daher ist doppelseitige Bremsung immer [vor]zuziehen, wobei die Reibfläche des einzelnen Bremskl[otzes] möglichst groß sein soll, so daß sich der Verschleiß [ver]ringert. Die Versuche wurden, wie erwähnt, mit weich[eren] und härteren Bremsklötzen ausgeführt, und zwar mit Hä[rten] von 195 bis 255 Brinelleinheiten. Auf Grund der vorlie[gen]den Versuche wird empfohlen, für die Bremsklötze [ein] weicheres Gußeisen als solches mit mindestens 195 [bis] 200 Brinelleinheiten zu verwenden. Die Versuche leh[ren] ferner, daß sich bei größeren Geschwindigkeiten [über] 120 km/h die Reibungszahl des weicheren Bremsklotzes [der] des härteren Klotzes stark nähert und sie zum Teil w[ieder] überschreitet.

Die Mittelwerte der Ergebnisse von Versuchen [mit] harten und weichen Bremsklötzen sind in der Zahlenta[fel 1] zusammengestellt.

Zahlentafel 1
Mittlere μ-Werte.

Klotzdruck kg/cm²	Fahrgeschwindigkeit km/h 0	10	25	40	60	80	100	125
2		0,488	0,328	0,270	0,220	0,199	0,190	
4	0,625	0,431	0,270	0,225	0,192	0,180	0,170	0,167
6	0,570	0,408	0,248	0,212	0,185	0,171	0,158	0,146
9	0,520	0,388	0,229	0,203	0,178	0,162	0,149	0,139
12	0,478	0,369	0,212	0,193	0,172	0,156	0,143	0,134

Werte von spezifischen Klotzdrücken unter 2 k[g/cm²] festzustellen war äußerst schwierig, da starke Erzitteru[ngen] in der Versuchseinrichtung auftraten. Für die Praxis [, wo] ständige Erschütterungen die Reibungszahl beeinfl[ussen,] empfiehlt es sich, von den Prüfstandwerten etwa 1[0 bis] 15 vH abzuziehen.

Nach den Versuchen steigt die Reibungszahl ein [wenig] mit der Temperatur. Zur Feststellung dieser Tempera[turen] dienten Thermoelemente. Die Erfahrung, daß sich beim

Zahlentafel 2
Mittlere Reibungszahlen bei verschiedenen Temperaturen

v	$p = 2$ kg/cm²			$p = 4$ kg/cm²			$p = 6$ kg/cm²			$p = 9$ kg/cm²			$p = 12$ kg/cm²		
km/h	t_a	t_e	$\mu_e : \mu_a$	t_a	t_e	$\mu_e : \mu_a$	t_a	t_e	$\mu_e : \mu_a$	t_a	t_e	$\mu_e : \mu_a$	t_a	t_e	μ_e
10	25	25	1,0	50	175	1,034	100	250	1,035	100	350	1,105	125	225	1,
25	50	75	1,029	100	300	1,019	100	375	1,18	100	400	1,041	150	450	1,

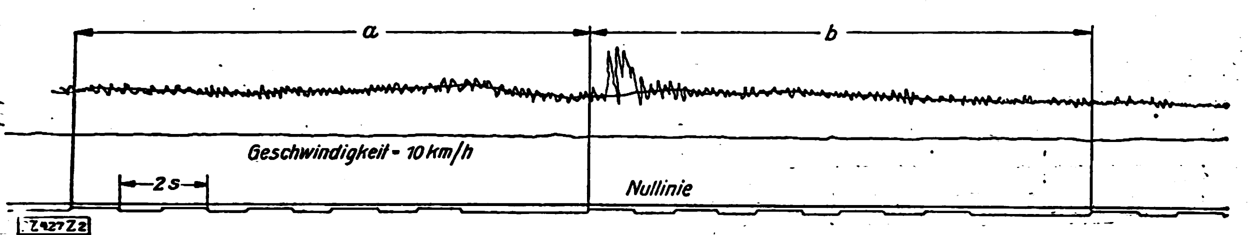


Abb. 17
Ausschnitt aus der Aufnahme eines Durchzugversuches
Spez. Bremsklotzdruck $p = 4$ kg/cm², $v = 10$ km/h, $h = 195$ Brinelleinheiten

Werte für Abschnitt *a*		Werte für Abschnitt *b*	
Zeit = 60 s	mittlere Höhe = 5,05 cm	Zeit = 72 s	mittlere Höhe = 4,943 cm
Temperatur = 68°C	mittlerer Druck $P = 20{,}725$ kg	Temperatur = 72°C	mittlerer Druck $P = 19{,}907$ kg
Fläche = 112,59 cm²	mittlere Reibungszahl $\mu = 0{,}4278$	Fläche = 109,71 cm²	mittlere Reibungszahl $\mu = 0{,}4109$

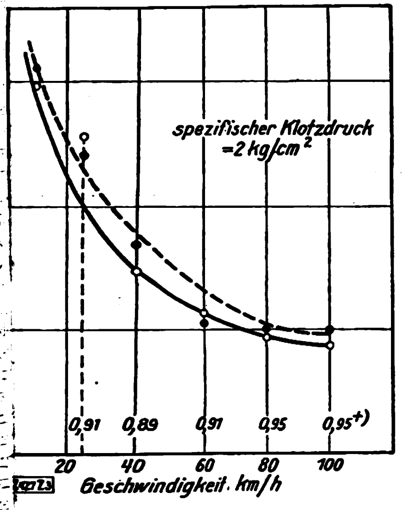


Abb. 18
Abhängigkeit der Reibungszahl μ von der Geschwindigkeit bei 2 kg/cm² spezifischem Klotzdruck für harte (●---) und weiche (○——) Bremsklötze

†) Die Zahlen bedeuten das Verhältnis der Reibungszahl vom weichen zum harten Bremsklotz.

n langer Gefälle die Bremswirkung verschlechtert, ist Metzkows Ansicht nicht auf eine Abnahme der Reizahl zurückzuführen, sondern auf ein Nachlassen der skraft. In Zahlentafel 2 sind die Mittelwerte der ungszahl für verschiedene Temperaturen bei verschie- spezifischen Klotzdrücken einander gegenübergestellt. n bezeichnen die Zeiger *a* und *e* für *t* und μ die An- und Endwerte.

Die Ergebnisse der Versuche über den Einfluß der htigkeit und die Versuchsumstände sind aus Zahlen- 3 ersichtlich, wobei die Angaben besagen, wie sich Reibungszahl gegenüber der eines trockenen Klotzes llt.

Zahlentafel 3
erte von nassen Bremsklötzen gegenüber trockenen.

Bremsdruck /cm²	$v = 25$ km/h vH	$v = 60$ km/h vH	$v = 100$ km/h vH
4	— 14,1	— 15,6	+ 15,2
6	— 18,7	— 11,8	+ 24,2
12	— 16,9	+ 3,2	+ 22,7

Die Versuche sollen noch weiter fortgesetzt werden sich vor allem auch auf das Bremsklotzmaterial erken, sowie darauf, die Bremswege durch Auslaufche zu ermitteln. Krs.

Gesundheitsingenieurwesen

Der technische Aufbau der Frischwasser-Kläranlage, Bauart „OMS"

Das von Prof. Dr. Strell, München, in seinem Auf-) erwähnte Boller- Patent Nr. 273 794 aus dem Jahre ist die Grundlage des unter dem Kennwort „OMS" in Praxis eingeführten Frischwasser-Klärverfahrens, das in dem Aufsatz, allerdings nur kurz, beschrieben worlt. Es verwirklicht neben der schon bekannten selbsten Ausscheidung der Sinkstoffe auch eine mit den bis n üblichen Verfahren noch nicht mögliche, selbsttätige heidung der Schwimmstoffe, bringt also einen neuen Gedanken und einen wesentlichen Fortschritt auf dem Gebiete der Frischwasser-Klärung. Durch die Unterwasseranordnung des Absitzraumes erhält der Schlammraum die größtmöglichste Oberfläche; die sonst vielfach auftretenden unangenehmen Folgen der Zusammendrängung der Schwimmdecke auf einen schmalen Raum werden also völlig vermieden.

Bei den „OMS"-Anlagen ist der Absitzraum allseitig umgrenzt. Es werden dadurch vergrößerte Reibungsflächen und infolge der größeren Tiefenanlage auch absolut größere Reibungen geschaffen. Infolge dieser Vergrößerung der Reibung werden in Verbindung mit den Geschwindigkeitsänderungen, die dadurch eintreten, daß der Durchflußquerschnitt des Absitzraumes unabhängig von der Zuflußmenge unveränderlich bleibt, die Rutschflächen durchaus selbsttätig gereinigt, während sie bei dem offenen Gerinne durch besondere Bedienung gereinigt werden müssen.

Die im Abwasser enthaltenen Schwimmstoffe scheiden sich von selbst aus und verlassen den Absitzraum durch den oberen Schlitz, können also das noch zu klärende Abwasser nicht verunreinigen, wie bei Konstruktionen mit offenem Gerinne, bei denen die Schwimmstoffe an Tauchwänden zurückgehalten werden und zu einer Infizierung führen können, wenn sie nicht regelmäßig durch den Wärter entfernt werden.

Die nach Menge genau einstellbare Durchströmung und Durchspülung des Faulraumes ermöglicht eine bessere Abführung der Abbaustoffe des Schlammes, wodurch dieser erfahrungsgemäß günstig beeinflußt wird.

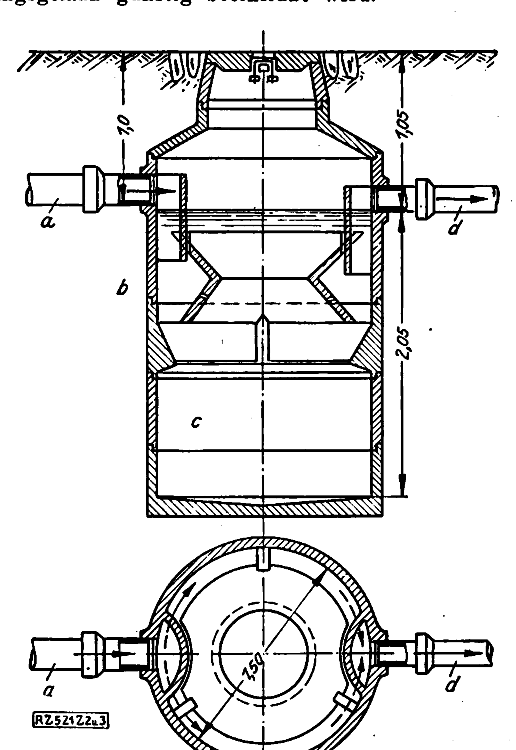
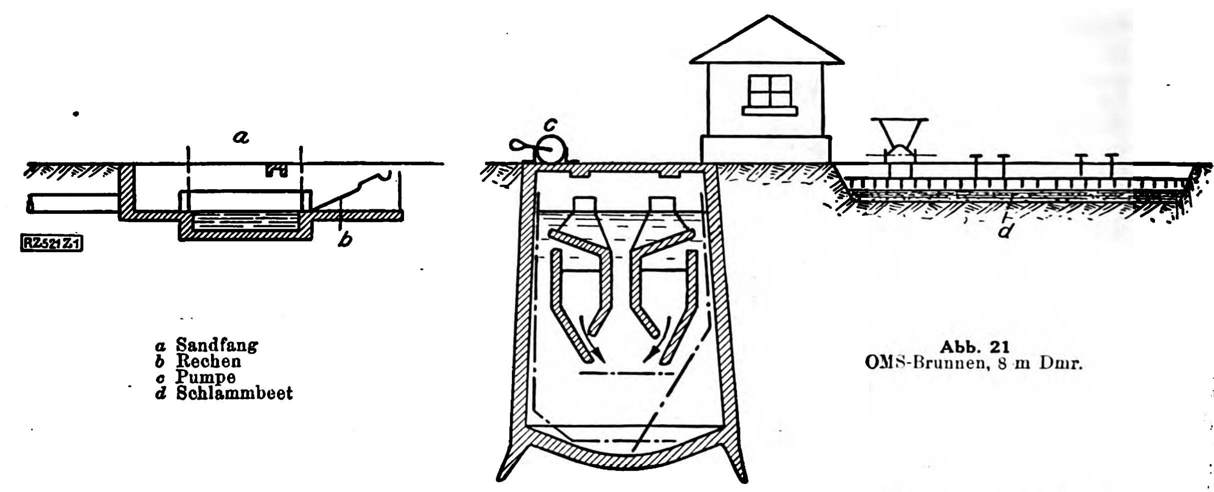


Abb. 19 und 20. Hausklärgrube Bauart OMS
a Zulauf *b* Absitzraum *c* Schlammraum *d* Ablauf

¹) Z. Bd. 71 (1927) S. 291; s. a. Z. Bd. 62 (1918) S. 104.





a Sandfang
b Rechen
c Pumpe
d Schlammbeet

Abb. 21
OMS-Brunnen, 8 m Dmr.

Das „OMS"-Verfahren wird für städtische Kläranlagen und für Frischwasser-Hauskläranlagen angewendet. Eine Hausklärgrube nach diesem Verfahren, Abb. 19 und 20, wird als Betonringschacht ausgeführt mit ringförmigem, am Umfang liegendem Absitzraum. Abb. 21 zeigt einen Schnitt durch die nach diesem Verfahren erbaute Anlage der Stadt Mayen/Eifel. [M 52]

Wiesbaden Dir. Otto Mo...

Kleine Mitteilungen

100 at-Dampfturbine für 6 at Gegendruck

In Verbindung mit dem Erfolg des Atmos-Dampferzeugers[1]) hat die Aktiebolaget de Lavals Angturbin, Stockholm, eine Bauart von Höchstdruck-Dampfturbinen entwickelt, die sie bereits in zwei Ausführungen geliefert hat. Die Maschinengruppe, die aus einer Dampfturbine und einem mit 15 000/3000 Uml./min übersetzten Drehstromerzeuger für 480 kW bei 525 V besteht, verbraucht bei 100 at Anfangsdruck, 400° Anfangstemperatur und 6 at Gegendruck 12 bis 13 kg/kWh. Die Turbine hat nur zwei fliegend angeordnete Laufräder von 293 und 295 mm wirksamem Durchmesser mit einfacher Schaufelung; diese sind mit der Welle und dem Antriebsritzel des Zahnrädergetriebes aus einem Stück geschmiedet und laufen in zwei durch Labyrinth-Dichtung getrennten Kammern. Die Wand zwischen diesen Kammern ist ein Schmiedestück aus Stahl, in das der Düsenring der zweiten Druckstufe eingelassen ist. Der Dampfzutritt wird durch Düsenventile gesteuert, die vom Regler hydraulisch betätigt werden. Die einzige Wellenstopfbüchse befindet sich am Austritt aus der zweiten Kammer, wo der Druck nur noch 6 at beträgt. Die Welle wird mittels eines Michell-Drucklagers in der vorgeschriebenen Lage erhalten. („Engineering" 5. August 1927 S. 164/65*) [N 735 a] H.

[1]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 169.

Höchstdruckkessel zur Erzeugung von Heizdampf

In der Kraftanlage der Preßholzfabrik Mason Fibre Co., Laurel, befindet sich seit einiger Zeit ein Kessel im Betrieb, der nächst den Höchstdruckkesseln des Edgar- und des Lakeside-Kraftwerkes den höchsten Dampfdruck in den Vereinigten Staaten aufweist, nämlich rd. 70 at. Im Gegensatz zu den beiden erwähnten Kesselanlagen dient dieser aber nicht zur Dampferzeugung für Kraftmaschinen, sondern für Kochzwecke. Die Abfallspäne aus Sägefabriken werden zunächst 10 bis 15 s unter einem Druck von rd. 14 at gekocht, dann für ganz kurze Zeit, 3 bis 5 s, dem vollen Druck von 70 at ausgesetzt. Durch plötzliche völlige Entspannung bildet sich ein Holzbrei, der dann durch nochmalige Drucksteigerung zu Preßholztafeln verarbeitet wird. Der Kessel, Bauart Babcock & Wilcox, hat etwa 370 m² wasserberührte Heizfläche und eine nahtlose Trommel (1,22 m Dmr., 116 mm Blechdicke, ferner Wasserrohre von 51 mm Dmr. und 9,5 mm Wanddicke. („Power" 26. Juli 1927 S. 141) [N 735 g] Pt.

Neue Bauart der Doxfordmotoren

In das Fahrgastmotorschiff „Bermuda" werden zwei Doxfordmotoren je 2800 PS_e besonderer Art eingebaut. Bis jetzt betrug das Verhältnis des Gesamthubes beider Kolben zum Durchmesser 4 : 1, bei diesen Motoren ist es auf 3 : 1 vermindert worden. Dabei haben die oberen Kolben 760 mm, die unteren 1040 mm Hub bei 600 mm Zyl.-Dmr. Hierdurch soll der Massenausgleich verbessert worden sein; außerdem haben die Maschinen geringere Höhe. Außer der Spülluftpumpe sind keine Hilfsmasch... angehängt. Auf dem Prüfstand betrug der Brennstoffverbrauch 174,5 g/PS_eh bei 2800 bis 2900 PS_e Nennleistung und 110 bis 112 Uml./min; dabei betrug der mittlere D... 6,3 at, der Wirkungsgrad 90 vH und die Abgastemperatur 232 °C. Bei Überlast von 3400 bis 3500 PS_e und 11... 120 Uml./min hat man 179 g/PS_eh und 315 bis 343 °C gemessen. Der Brennstoff wird mit 420 bis 560 at eingespritzt. („The Motorship", London, August 1927 S. ...) [N 735 b]

Brückenzolleinnahmen bei der Delawarebrücke

In Ergänzung meines Berichtes über die Delawarebrücke in Philadelphia[1]) in Z. Bd. 70 (1926) S. 1401, Bd. 71 (...) S. 145, 422 und 857 seien folgende Mitteilungen der Zeitschrift „Engineering News-Record" vom 21. Juli wiedergegeben.

Für die die Brücke befahrenden Fahrzeuge wurden in den ersten zwölf Monaten nach Eröffnung der Brücke am 1. Juli vorigen Jahres an Brückenzoll 2,1 Mill. $, 6 vH der Baukosten entrichtet; das ergibt 5 vH Reingewinn nach Abzug der Unkosten aus Unterhaltung und Betrieb. Trotz des sehr geringen Brückenzolles von 25 c für ein Fahrzeug übertrifft diese Summe um mehr als ein Drittel die geschätzten Einnahmen, so daß der Abschreibung bereits in diesem Jahr begonnen werden kann. Diese Zahlen beweisen, wie gut sich nach b... kurzer Zeit ein solches Riesenbauwerk an günstig gel... Stelle bewähren kann, trotz der selbst für nordamerikanische Verhältnisse gewaltigen Bau- und Grunderwerbskosten von insgesamt 36 Mill. $, und wie bald durch richtige ...erhebung, nach völliger Tilgung die Brücke dem freien Verkehr dann übergeben werden kann.

Sollte dies nicht für deutsche Verhältnisse auch in gewissen Fällen zutreffen?

[N 735 d] Dr.-Ing. R. Bernh...

[1]) Der Bericht erscheint als Sonderdruck

Der elektrische Betrieb auf der französischen Südbahn

Gegenwärtig sind von dem Netz der französischen Südbahngesellschaft 768 km im elektrischen Betrieb, ... 552 km doppelgleisig. Eine Strecke von 101 km ist im Umbau begriffen, für weitere 714 km ist die Umstellung beschlossen. Die Energie wird ausschließlich von Wasserkraftanlagen erzeugt, und zwar als Drehstrom von 60... bei 50 Per./s. Ein Teil davon wird unmittelbar in Umformeranlagen in Gleichstrom von 1500 V umgewandelt, mit dem im allgemeinen die Fahrmotoren gespeist werden. Für weitere Entfernungen wird die Spannung von ... auf 150 000 V erhöht, um sodann wieder auf 60 000 ... niedrigt zu werden. Bisher sind vier Wasserkraftanlagen im Betrieb, eine weitere im Bau und sechs andre ge... („Le Génie Civil" 30. Juli 1927 S. 105*)

[N 735 f]

Große Kanal- und Elektrizitätspläne in Belgien

Zu Anfang dieses Jahres wurde in Belgien eine Kommission gebildet, die über die Erweiterungsmöglichkeiten des Kanalnetzes, die Neugestaltung der Elektrizitätsversorgung und den Schutz des Maastales gegen die jährlichen Hochwasser berichten sollte. Dieser Bericht liegt nunmehr vor. Es wird empfohlen: Bau eines Kanals Lüttich-Antwerpen; Bau von Dämmen in den Ardennen für die Wasserversorgung dieses Kanals und zur Bewässerung gewisser Teile der Campine; Vertiefung und Geradelegung der Maas, Bau von drei oder vier Dämmen und Schleusen zwischen Huy und Visé; Bau von drei Wasserkraft-Elektrizitätswerken in den Ardennen und an den Maasdämmen; Errichtung eines Hauptnetzes der Elektrizitätsversorgung, das alle großen Krafterzeugungs- und -verbrauchstellen verbinden soll; Ausnutzung von Abwärme und Abgasen zur Erzeugung elektrischen Stromes; Bau von Unterwerken, die das elektrische Leitungsnetz beliefern und ungünstig arbeitende kleine Werke überflüssig machen sollen; Sonderbauten an der Maas, um die jährlichen großen Schäden des Hochwassers abzuwenden. Die Kosten dieser Bauten werden auf rd. 235 Mill. ℳ geschätzt. („The Engineer" 5. August 1927 S. 158) [N 735 e] Pa.

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Neue Wilhelmstr. 4, bezogen werden. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 3501)

Müller-Pouillets Lehrbuch der Physik. 11. Aufl. 2. Bd. Lehre von der strahlenden Energie. 1. Hälfte. Bearb. von O. Lummer. Braunschweig 1926, Friedrich Vieweg & Sohn. 928 S. m. 624 Abb. Preis 54 ℳ.

Als im Jahre 1842 der Lehrer der Physik und Mathematik an der Realschule zu Gießen Dr. Joh. Müller das Lehrbuch der Physik und Meteorologie von Pouillet, für die deutschen Verhältnisse frei bearbeitet, herausgab, ahnte der bescheidene Mann gewiß nicht, daß er damit der deutschen Wissenschaft ein Werk geschenkt hatte, das die Jahrzehnte überdauern und sich zu einem führenden Handbuche der Physik auswachsen würde; schätzte er doch sein Werk nicht als eine der physikalischen Wissenschaft und Forschung selbst gewidmete Leistung, als vielmehr einen einem größeren Publikum, etwa den Chemikern, Medizinern, Kameralisten und Technikern (!) geleisteten Dienst. Nicht ohne Rührung kann man heute jenes Buch und das (nur zum zweiten Bande geschriebene) Vorwort lesen. Müller nennt sein Buch: „Pouillets Lehrbuch", während er doch nur sehr wenige und kurze Abschnitte übersetzt, im übrigen aber das französische Buch nur zum Vorbild für seine eigene Arbeit genommen hatte. Immer zeigt er sich ängstlich besorgt, dem französischen Gelehrten ja genug Ehre angedeihen zu lassen, so z. B. indem er erklärt, daß „Pouillet gewissermaßen ebenfalls die Ehre der Entdeckung des Ohmschen Gesetzes zukomme". Das sagt der deutsche Verfasser, der doch an andern Stellen sich genötigt sieht, seine Verwunderung darüber auszudrücken, daß gewisse deutsche Arbeiten, so vor allem die Gaußischen Arbeiten über Magnetismus, von Pouillet mit keiner Silbe erwähnt (!) seien. Das ist deutsche wissenschaftliche Objektivität.

Auf diese — ängstlich übertriebene — Objektivität muß man es, wenigstens zum großen Teil, zurückführen, daß das Buch (während doch schon in den noch von Müller selbst besorgten späteren Auflagen allmählich die Spuren französischer Abkunft vollständig verwischt wurden) heute noch den Namen Pouillets im Titel trägt. Das mutet besonders in dem vorliegenden Teile seltsam an, der das Gebiet behandelt, auf dem gerade die deutsche Wissenschaft so große Triumphe gefeiert hat.

Das vorliegende Buch ist ein Dokument deutscher Wissenschaft. Seine neue Gestalt erhielt es, als Lummer in der zehnten Auflage die Aufgabe übernahm, die Lehre von der strahlenden Energie einheitlich zu behandeln. Die vorliegende elfte Auflage, die bei Lummers Tode so weit gefördert war, daß sie (von A. Eucken und E. Waetzmann) „als ein unverfälschtes Vermächtnis Lummerschen Geistes" herausgegeben werden konnte, zeigt im wesentlichen noch dasselbe Gesicht. Freilich ist inhaltlich vieles geändert. Schon die Zuziehung mehrerer ausgezeichneter Gelehrter zur Bearbeitung des Bandes läßt darauf schließen, ist aber auch ein Zeichen für die schnelle Entwicklung dieses Zweiges der physikalischen Wissenschaft; selbst ein so weit reichender Geist wie der Lummers fühlte sich nicht mehr berufen, das Gebiet, das er im Jahre 1908 allein bewältigt hatte, sieben Jahre später noch einmal allein zu bearbeiten.

Von der Neubearbeitung waren für mich die ersten beiden Kapitel am beachtenswertesten, in denen in ausgezeichneter Weise das Wesen des Lichtes, der Wandel des Begriffs Äther im Laufe der Zeiten und die Lichtgeschwindigkeit behandelt werden; dann ganz besonders das elfte Kapitel über das Auge und die Gesichtsempfindungen. Der Umfang dieses Kapitels ist gegen die vorige Auflage auf über das Doppelte (auf 170 S.) vergrößert. Es ist bezeichnend, daß der Physiker heute so viel von der physiologischen Optik in sein Gebiet herüberzunehmen für nötig hält, und demgegenüber um so verwunderlicher, daß der Lichttechniker im allgemeinen noch so wenig Neigung zeigt, sein Gebiet gründlich physiologisch zu untermauern. Ich bin der Ansicht, daß der Lichttechniker nichts Besseres tun könnte, als dieses elfte Kapitel genau durchzuarbeiten. Freilich braucht er hernach noch mehr und manches anders. Das liegt in der Natur der Sache: während Physiker und Physiologe sich im allgemeinen damit begnügen können, Tatsachen zu erforschen, muß der Lichtingenieur immer fragen, wie er die gewonnene Erkenntnis zu nützlichem Schaffen verwenden kann. Dadurch verschiebt sich für ihn oft schon die Forschungsrichtung und sehr stark die Bewertung der Forschungsergebnisse. Dieser Unterschied ist mir in dem vorliegenden Buche besonders deutlich geworden in der verhältnismäßig geringen Beachtung, die der Blendung gewidmet, und in der Art, wie die Photometrie behandelt wird, nicht nämlich in einem besonderen Kapitel, sondern eingestreut in die verschiedenen Abschnitte. Daß das auch gewisse Vorzüge hat, soll nicht bestritten werden.

Immer, wenn ich in dem Buche — sei es in den soeben besonders hervorgehobenen, sei es in den andern, dem neuesten Stande der Wissenschaft angepaßten Kapiteln — las, habe ich größte Freude und Befriedigung gehabt; und wärmste Dankbarkeit erfüllt mich gegen den nun verstorbenen Herausgeber, den großen Forscher und Lehrer, dem die Lichttechnik soviel verdankt. [E 601]

Karlsruhe J. Teichmüller

Schnitte und Stanzen. Von Ernst Göhre. Leipzig 1927, Otto Spamer. 192 S. m. 183 Abb. Preis 16 ℳ.

Der Verfasser behandelt in dem ersten Band seines „Schnitte und Stanzen" betitelten neuen Werkes nur die Schnitte und bringt hiervon eine große Anzahl gut ausgewählter und zum größten Teil deutlich dargestellter Beispiele, die auch für den erfahrenen Praktiker wertvoll sind.

Der erste Abschnitt behandelt die Begriffe des Schneidens und Lochens sowie die Eigenschaften der Werkstoffe. Bei den Ausführungen des Verfassers über die Ausbildung der Schnittkante, wo er die scharf unterfeilte Schnittkante für die allein richtige hält, kann man geteilter Meinung sein. Es haben z. B. alle guten Gesamtschnitte zylindrische Durchbrüche und werden bei großer und gleichbleibender Genauigkeit der Teile sehr gut ausgenutzt.

Im zweiten Abschnitt werden dann die einzelnen Arten der Schnitte ausführlich behandelt, anfangend beim Freischnitt und endigend beim verwickelten Gesamtschnitt. Bei dem Absatz über die Verminderung des Schnittdruckes müßte noch ergänzt werden, daß auch die Schnittplatte mit einem schrägen oder dachförmigen Anschliff versehen werden kann.

Im letzten Abschnitt sind Anleitungen zur Wahl der geeigneten Schnittwerkzeuge gegeben und die Ursachen der am häufigsten auftretenden Betriebstörungen besprochen. Man erkennt, daß der Verfasser sein Fachgebiet beherrscht. Bei den Beispielen für die Auswahl der Werkzeuge fallen als störend und unübersichtlich die viel zu langen, umständlichen Zeichen und Symbole auf, für die am Anfang des zweiten Abschnittes eine Übersicht gebracht wird. Eine Kennzeichnung der Werkzeuge nach sieben verschiedenen Gesichtspunkten geht zu sehr ins einzelne.

Bedauerlich ist es, daß der Verfasser gerade hier eigene Wege gegangen ist, obwohl ihm die Arbeiten des Ausschusses für Stanzereitechnik beim AWF, der schon vor 1½ Jahren Kennzeichen und Kurzzeichen für die Stanzereiwerkzeuge veröffentlicht hat, bekannt sein mußten. Da er diese Arbeiten und die Vorteile ihrer Anwendung erwähnt, lag es eigentlich nahe, die Kennzeichnung ganz auf den Arbeiten des AWF aufzubauen und die festgelegten Zeichen unverändert zu übernehmen. Es ist schade, daß hier eine Gelegenheit zur Vereinheitlichung nicht ausgenutzt worden ist.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß diese Neuerscheinung zu den besseren und brauchbaren Werken gehört und daß sie als Lehrbuch für Anfänger und auch für Fortgeschrittene wertvoll ist. [E 331]

Berlin Obering. Kaczmarek

Betriebswissenschaftliche Bücher, 1. Bd.: **Wirtschaftsfragen der Massenfertigung.** Von K. H. Schmidt. Berlin 1927, Georg Stilke. 91 S. m. 2 Abb. Preis 2.50 *M*.
2. Bd.: **Fließende Fertigung.** Von H. L. Mittelstaedt. Berlin 1927, Georg Stilke. 100 S. m. 20 Abb. Preis 3 *M*.
3. Bd.: **Zeitstudien.** Von Hans Freund. Berlin 1927, Georg Stilke. 71 S. m. 2 Abb. Preis 2,50 *M*.

Bd. 1 und Bd. 2 behandeln zwei eng miteinander verbundene Fragen, die im Schrifttum bereits sehr häufig erörtert worden sind. Es kommt hierbei jedoch nicht auf die Aufgabestellung an, sondern auf die praktische Durchführung, also auf die Art, auf einfachstem Wege mit geringsten Mitteln das Ziel zu erweitern. Dazu ist erforderlich, die Wirtschaftlichkeit rechnerisch zu erfassen; das wird gebraucht! — Beispiele und zahlenmäßige Angaben müssen gegeben werden, darin liegt der Wert solcher Bücher. Leider ist in den beiden vorliegenden Bänden das erwähnte Ziel nicht erreicht.

Freund behandelt ein Gebiet, das durch die Arbeiten des Reichsausschusses für Arbeitzeitermittlung (REFA) eine besondere Förderung erfährt. Das Grundsätzliche der Zeitstudie und ihrer Auswertung ist gut hervorgehoben. Eine Kürzung des ersten Teiles wäre anzuraten, dafür ist der zweite Teil mehr durch Beispiele zu ergänzen, damit die praktische Auswertung der Zeitstudie erkannt wird. Nicht das Wissenschaftliche, sondern die praktischen Beispiele sind die Rüstzeuge für den Werkstattmann.

[E 640] W. Wiedemann

Handbook of the Society of Automotive Engineers. March 1927, Revised and reprinted semi-annually. New York City, 29 West 39 th Street. Mit zahlr. Abb. Preis 5 $.

Das Handbuch, das alljährlich zweimal erscheint, ist die Zusammenstellung von etwa 600 Normen und Normvorschlägen, die seit dem Jahre 1910 in den Ausschüssen der Society of Automotive Engineers bearbeitet wurden und weit über den Kreis dieser Vereinigung hinaus praktisch Anwendung gefunden haben.

Die Vorschriften gliedern sich nach den Hauptteilen des Kraftwagens von der Maschinenanlage bis zum Rahmen und den Federn. Ihr vielleicht bemerkenswertester Teil sind die Vorschriften über Stähle und Nichteisenmetalle für den Kraftwagenbau, die auch genaue Vorschriften über Warmbehandlung einschließen.

Neben eigentlichen Normen enthält das Buch auch allgemeine Regeln, z. B. für die einheitliche Benennung von Kraftwagenteilen, für die Durchführung von Untersuchungen an Kraftwagen usw., die auch bei uns Beachtung verdienen. Auch der Anzeigenteil beschränkt sich auf Firmen, die genormte Teile oder Werkstoffe liefern.

[E 620] H.

Handwörterbuch des Kaufmanns. Lexikon für Handel und Industrie. Herausgeg. von Karl Bott. Hamburg 1927, Hanseatische Verlagsanstalt. 1. Bd. A—D 946 S. 2. Bd. E—H. 1086 S. Preis je Bd. 30 *M*.

Das Handwörterbuch des Kaufmanns ist in erster Linie für die in der deutschen Wirtschaft tätigen Kaufleute und Techniker bestimmt. Es umfaßt u. a.: Volks- und Betriebswirtschaftslehre, Handels- und Wirtschaftspolitik, Finanz- und Verkehrswesen, Privatversicherung, Biographien deutscher Wirtschaftsführer, Interessenverbände, Kartell- und Konzernwesen, Bank- und Börsenwesen, Geld- und Zahlungsverkehr, die Organisation des Handels, Handelsbräuche und Handelsklauseln, Gründung, Führung und Finanzierung der Unternehmung, Selbstkostenrechnung, Lohnwesen, Betriebskontrolle, Betriebsstatistik, Kundenwerbung, kaufmännische Arithmetik, Handelsrecht, Wechsel- und Scheckrecht, Konkursrecht, Arbeitsrecht, Sozialpolitik, Sozialversicherung, kaufmännisches und gewerbliches Bildungswesen, Wirtschaftsgeographie unter besonderer Berücksichtigung der Industrie-, Handels-, Hafen- und Umschlagplätze, Warenkunde unter besonderer Betonung der Handelssorten und Handelsbräuche.

Mit berücksichtigt wurden, wenn auch in einer für ein Kaufmannslexikon erforderlichen Beschränkung, Land- und Forstwirtschaft, Technik, Chemie, chemische und mechanische Technologie, Zeitungswesen, die deutschen Behörden, Auslandsinstitute, Gesandtschafts- und Konsulatwesen. Außerdem wurden wichtige Angaben über die ausländische Wirtschaft, ausländische Großunternehmungen, ausländische Interessenvertretungen und Behörden gemacht.

Wir haben es mit einem Werk zu tun, das — nach einigen Stichproben zu urteilen — sicherlich großen Anklang in den beteiligten Kreisen finden wird und ihn auch verdient. [E 619] Fr.

Vorrichtungen im Maschinenbau. Von Otto Lich. 2. Aufl. Berlin 1927, Julius Springer. 500 S. m. 656 Abb. Preis 26 *M*.

Fließende Fertigung. Von Hermann Schaefer. Leipzig 1927, Max Jänecke. 121 S. m. 42 Abb. Preis 3,90 *M*.

Siliziumstahl als Baustahl und Stahlformguß. Von [illegible] von Korpoly. Halle a. d. S. 1927, Wilhelm Knapp. 41 S. m. 47 Abb. Preis 3,90 *M*.

Die Konstruktion von Hochbauten. Von Otto Frick und Karl Knöll. 5. Aufl. Leipzig und Berlin 1927, B. G. Teubner. 200 S. m. 584 Abb. Preis 9,60 *M*.

Bridge architecture. Twohundred illustrations of the notable bridges of the world, ancient and modern with descriptive, historical and legendary text. Von Wilbur J. Watson. New York, William Helburn Inc. 288 S. m. Abb. Preis 17,50 $.

Handbuch der Kokerei. Herausgeg. von Wilhelm Gluud. Verf. von G. Schneider und H. Winter. 1. Bd. Halle a. d. S. 1927, Wilhelm Knapp. 302 S. m. 155 Abb. Preis 29 *M*.

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS
BD. 71 SONNABEND, 27. AUGUST 1927 NR. 35

Die Gestaltung der Brücken

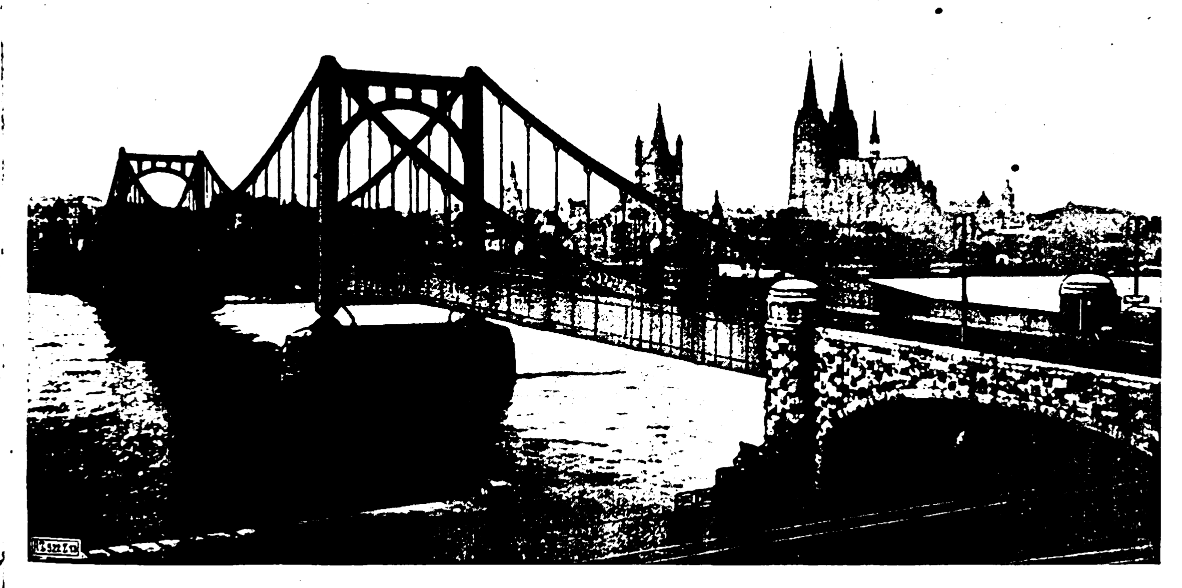
Ein Beitrag zur Entwicklung der deutschen Brückenbaukunst

Von Dr.-Ing. K. Schaechterle, Stuttgart

Vorgetragen in der Mitgliederversammlung der Deutschen Gesellschaft für Bauingenieurwesen anläßlich der 66. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure, Mannheim-Heidelberg 1927

Hierzu Textblatt 7 bis 10

Die technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkte, die für den Entwurf und die Bauausführung von Brückenbauwerken maßgebend sind — Grundsätze für die künstlerische Gestaltung — An charakteristischen Beispielen aus alter und neuer Zeit wird die Entwicklung der deutschen Brückenbaukunst und unsere gegenwärtige Einstellung zu der Aufgabe der Brückengestaltung gekennzeichnet.



Hängebrücke über den Rhein in Köln

Der Wettbewerb über die neue Rheinbrücke bei Köln-Mülheim hat über die Grenzen Deutschlands und über die engere Fachwelt hinaus Beachtung gefunden. Daß neben der Köln-Mülheimer Bürgerschaft auch nicht unmittelbar beteiligte Kreise an der Lösung der Bauaufgabe Anteil nehmen, liegt daran, daß dieser Wettbewerb nicht nur Gradmesser deutscher Ingenieurarbeit, sondern auch Spiegel unsrer Baugesinnung ist.

Technische und wirtschaftliche Gesichtspunkte für Entwurf und Bau

Die Ingenieurbauwerke sind äußere Erscheinungsformen des Verkehrs- und Wirtschaftslebens. Für ihre Gestellung sind in erster Linie wirtschaftliche Bedürfnisse und Gesichtspunkte maßgebend. Man erwartet vom Ingenieur, daß er die aus dem Verwendungszweck sich ergebenden Forderungen unter Ausnutzung aller bautechnischen Möglichkeiten möglichst restlos erfüllt. Die Fortschritte auf allen Gebieten der Wissenschaft und Technik führten hinaus über die Fragen der technischen Einzelheit, des Baustoffes, der Konstruktion und Berechnung und Ausführung zur wirtschaftlichen Erfassung der Bauaufgaben. Die Entscheidung über eine neue Verkehrs- oder Industrieanlage im ganzen wird in der Regel auf Grund eines Nachweises der Bauwürdigkeit getroffen. Von den verschiedenen Ausführungsmöglichkeiten gleicher betriebstechnischer Eignung wird der Wirtschaftler im allgemeinen derjenigen Lösung den Vorzug geben, bei der die auf eine bestimmte Zeitspanne bezogenen Betriebskosten einschließlich der Verzinsung und Abschreibung der Baukosten, der Sicherungs- und Unterhaltungskosten einen Kleinstwert ausmachen. Das Ingenieurbauwerk als technische Einzelheit im Rahmen der Gesamtaufgabe soll dem vorgeschriebenen Zweck unter Einrechnung der Betriebs- und Unterhaltungskosten sowie der Lebensdauer mit einem Mindestaufwand an Kosten genügen. Umstellungs-, Erweiterungs- und Änderungsmöglichkeiten sind zu berücksichtigen. Über das Theoretische dieser Forderungen ist man sich klar, in der Praxis des Bauens geht es ohne Zugeständnisse nicht ab.

Mit der Erfüllung der betrieblichen und wirtschaftlichen Forderungen wird sich die Allgemeinheit nicht in jedem Fall abfinden. Die Zweckgestaltung mag wohl ausreichen bei Erdbauten und sonstigen untergeordneten Ingenieurbauwerken, nicht aber bei Kunstbauten, wie Brücken, Hallen, Speichern, Wassertürmen, Funktürmen,

Bahnhöfen, Staumauern, Kraftwerken und Industriebauten aller Art, die in der Landschaft oder im Stadtbild auffällig in die Erscheinung treten. Ingenieurbauwerke sollen auch „schön" sein[1]). Wir wissen wohl, daß zweckmäßig noch nicht schön zu sein braucht, daß dagegen zweckvoll als schön empfunden werden kann. Ich will mich daher bestimmter ausdrücken: Diese Ingenieurbauwerke sollen „künstlerisch" gestaltet werden.

Die künstlerische Gestaltung

von Ingenieurbauwerken braucht nicht in Widerspruch zu geraten mit den betriebstechnischen und wirtschaftlichen Forderungen. Man kann wohl schmückende Zutaten, die verteuernd wirken und in keiner Beziehung zur Zweckbestimmung stehen, ablehnen und doch dem Grundsatz, mit einem Mindestaufwand an Mitteln Höchstleistungen in zweckvoller, stofflicher, konstruktiver, statischer und künstlerischer Hinsicht zu erreichen, zustimmen.

Die künstlerische Wirkung von Ingenieurbauten kann nicht erreicht werden durch architektonischen Aufputz oder äußere Verzierung. Die Ingenieurbauten verlangen eine andre Einstellung, als sie unsre alten Lehrbücher über architektonisch formales Schaffen bieten. Das soll aber nicht heißen, daß alles Bisherige, Überkommene im Sinne der revolutionären Bewegungen unsrer gärenden Zeit verdammt und verworfen werden soll. Die Gegenwart fußt auf der Vergangenheit, und das Zukünftige wird sich auf das Gegenwärtige stützen. Erst der Einblick in den geschichtlichen Werdegang und die großen Linien der Entwicklung befähigt uns, das Neue voll zu erfassen und in lebendige Beziehung zum Überlieferten zu bringen. Das Bauen im Geiste unsrer Zeit schließt Lebendigerhaltung und Fortführung gesunder Überlieferung nicht aus. Aber falsch wäre es, neue Erscheinungen in alte Formen zu kleiden.

Dadurch, daß der Ingenieur von der Zweckbestimmung ausgehend unter Ausschöpfung aller Hilfsmittel der fortgeschrittenen Wissenschaft und Technik gestaltet, entstehen neue Formen, die von der Überlieferung abweichen, neu und ungewohnt sind und von Laien oft nicht verstanden werden. Neue Formen werden sich durchsetzen, wenn sie organisch und logisch aus den gegebenen Bedingungen erwachsen. Die Allgemeinheit wird sich mit ihnen abfinden, ja sie als Bereicherung der Formensprache begrüßen. Das Suchen nach einer neuen Form um jeden Preis lehnt der Ingenieur ebenso ab wie die Anwendung erdachter oder historischer Stilformen.

Der Ingenieur ist in seinen Schöpfungen an die Naturgesetze gebunden. Er kann immer größere Weiten freitragend überspannen, die Bau- und Werkstoffe immer mehr veredeln, die Ausnutzung der Festigkeitseigenschaften der Bau- und Werkstoffe immer weiter treiben, immer mehr an Masse sparen; aber je kühner der Ingenieur gestaltet, um so gewissenhafter muß er wägen und prüfen, um so genauer rechnen und messen, die vorhandenen Erkenntnisse und Erfahrungen nutzen und werten.

Grundsätze für die künstlerische Gestaltung

Die Brücke ist zu allen Zeiten als Kunstwerk empfunden worden. Im 19. Jahrhundert wurden jedoch die künstlerischen Gesichtspunkte durch die stürmische technische Entwicklung zurückgedrängt. Man sah im Brückenbau mehr und mehr eine ingenieurtechnische Aufgabe. Mit der zunehmenden Beherrschung der Hilfsmittel von Wissenschaft und Technik traten wirtschaftliche Erwägungen in den Vordergrund. Erst in jüngster Zeit hat sich wieder die Anschauung von der künstlerischen Bedeutung der Brücke durchgesetzt. Wegen ihrer beherrschenden Stellung im Landschafts- und Stadtbild gehören die Brücken zu den augenfälligsten Schöpfungen der Baukunst.

Bestimmend für die künstlerische Gestaltung sind Zweck und Örtlichkeit, Baustoff und Konstruktion.

Zweck und Eigenart

sollen voll und klar zum Ausdruck gebracht werden. Alles Unnötige, Gesuchte, Gekünstelte, Verwickelte, den Zweck Verhüllende, Verschleiernde und Verwirrende ist abzulehnen.

[1]) Vergl. a. Z. Bd. 68 (1924) S. 1113.

Die Brücken dienen dem Verkehr durch Überwindu[ng] von natürlichen oder künstlichen Hindernissen. Di[e] Durchführung und Betonung der Fahr[-] bahn ist das gegebene Hauptmotiv für d[ie] Brückengestaltung. Die Fahrbahnlinie darf dur[ch] keine Zutaten übertönt oder verwischt werden. Das Tra[g-] werk muß sich der Fahrbahn unterordnen. Bei den Stei[n-] brücken bildet die Fahrbahn den oberen Abschluß d[er] Brücke. Bei den Eisenbetonbrücken ermöglichen sta[rk] ausladende, durch Konsole gestützte Brüstungen eine E[r-] sparnis an Baukosten und lassen die Fahrbahn deutli[ch] hervortreten. Bei den eisernen Brücken ist die frei g[e-] stützte oder die frei aufgehängte Fahrbahn jeder ande[rn] Anordnung überlegen. Eine verdeckte Lage der Fahrba[hn] ist immer unbefriedigend. Die mittlere Lage durchschnei[det] das Haupttragwerk und beeinträchtigt die Gesamtwirku[ng.] Die Konstruktion soll den Verkehr möglichst wenig beh[in-] dern oder einschränken. Statt die Brückenbahn über [den] Widerlagern und Pfeilern durch Steinbauten einzuen[gen,] sind Verbreiterungen für die flüssige Ein- und Ausleit[ung] des Verkehrs und Ausweichstellen erwünscht. Da die [Ge-] samtanordnung der tragenden und stützenden Teile n[icht] von der Fahrbahn aus, sondern nur von einem Standp[unkt] außerhalb des Bauwerks übersehen werden kann, sind [die] Schauseiten für den Gesamteindruck ausschlaggebend.

Das Ingenieurbauwerk soll in die Umgebung eingeordnet werden

Bauwerk und Umgebung müssen sich vertragen. [Die] Natur wirkt am stärksten, wo sie von Menschenhand [un-] berührt geblieben ist. Die Bauten des Ingenieurs in [der] freien Natur, seien es Straßen, Eisenbahnen, Kanäle, [Lei-] tungen, bedeuten immer einen mehr oder weniger st[arken] den Eingriff. Die Kunstbauten des Ingenieurs, sei[en es] Brücken, Tunnel, Staumauern, Kraftwerke, Fabr[iken,] Bahnhöfe, treten viel mehr in der Umgebung hervo[r als] andre Zweckbauten des Menschen. Sie sollen deshal[b in] enge Beziehung zu dieser gebracht werden, nicht [als] fremd und störend in der Umgebung stehen, sondern [sich] unauffällig, anspruchslos und harmonisch unter Wah[rung] und Erhaltung des Landschafts- oder charaktervollen S[tadt-] bildes einfügen. Die Empfindung von schön und hä[ßlich,] harmonisch und störend ist nirgends so geschärft wi[e im] freien Blick auf die Landschaft. Die Natur ist die [beste] Erzieherin, um das Auge für das Schöne und Harmon[ische] empfindlich zu halten. Ein gewisses Maß von Schön[heits-] empfinden ist jedermann angeboren. Zur künstleri[schen] Gestaltung gehört jedoch tieferes Verständnis für ästhet[ische] Werte, Geschmacksbildung, die nur durch Studium un[d Be-] schäftigung mit ästhetischen Fragen erworben werden [kann.] Nur wer die Örtlichkeit, das Landschafts- oder Stadtb[ild,] Linien, Formen und Farben in sich aufgenommen, Augenmaß und Vorstellungsgabe besitzt, um das neue [Bau-] werk in die Umgebung hineinzudenken, wird der Au[fgabe] der künstlerischen Einpassung gerecht werden.

Die Eigenart des Baustoffes soll in der Erscheinung zum Ausd[ruck] kommen. Er gibt dem Bauwerk das besondere Ge[präge.] Dieses ist um so stärker, gesünder und freier, je z[weck-] voller man den Baustoff verwendet. Wir werten die Bau[stoffe] nach Güte, Beständigkeit und Gestaltungsfähigkeit, V[er-] standfähigkeit gegen die verschiedenen Beanspruch[ungen] und äußeren Einflüsse. Die zweckvolle Verwendung [setzt] genaue Kenntnis der Eigenschaften des Baustoffes u[nd der] technischen Bearbeitungs- und Behandlungsverf[ahren] voran.

Für die Ingenieurbauten kommen in erster Lin[ie die] Festigkeitseigenschaften der Baustoffe in Betracht. [Je] höher die Festigkeit des Baustoffs, um so kleiner der [Bau-] stoffaufwand, um so schwächer die Querschnitte, u[m so] aufgelöster die Konstruktion, um so feiner und reich[er die] Gliederung. An die Stelle der geschlossenen Mass[e der] Steinbauten tritt bei Holz, Eisen und Eisenbeto[n das] weitgehend aufgelöste Traggerippe. Bei Bauten [aus] Quader-, Bruchstein- oder Ziegelmauerwerk tritt die [Her-] stellungsweise durch die Fugenteilung hervor. Die L[ager-] fugen der Mauern, die Stoßfugen der Gewölbe [unter-] streichen die Tragwirkung durch Ausnutzung der L[...]

festigkeit des Steins. Steingröße, Mauerverband, Stirnflächen- und Fugenbehandlung sind für das Aussehen von Bedeutung. Die natürliche Tönung des Steins wirkt belebend.

Den Steinbauten stehen die Betonbauten nahe. Auch bei ihnen handelt es sich um die Ausnutzung der Druckfestigkeit des Baustoffs. Aus der Herstellung des Betons durch Einstampfen, Schütten oder Gießen der weichen Betonmasse in Schalungen und Formen ergeben sich grundlegende Unterschiede der äußeren Erscheinung. Das Fehlen von Lager- und Stoßfugen bedingt den gleichartigen, monolithischen Charakter der Betonbauten. Der unbearbeitete Beton wirkt kalt, stumpf und eintönig. Man findet deshalb häufig eine Verkleidung der Sichtflächen durch Vorsatzgemäuer oder Putz. Dem Baustoff mehr entsprechend ist die Anwendung eines dichten Vorsatzbetons, der mit der übrigen Masse gleichzeitig in die Schalung eingebracht wird und sich vollkommen mit ihr zu einem einheitlichen Körper verbindet. Durch geeignete Auswahl der Zuschlagstoffe des Vorsatzbetons nach Korngröße und Farbe und durch Wechsel der steinmetzmäßigen Bearbeitung lassen sich Kontraste erzielen und die Sichtflächen, wo angezeigt, reicher beleben. Durch die Bewehrung des Betons mit Eisen und die damit erreichte hohe Widerstandfähigkeit der Verbundkörper gegen Biegung wurde die Anwendung des Betonbaues außerordentlich erweitert.

Die Technik des Eisenbetonbaues ist grundverschieden von der des Steinbaues. Gegenüber den massigen und wuchtigen Stein- und Betonbauwerken wirken die Eisenbeton-Tragwerke straff und gedrungen. Die Formen des Eisenbetons bieten nur geringe Möglichkeiten der Verkleidung und der Sichtflächenbehandlung. Die Sichtfläche tritt an Bedeutung gegenüber der Form des Traggerippes zurück.

Beim Eisenbau liegt die Schwierigkeit der künstlerischen Gestaltung im Werkstoff selbst begründet. Seine Schwere tritt gegenüber der Festigkeit ganz zurück. Das Verhältnis läßt sich gefühlsmäßig nicht mehr erfassen. Den aufgelösten eisernen Tragwerken fehlt Körper und Fläche. Eisenkonstruktionen haben etwas Dünnes, Skelettartiges, Fleischloses an sich. Dazu kommt der eintönige zum Schutz gegen Rost notwendige Anstrich. Der in der Eigenart des Baustoffes begründete Mangel an Flächenwirkung und die Farbhärte können jedoch nicht für das unschöne Aussehen vieler eiserner Bauwerke verantwortlich gemacht werden. Im Gegenteil darf gesagt werden, daß im Eisen noch lange nicht ausgeschöpfte Möglichkeiten künstlerischer Gestaltung liegen.

Gegenüber dem Stein- und dem Eisenbau tritt das Holz im Brückenbau zurück. Und doch ist das Holz der bildsamste und gestaltungsfähigste Baustoff. Das zeigt sich in der Vielseitigkeit der Verwendung vom rohen Gerüste bis zum feinsten Möbel. Holzkonstruktionen sind für Dauerbauwerke gegen Witterungseinflüsse und wechselnde Feuchtigkeit durch Bedachung und Verschalung zu sichern. Die dem Baustoff eigene Werkform kommt äußerlich selten zur Geltung. Wo Bauteile nicht verrußen oder verschmutzen, nimmt sachgemäß behandeltes Holz nach kurzer Zeit eine durch keinen Farbanstrich zu übertreffende, durch die Maserung belebte Naturfärbung an.

Die Konstruktion

soll statisch klar und technisch einwandfrei in allen Teilen möglichst gleich widerstandfähig sein. Die konstruktiven Möglichkeiten sind für jeden Bau- und Werkstoff verschieden. Die Hauptaufgabe der Konstruktion besteht darin, die Lasten und sonstigen angreifenden Kräfte zuverlässig und auf dem einfachsten und natürlichsten Weg auf den Baugrund zu übertragen. Die Konstruktion besteht aus vorwiegend tragenden und vorwiegend stützenden Konstruktionsgliedern. Durch Zusammensetzung, Verbindung und Fügung der tragenden und stützenden Teile entsteht das Traggerippe.

Die Schwierigkeit bei neuzeitlichen Ingenieurbauwerken besteht darin, die statische Wirkung dem Verständnis des Laien näher zu bringen, der nicht nachrechnet, sondern nachempfindet. Ist die statische Wirkungsweise nicht klar ersichtlich oder gar verschleiert, so kann kein befriedigender Eindruck aufkommen. Bei den einfachsten



Abb. 3
Talbrücke der Nebenbahn Schorndorf – Welzheim

Trägerformen des Balkens und Pfostens ist die Aufgabe des Tragens und Stützens eindeutig. Bei dem Gewölbe in Stein wird auch das ungeschulte Auge des Laien die statische Wirkung erkennen. Ebenso natürlich und verständlich wirken das Tragseil oder die Tragkette bei Hängebrücken, der Tragbogen mit frei gestützter und frei angehängter Fahrbahn, das Sprengwerk und das Hängewerk. Gegenüber den vollwandigen Trägern in Holz, Eisen und Eisenbeton sind die in Netz- und Maschenwerk aufgelösten Trägersysteme der gefühlsmäßigen Beurteilung weniger zugänglich. Kommen hierzu noch Unklarheiten über die Bedeutung der Einzelteile im räumlichen Verband, so begreift man die oft beklagte Ablehnung solcher Konstruktionen als unverständlich, fremd und ungewohnt. Der Beschauer sieht eben ein Gerüst, er erkennt nicht den geistigen Gehalt. Man hat anfänglich gehofft, daß der Beschauer sich mit der Zeit an die Formensprache des Eisenbaues gewöhnen werde, und später nach offenkundigen Mißerfolgen gesagt, daß das statische Gefühl für Eisenkonstruktionen erst erzogen werden müsse. Richtiger ist zweifellos die Feststellung, daß es der Ingenieur nicht immer verstanden hat, Stoff und Form so zu meistern, daß seine Absichten auch vom Laien verstanden werden.

Was die Lösung einer Bauaufgabe vom statischen Gesichtspunkt aus anlangt, so hat das statisch bestimmte Tragwerk mancherlei Vorteile. Die Berechnung ist einfach und zuverlässig. Damit ist aber nicht gesagt, daß die Konstruktion zweckmäßig ist und die im Baustoff ruhenden konstruktiven Möglichkeiten voll ausgeschöpft sind. Je vollkommener das Zusammenwirken der Einzelglieder eines räumlichen Traggerippes, der Platten, Träger, Stützen durch steife Verspannung, d. h. biegefeste Verbindungen ist, um so günstiger ist die Lastverteilung, um so gleichmäßiger die Teilnahme der Einzelglieder an der Aufnahme und Übertragung der Last auf den Baugrund. Man erreicht damit ein Größtmaß an Widerstand mit einem Mindestaufwand an Baustoff. Darauf beruht der bahnbrechende und durchschlagende Erfolg des Eisenbetons. Die steife Rahmenkonstruktion ist die am meisten fortgeschrittene und vollkommenste Schöpfung neuzeitlicher Ingenieurkunst; sie findet neuerdings auch im Eisenbau immer mehr Anwendung und Verbreitung.

Gegenüber der gewölbten Steinbrücke mit geschlossener Massenwirkung gewinnt das aufgelöste Eisentragwerk durch Leichtigkeit und Eleganz der Erscheinung. Auch durch Gegensätze kann Harmonie ausgelöst werden. Bei dem Mangel an Körper, Fläche und Tönung kommt der Umrißlinie eine entscheidende Bedeutung zu. Der nach der Stützlinie geformte Bogen mit voller Wand oder Vergitterung, die natürliche Seillinie des Tragkabels oder der Tragkette, die Gurtlinien der Balkenträger bestimmen den Gesamteindruck. Neben dem Umriß ist die Untergliederung, das Stab-, Netz- und Maschenwerk zu beachten. Das Stabwerk soll in sich einfach, klar und harmonisch sein. Die Querschnitte sind sorglich gegeneinander abzuwägen. Die Unterteilung soll das Maßverhältnis zu den Verkehrseinheiten und zur Umgebung herstellen,

Man glaubte lange Zeit, daß das Eisengerippe allein nicht in der Lage sei, ästhetische Bedürfnisse zu befriedigen, und kam so zur Verkleidung, zur steinernen Kulisse. Heute besteht kein Zweifel, daß es möglich ist, die Eisenkonstruktionen als eigenwilliges, maßstäblich faßbares, selbständiges Gebilde künstlerisch zu gestalten. Man mußte eben im Eisenbau erst lernen, die Werkgedanken und das Kräftespiel zum erfaßbaren Ausdruck zu bringen. Man beurteilt heute die Schönheit der Eisenkonstruktion nicht mehr in ornamentaler Hinsicht, sondern nach der mehr oder weniger gelungenen Versinnlichung der Tragidee und nach der Schnittigkeit der Linien.

Je mehr der Ingenieur die beengende Schranke der Konstruktion und Berechnung überwindet, je mehr er den Blick für das Ganze freihält, um so eher wird er in der Lage sein, Werke zu schaffen, denen man die Schwierigkeiten des Entstehens, der Entwurfbearbeitung und Berechnung nicht mehr ansieht, die schließlich als selbstverständlich dastehen und keiner Erklärung und Begründung bedürfen.

Zweckmäßig, gediegen, sachlich, echt, wahr und gesetzlich ist immer noch nicht künstlerisch. Ein bedeutendes Ingenieurbauwerk kann als technisch-wissenschaftliche Leistung Achtung verdienen, ein kühnes, gewagtes Bauwerk sogar Staunen und Bewunderung erregen und doch ästhetisch nicht befriedigen. Selbst Rhythmus und Wohlklang der Form und geschickte Einpassung in die Umgebung genügen nicht, um die Schöpfung zum Kunstwerk zu erheben. Das alles sind nur Voraussetzungen. Das Kunstwerk entsteht erst durch die Zusammenfassung aller erfüllten Forderungen zur Einheit und Einzigartigkeit durch die Persönlichkeit des schöpferisch gestaltenden Künstlers. In der künstlerischen Gestaltung zeigt sich die Willenszusammenfassung und Sammlung, die zur Erstellung des Bauwerks geführt hat.

Die Brückenbaumeister

Die alten Meister der Baukunst waren Handwerker und Künstler. Ihnen stand noch kein wissenschaftliches Rüstzeug für die Gestaltung ihrer Bauten zur Verfügung. Dagegen besaßen sie ein durch Beobachtung, Erfahrung und Überlieferung ausgebildetes statisch-konstruktives Gefühl und hatten Sinn für gute Form. Ihre Leistungen gingen zum Teil weit über handwerkliches Können hinaus und zeugen von einer erstaunlichen Beherrschung statischer Gesetze, hervorgegangen aus der gefühlsmäßigen Erfassung des Verhältnisses von Schwere und Festigkeit, des Gleichgewichtes der angreifenden und widerstehenden Kräfte, so daß sie geradezu als Ingenieurleistungen ihrer Zeit angesprochen werden dürfen.

Im 19. Jahrhundert sind es die Ingenieurwissenschaften, die umwälzend gewirkt haben. Der Ingenieur von heute arbeitet nicht mehr gefühlsmäßig, sondern nach den Gesetzen logischen Denkens auf Grund von gesicherten wissenschaftlichen Erkenntnissen. Die Wissenschaft bietet heute die unentbehrliche Grundlage für die Gestaltung der Ingenieurbauten.

Bei den alten Meistern bestand die Gefahr, daß das statische Gefühl trog, die Trag- und Standfähigkeit der Konstruktion überschätzt wurde. Mancherlei Irrtümer zeigen uns die Schattenseiten gefühlsmäßigen Könnens ohne wissenschaftliche Grundlagen. Bei den Ingenieuren von heute droht ein Übermaß an Theorie und Rechnung, die einseitig verstandeskritische Einstellung, die weitgehende Spezialisierung und Mechanisierung der technischen Arbeit den Blick für die Erfassung der Bauaufgabe als Einheit zu trüben, die schöpferische Gestaltungskraft zu lähmen. Ohne diese wird aber auch bei vollkommenster Beherrschung der Hilfsmittel von Wissenschaft und Technik kein Meisterwerk entstehen. Den alten Meistern ist es gelungen, das Bauen zur Kunst, die Werkform zur Kunstform, das Bauwerk zum Kunstwerk zu erhöhen. Ob wir wieder einmal zu so einheitlicher Baugesinnung, zu so geschlossenem Formenausdruck, zu einem neuen Stil gelangen werden, steht dahin. Unsre Zeit ist jedenfalls noch nicht reif und hat die Einheitlichkeit in ihrer Formenerscheinung noch nicht gefunden.

Dem persönlichen Eigenwillen des Baukünstlers sind bei Ingenieurbauwerken Schranken gesetzt. In den freien Künsten mag das Vorrecht der Persönlichkeit, ihr Wesen in individuell gestaltenden Formen zum Ausdruck zu bringen, gelten, in der angewandten Kunst und in der Ingenieurbaukunst im besonderen kann es ein Vorrecht unbegrenzter künstlerischer Freiheit nicht geben. Die künstlerische Formgebung darf den technischen Voraussetzungen nicht widersprechen.

Der Ingenieur hat sich lange Zeit gegen die Kunst spröde und ablehnend verhalten. Seine Kraft war durch die Arbeiten auf den ureigensten Gebieten der Baustoffgewinnung und -behandlung, der Werkstofferzeugung und Veredlung, der Ausbildung der Trägerarten und -systeme, der Zusammensetzung, Verbindung und Fügung zu freitragenden, standsicheren, räumlichen Gebilden durch wissenschaftliche Forschungsarbeiten und Versuche, durch die Fortbildung der Werkstattechnik und der Aufstellungs- und Arbeitsverfahren voll in Anspruch genommen, er hat sich um die ästhetische Seite der Aufgabe wenig gekümmert. Wohl hat es nicht an wohlgemeinten Versuchen gefehlt, seine Arbeiten künstlerisch zu beeinflussen. Diese Versuche hatten jedoch selten Erfolg. Die Beeinflussung durch die Architekten des 19. Jahrhunderts war äußerlich und mußte es bei der herkömmlichen Einstellung zu den neuen Bauaufgaben sein; daher der Gegensatz zwischen Ingenieur und Architekt, über den so oft geklagt wo[rden] ist.

Und doch sind vereinzelt Ingenieurwerke entstanden, denen künstlerischer Wert nicht abgesprochen werde[n] kann, trotzdem sie keine Architektenhand berührt hat. D[ie] schwierigen Ingenieurprobleme sind leider auch heute noc[h] nicht — weder verstandes- noch gefühlsmäßig — zum ge[i]stigen Eigentum der Architekten und Formbildner gewo[r]den. Wenn heute vielfach die Zweckform der Kunstfor[m] gleichgesetzt wird, so bedeutet das einen Verzicht a[uf] künstlerische Gestaltung. Der Gegensatz zwischen Arch[i]tekt und Ingenieur wird erst schwinden, wenn der Arch[i]tekt die Denkweise des Ingenieurs in sich aufgenomm[en] und innerlich verarbeitet hat.

Die Trennung der Arbeitsgebiete zwischen Archite[kt] und Ingenieur war eine unvermeidliche Begleitersch[ei]nung und Folge des technischen Fortschrittes und d[er] Arbeitsteilung. Es ist heute kaum mehr möglich, bei[de] Gebiete zu durchdringen und zu beherrschen. Die Z[ei]ten eines Leonardo da Vinci, eines Albrecht Dürer, ein[es] Balthasar Neumann, die als Maler, Bildhauer, Archite[k]ten und Ingenieure Großes geleistet haben, sind vorüb[er]. Unser Empfinden ist nicht mehr das der Vorfahre[n], unsre Bedürfnisse sind andre geworden, wir arbeiten [mit] andern Mitteln. Je weiter die Arbeitsteilung fortschrei[tet] und je intensiver die Sonderfachausbildung betrieben wi[rd], um so wichtiger ist das Zusammenarbeiten.

Der Ingenieur stellt die Zweckmäßigkeit voran, [der] Architekt die Empfindung. Zweckmäßig, wahr und e[m]funden ist das Endziel der Zusammenarbeit. Du[rch] Sondererziehung streben die Kräfte auseinander ans[tatt] zusammen. Es gilt deshalb, schon auf den Hochschu[len] das Verbundensein der Arbeit von Ingenieur und Arc[hi]tekt zu betonen, die Vereinigung zur Einheit baukünst[le]rischen Schaffens zu suchen.

Die Entwicklung der deutschen Brückenbaukunst

Wenn wir Deutschland durchwandern, finden [wir] noch überraschend viele Brücken aus alter Zeit — Den[k]mäler mittelalterlicher Baukunst —, die günstigen U[m]ständen ihre Erhaltung verdanken. Allbekannt sind [die] ehrwürdige Donaubrücke in Regensburg (1135 bis 114[6]) und die Marienbrücke über den Main in Würzbu[rg] (1474 bis 1607), Abb. 1, Textbl. 7. Diese alten Ste[in]brücken sind an sich schön, unübertrefflich im Glei[ch]gewicht der Massen und im Rhythmus der Gliederu[ng], aber erst die Verwachsenheit mit der Umgebung erhe[bt] sie zu ihrer hohen künstlerischen Bedeutung. Di[e] Brücken sind zu organischen Bestandteilen des Sta[dt]gebildes geworden. Die von Halbkreisgewölben üb[er]spannten kleinen Öffnungen, die breiten, wuchtig[en] Pfeiler mit den stromaufwärts keilförmig vorspringend[en] und stromabwärts abgerundeten Unterteilen für den u[n]gehinderten Wasserabfluß weisen zwanglos und natürli[ch] auf die Zweckbestimmung hin. Die großen Mau[er-]

Schaechterle:
Die Gestaltung der Brücken, ein Beitrag zur Entwicklung der deutschen Brückenbaukunst

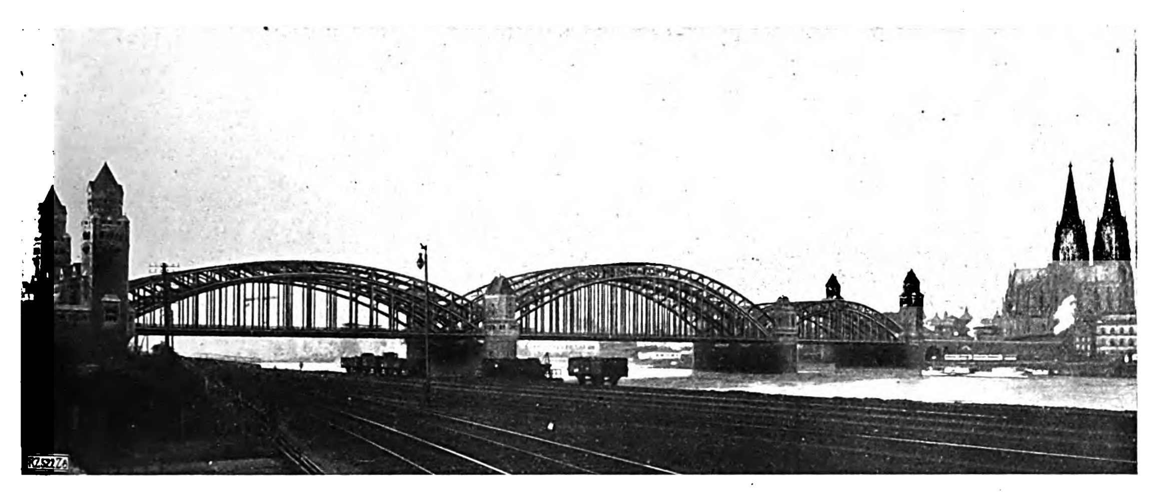


Abb. 8
Hohenzollernbrücke über den Rhein in Köln

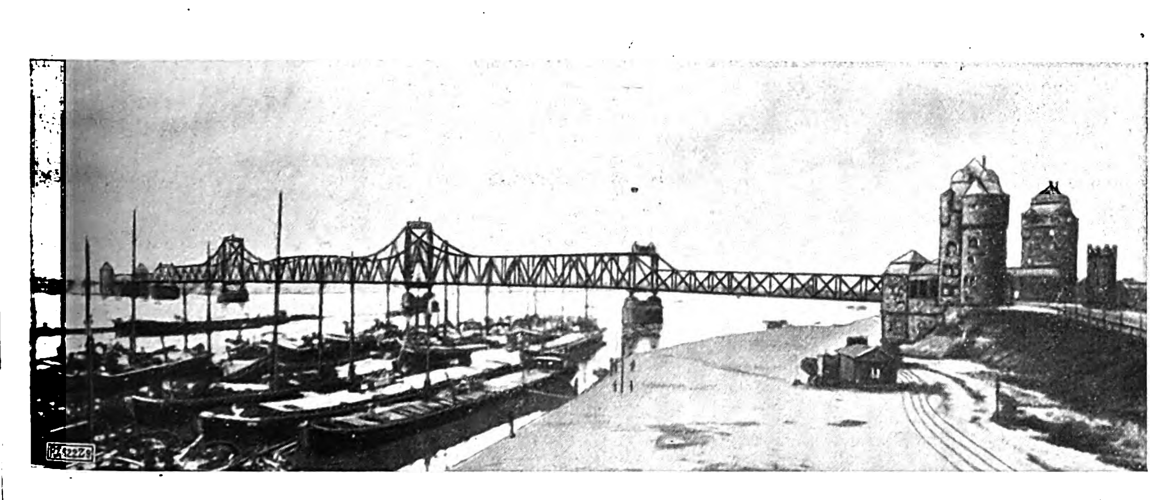


Abb. 9
Straßenbrücke über den Rhein in Düsseldorf

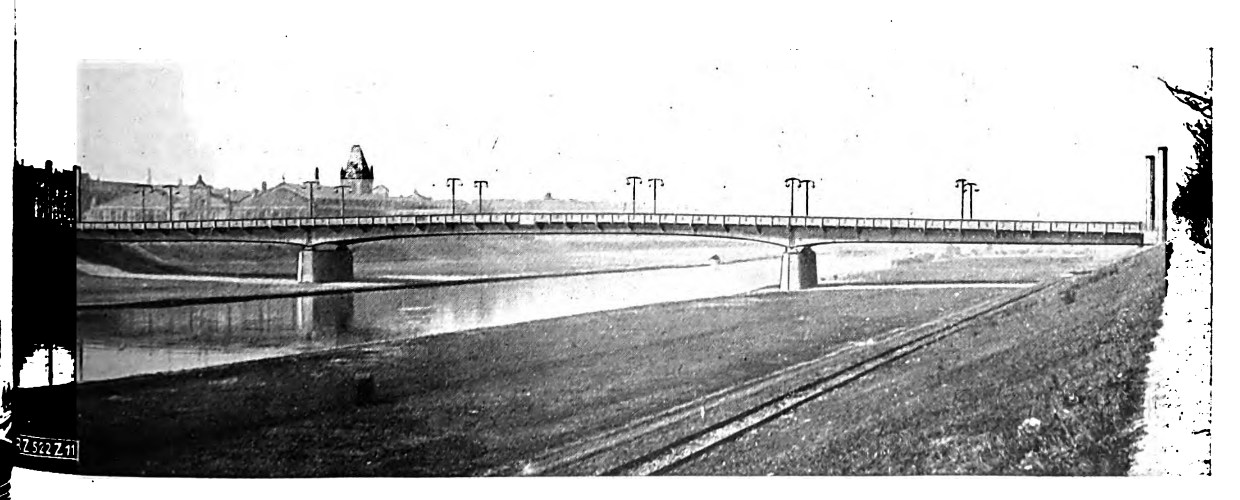


Abb. 11
Friedrich-Ebert-Brücke in Mannheim

Schaechterle:
Die Gestaltung der Brücken, ein Beitrag zur Entwicklung der deutschen Brückenbaukunst

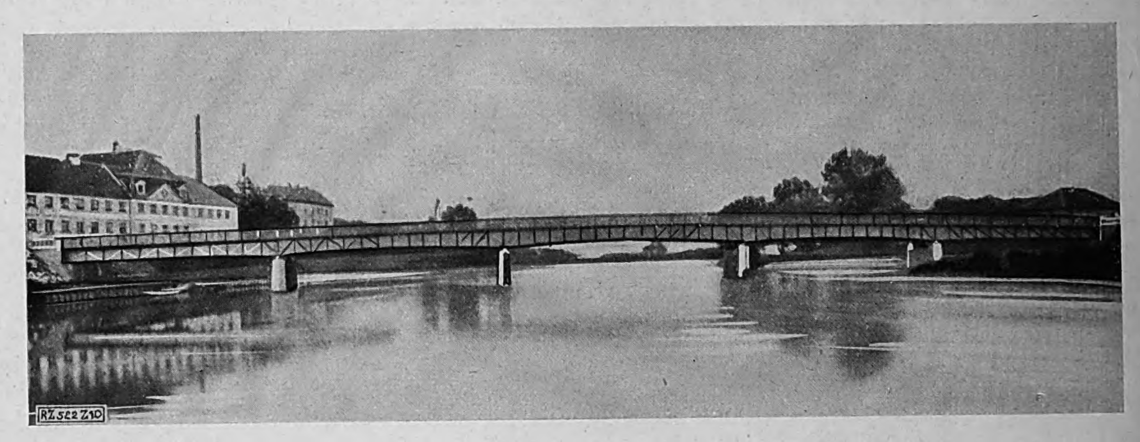


Abb. 10
Straßenbrücke bei Donauwörth

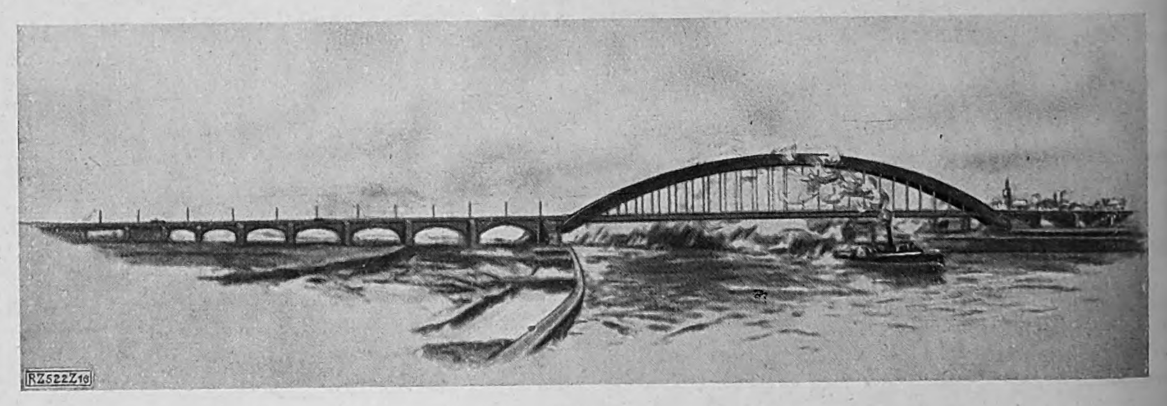


Abb. 15
Entwurf „Aus einem Guß“, Wettbewerb für die Rheinbrücke Köln-Mülheim

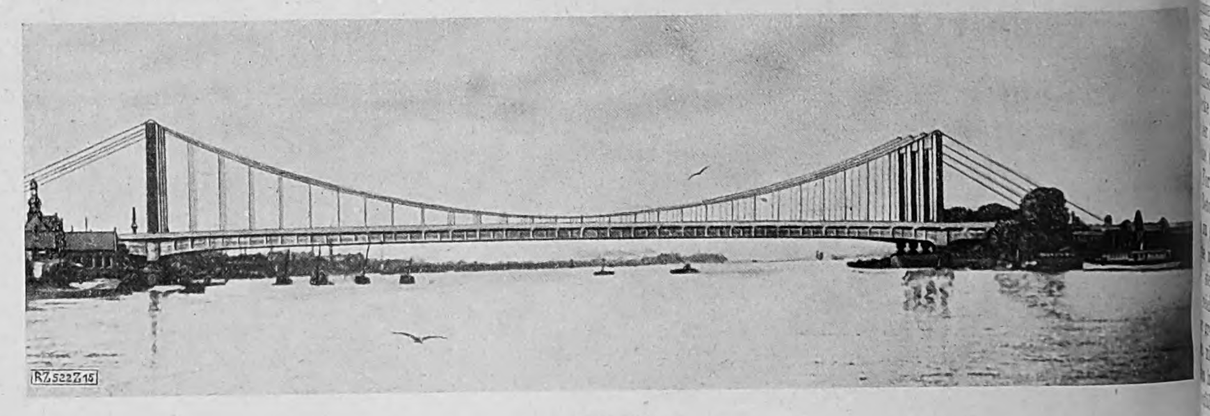


Abb. 14
Entwurf „Von Ufer zu Ufer“ (Hängebrücke), Wettbewerb für die Rheinbrücke Köln-Mülheim



Abb. 13
Straßenbrücke über den Neckar bei Mannheim

lächen sind durch die Fugenteilung, Licht und Schatten und natürliche Tönung des Steins belebt. Alles an diesen Bauwerken ist abgewogen und abgestimmt, voll Harmonie und im Gleichklang mit der Landschaft und den Baulichkeiten der Umgebung.

Gegenüber den Steinbrücken treten die alten Holzbrücken an Zahl und an künstlerischer Bedeutung zurück. Die Konstruktion ist meist verdeckt oder nur zum Teil sichtbar. Immerhin kann man sagen, daß die Holzbrücken bei aller Dürftigkeit der Form, Ausführung und Unterhaltung sich jeder Umgebung anschmiegen, nie unschön, aufdringlich oder gar störend wirken.

Die alten Brücken treten immer mehr zurück hinter der großen Zahl von Bauwerken für Straßen- und Eisenbahnen, die der neuzeitlichen Entwicklung des Verkehrswesens ihre Entstehung verdanken.

Die ersten Eisenbahnbauten standen noch ganz im Zeichen des Holz- und Hausteinbaues. Besonders im Steinbau sind in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts Ingenieurbauwerke von bleibendem Wert und vollendeter Technik geschaffen worden. Abb. 2, Textbl. 7, zeigt den Enzviadukt bei Bietigheim, gleich ausgezeichnet durch die Kühnheit der Konstruktion, Gediegenheit des Baustoffs, die handwerkliche Verarbeitung des Quadermauerwerks und die kunstvolle Behandlung der Sichtflächen.

Mit den Eisenbahnen kamen die eisernen Brücken auf. Eine Zeitlang schien es, als ob der Steinbau durch den aufstrebenden Eisenbau verdrängt würde. Man verwendete Eisenkonstruktionen auch da, wo für Steinbauwerke die technische Ausführungsmöglichkeit gegeben war. Erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts trat der Steinbau durch die Aufnahme und Verwendung des Betons mit dem Eisenbau wieder in Wettbewerb.

Durch die gesteigerten Verkehrsansprüche, die Vergrößerung der Spannweiten und Verringerung der Bauhöhen lassen sich die neuen Bauaufgaben in Stein nur noch in seltenen Fällen konstruktiv und wirtschaftlich bewältigen. Der Beton ist zum vorherrschenden Baustoff geworden. Wegen der teuren Handarbeit wurde die Verwendung von Quadermauerwerk mehr und mehr auf die Verkleidung der Sichtflächen beschränkt, z. B. bei der Prinzregentenbrücke in München und der Augustusbrücke in Dresden. Nur das Bruchsteinmauerwerk hat sich in steinreichen Gegenden und im Gebirge gehalten. Ingenieurtechnisch und künstlerisch gleich bemerkenswerte Bauwerke sind neuerdings in der Schweiz erstellt worden, wie der Landwasserviadukt der Albulabahn, und die Solisbrücke der gleichen Strecke.

Mit der Fortbildung der Betonbautechnik hat man gelernt, die Betonbrücken der Eigenart des Baustoffes entsprechend zu gestalten. Man wagte die Bauwerke zu zeigen, wie sie aus der Schalung kommen, Abb. 3. Die nachträgliche steinmetzmäßige Bearbeitung der Sichtflächen und reicherer Zierrat würden bei der Entfernung, aus der große Bauwerke in freier Landschaft gesehen werden, nicht zur Geltung kommen. Ausnahmen bilden Brücken im Stadtbild, wo die Betonung der Einzelheiten, sorgfältige Sichtflächenbehandlung und bildnerischer Schmuck zu näherer Betrachtung herausfordern.

Auch hierfür gibt es heute zahlreiche gelungene Ausführungen, bei denen der Betoncharakter durchaus gewahrt worden ist. Entscheidend für die Wirkung ist die große Form. An Stelle des Halbkreisgewölbes ist das nach der Stützlinie geformte Gewölbe und bei beschränkter Bauhöhe der Flachbogen getreten, mit dem man durch Einschaltung von Gelenken bis zu einem Pfeilverhältnis von 1/16 heruntergehen konnte. Wenn auch mit den gedrückten Formen die Schönheit des alten Steinbaues nicht erreicht wird, so ist doch auch bei solchen, den neuzeitlichen Verkehrsanforderungen entsprechenden Bauwerken künstlerische Wirkung erreichbar. Für Eisenbetonausführung kommen für kleine Stützweiten die Platte, die Plattenbalken und Balken auf Widerlagern, Säulen, Stützwände und Pfeiler, für größere Stützweiten der Bogen in Betracht. Die schlanke Bogenform, die Durchbrechung des Aufbaus, die konsolartige Auskragung der Gehwege, die Anwendung durchbrochener Eisenbetonbrüstungen und eiserne Geländer geben der Eisenbetonbrücke ein eigenartiges, gefälliges Aussehen.

Durch Auflösung des früher auf die ganze Breite der Brücke durchgehenden Gewölbes in Bogenrippen, die über die Fahrbahn hochgezogen werden können, ist die Anwendung der Eisenbetonbauweise auch in Fällen möglich geworden, wo früher gemauerte Ausführung ausgeschlossen war. Nur in wenigen Fällen ist es jedoch gelungen, Eisenbetonbrücken mit untenliegender, an die Tragbogen angehängter Fahrbahn künstlerisch befriedigend zu gestalten.

Die erste Zeit des Eisenbaues ist gekennzeichnet durch die Entwicklung der Grundformen der eisernen Balken-, Bogen-, Ketten- und Seilhängebrücken. Unter den ersten Eisenbrückenbauten trifft man recht ansprechende Lösungen — leichte, gefällige Bogenbrücken oder geradlinige mit vollwandigen oder vergitterten Trägern, die auf schlanken steinernen Pfeilern über mehreren Öffnungen durchlaufen. Die Erbauer zum Teil Maschinen-, zum Teil Bauingenieure oder Architekten fanden gefühlsmäßig für die neuen Eisenkonstruktionen einfache und wirksame Formen mit gut abgestimmten Maßverhältnissen.

Besonders gelungen sind die Talbrücken mit geraden Gitterbalken und obenliegender Fahrbahn, für die sich bald eine typische Form herausgebildet hat. Die gute Wirkung beruht in der klaren Trennung der tragenden und stützenden Teile. Auch da, wo an Stelle der Mauerpfeiler eiserne Gerüstpfeiler und Stützen verwendet wurden, ist durch gleichartige Wandbildung mit feiner Netzteilung ein befriedigendes Aussehen erzielt worden. Eine mustergültige Leistung zeigte der alte Grandféviadukt bei Freiburg in der Schweiz, der längste und höchste Viadukt des schweizerischen Bahnnetzes, 1857 bis 1862 von deutschen Ingenieuren aus Gußeisen und Schweißeisen erbaut. Das Bauwerk ist in den letzten Jahren in Eisenbeton umgebaut worden. Der Brückeningenieur Bühler hat dabei ein Bauwerk geschaffen, das das alte an künstlerischem Wert noch bedeutend überragt, s. Abb. 4, Textbl. 7.

Vorbildlich für große Strombrücken ist in Deutschland die von Lentze 1857 erbaute Gitterfachwerkbrücke über die Weichsel bei Dirschau geworden, wobei der Architekt Stüler steinerne Tor- und Aufbauten über den Widerlagern und Pfeilern als Gegengewicht gegen die starre Wagerechte des Balkentragwerks für notwendig erachtete.

Ein gelungenes Bauwerk ist die in den Jahren 1860 bis 1864 erbaute Rheinbrücke in Koblenz, Abb. 5, Textbl. 8. Die Schwingung des Bogens tritt in der Ansicht voll in Erscheinung. Das feingliedrige Stabwerk der Gitterbogen und der Aufbauten ist äußerst befriedigend, wenn auch die Überschneidung der Bogenlinie durch die Fahrbahn dem sonst klaren Eindruck etwas abträglich ist. Die Ausbildung der steinernen Strompfeiler ist gut, durch die niedriggehaltenen festungsartigen Aufbauten wird die Gesamtwirkung nicht beeinträchtigt.

In der Folgezeit tritt der Statiker für Eisenkonstruktionen mehr und mehr hervor. Auf der Suche nach statisch günstigen Trägerformen kam man vom Parallelträger zu den Parabel-, Halbparabel-, Linsen-, Fischbauch-, Trapez- und Polygonträgern. Die ingenieurmäßig entwickelten Werkformen sind an sich nicht schön und nicht häßlich. Unbefriedigend war jedoch die Art der Verwendung. Man stellte die Träger nach Art des Steinbaukastens auf Widerlagern und Pfeilern zu Brücken zusammen, höchstens, daß die Hauptöffnungen mit ihren größeren Weiten durch die Trägerhöhe hervortraten. Man kümmerte sich früher wenig um die Örtlichkeit, verwendete die gleichen Formen bei Flach- und Hochbrücken in ebener Flußlandschaft, im Hügellande und im Gebirge. In der stürmischen Entwicklungszeit ging dem Ingenieur mit der Vertiefung in die statischen und konstruktiven Aufgaben, im Kampf mit Herstellungs-, Verarbeitungs- und Aufstellschwierigkeiten der Blick für die künstlerische Gestaltung mehr und mehr verloren. Aus der Öde und künstlerischen Unfruchtbarkeit

dieses Entwicklungsabschnittes führte die bahnbrechende Erfindung des bayerischen Ingenieurs Gerber heraus. Durch die Gerberträger wurden die Werkformen des Brückenbaues außerordentlich bereichert. Bei der übertriebenen Scheu vor statischer Unbestimmtheit war es durch Einschalten von Gelenken wieder möglich, die Brücken über mehreren Öffnungen durchlaufend mit stetem Linienzug zu gestalten.

Man hatte aber immer noch die Empfindung, daß diese starren Eisenkonstruktionen hart und fremd in der Landschaft stehen und die Stadtbilder nicht zum Vorteil veränderten, und versuchte deshalb durch architektonisches Beiwerk den ungünstigen Eindruck zu mildern, Anschluß an das Gelände zu gewinnen, Anfang und Ende auffällig zu verdecken oder zu betonen. Torbauten, Türme, figürlicher Schmuck, Blechornamente und Wappenschilder, Standbilder gekrönter Häupter waren beliebte Mittel der Verschönerung.

Das Überwuchern der architektonischen Mittel kennzeichnet noch den fruchtbarsten Abschnitt des deutschen Brückenbaues im letzten Jahrzehnt des 19. Jahrhunderts. Er wurde eingeleitet durch den Bau der großen Bogenbrücken über den Nordostkanal (1891 bis 1894). Die Wettbewerbe für die Rheinbrücken bei Worms, Bonn, Mannheim, Köln, Ruhrort brachten wertvolle Anregungen. Flüssige Linienführung der Gurte, mustergültige Durchbildung der konstruktiven Einzelheiten sind die hervorstechenden Kennzeichen dieser Bauwerke. Die an Zweigelenkbogen-Fachwerkträger aufgehängte Fahrbahn, die 1894 erstmals von Harkort vorgeschlagen wurde, fand mannigfache Nachahmung und Verbreitung. Die künstlerische Gestaltung der Großbrückenbauten stand leider nicht immer auf der Höhe der ingenieurtechnischen Leistung und hat die berechtigte Kritik berufener Kreise hervorgerufen.

Die Kaiser-Wilhelm-Brücke bei Müngsten[2]), Abb. 6, Textbl. 8, mit einer eingespannten Bogenfachwerk-Konstruktion von 170 m Stützweite der Mittelöffnung hat Weltruf erlangt. Wir sehen ein reines Eisenwerk als Ingenieurleistung gewaltig und kühn. Aber die Schöpfer sind im Konstruktiven stecken geblieben. Das Eisengerüst wirkt starr und schwer, beinahe plump. Es ist zu weitmaschig und bildet mit seinem groben Verband einen unausgeglichenen Gegensatz zu den Maßstabeinheiten der Züge und der Landschaft[3]). Ungelöst ist die Verbindung zwischen den Turmgerüsten und den Fahrbahnträgern, die Abstützung der Fahrbahnträger auf den Bogen mit den dünnen Wandstützen zwischen den selbst den Hauptbogen erdrückenden Turmpfeilern über den Widerlagern. Geradezu hilflos und unfertig ist die Auflagerung der Fahrbahnträger an die Bogenscheitel.

Die Straßenbrücke über den Rhein bei Worms, Abb. 7, Textbl. 8, ist trotz der für die Gestaltung günstigen hohen Fahrbahnlage und trotz des großen architektonischen Aufwands nicht ganz gelungen. Die Eisenkonstruktion ist uneinheitlich. Es fehlt an der Verbindung zwischen den kühn geschwungenen, vergitterten Bogen und der schweren Fahrbahn. Die dünnen Stützen in weiter Teilung und die spitz zulaufenden, leeren Bogenzwickel lassen keinen ganz befriedigenden Eindruck aufkommen. Die Fahrbahnlinie wird außerdem durch die übermächtigen Torbauten in romanischem Stil, durch Türmchen und Pfeileraufbauten durchschnitten. Die Steinkulissen sind für den Verkehr hindernd und störend. Die schweren Tortürme dieser Brücken haben aber immerhin insoweit noch eine gewisse Daseinsberechtigung, als sie die Ortwiderlager zur Aufnahme des gewaltigen Bogenschubs belasten und damit zur Standsicherheit des ganzen Bauwerks beitragen.

Der Höhepunkt falsch verstandener monumentaler Brückenbaukunst wurde bei der 1911 vollendeten Hohenzollernbrücke über den Rhein in Köln erreicht, Abb. 8, Textbl. 9, mit der, nach dem harten Ausspruch Wehners[3]), eines der schönsten Stadtbilder Deutschlands verschandelt worden ist. Mit Unrecht wird der Architekt allein mit seiner mittelalterlichen Romantik für das Mißlingen des Baues verantwortlich gemacht. Der Ingenieur ist mitschuldig. Der bei der Kölner Brücke verwendete Bogenfachwerkträger mit Zugband, der eine lange Zeit den deutschen Eisenbrückenbau fast ganz beherrschte, ist ein nicht ganz glückliches Gebilde. Verführerisch sind die geschwungenen Bogengurte. Dem die Umrißlinie bestimmenden Obergurtbogen fehlt jedoch das Widerlager. Der Endständer ist kein Ersatz, der Abschluß ist unbefriedigend. Die Umrißlinie wirkt unstet, hart und unnatürlich. Der Architekt hatte das Empfinden, daß der Bogen nicht einfach abgeschnitten werden darf. Er setzte die Steinkulisse dagegen und verstärkte den Eindruck des Bogens, kam aber damit in einen unlöslichen Widerspruch mit der äußeren statischen Wirkung des Gesamtsystems als Balkenträger. Das Zugband zur Aufhebung des Bogenschubs tritt äußerlich kaum in Erscheinung, so kann die Auflagerung dem Laien kaum verständlich gemacht werden. Gegenüber dem einfachen Balkenfachwerkträger mit parallelen Gurten wirkt das Tragwerk durch die unnatürliche Höhe und das größere Gewicht schwer und plump. Durch Zusammenstellung der Einzelüberbauten bei mehreren Öffnungen häufen sich die Widersprüche. Über den Mittelpfeilern entsteht der Eindruck, als ob die oberen Bogengurte sich gegeneinander stützen. Die Enden bleiben hart und ungelöst und gaben dem Architekten Veranlassung, dort zum Ausgleich um so größere Mauermassen anzuhäufen. Man hat die Mängel dieses aufsehenerregenden Bauwerkes bald erkannt und seitdem andre Wege zur Lösung solcher Aufgaben beschritten.

Die jüngste Entwicklung

Die Arbeiten des Deutschen Werkbundes und die Äußerungen namhafter Kunstkritiker wie Meyer, Cohen, Wehner, Stahl, Lindner u. a. haben dazu beigetragen, die Ansichten über die künstlerische Gestaltung von Ingenieurbauwerken zu klären. Die Zeit der Kulissenarchitektur ist überwunden. Die Gestaltung hat einen wesentlichen Fortschritt zum Sachlichen erfahren. Man hat erkannt, daß architektonisches Beiwerk nicht nur überflüssig, sondern der Wirkung abträglich ist, und gefunden, daß die Lösungen immer noch zu den besten gehören, bei denen der Ingenieur es wagte, sein Werk unverhüllt und unabhängig von herrschenden Geschmacks- und Stilrichtungen zu zeigen. Man verlangt heute Einfachheit, Klarheit und Sachlichkeit der Form. Die Eisenkonstruktion ist nicht notwendiges Übel, mit der die Forderungen des Verkehrs technisch am leichtesten befriedigt werden können, sondern Mittel zu elegantester künstlerischer Gestaltung.

Wie weit wir darin in der Vorkriegzeit gekommen sind, zeigt die Straßenbrücke über den Rhein in Düsseldorf, Abb. 9, Textbl. 9, die zwar immer noch eine reiche Steinarchitektur zeigt; aber diese ist schon losgelöst vom Eisentragwerk, das durchaus selbständig und sachlich gestaltet ist. Die wirtschaftlichen Verhältnisse zwingen uns heute, Maß zu halten in allen Dingen, unter Verzicht auf dekorativ-monumentale Architektur so einfach, schlicht, sparsam zu bauen, wie es sich eben mit der Sicherheit der Bauwerke verträgt. Die Fortschritte in Theorie und Praxis haben uns freier gemacht. Die Berechnung bietet kaum mehr Schwierigkeiten. Der Ingenieur ist nicht mehr allein Erfinder und Forscher, Schöpfer neuer Formen, sondern Besitzender. Der Weg ist freigemacht zu künstlerischer Gestaltung.

Welche Möglichkeiten der ansprechenden Gestaltung in dem steifen vollwandigen Balkenträger liegen, zeigt die Straßenbrücke bei Donauwörth, Abb. 10, Textbl. 10. Das Tragwerk ist der Fahrbahn untergeordnet. Die durchlaufenden Blechträger mit leichter Schwingung sind auf schmucklosen Pfeilern klar und einwandfrei gelagert. Die Abmessungen sind wohl abgewogen und im Einklang mit den Maßverhältnissen der Verkehrseinheiten und der Landschaft.

Ein wohlgelungenes Bauwerk ist die neue Straßenbrücke über den Neckar in Mannheim, Abb. 11, Textbl. 9 und Abb. 12, nach der Britanniabrücke wohl die weitgespannteste Vollwand-Balkenbrücke der Welt. Die beiden Hauptträger treten auf Geländerholmhöhe über die Fahrbahn hervor und trennen diese von den durch Konsole ge-

[2]) Z. Bd. 41 (1897) S. 1321.
[3]) F. Wehner, Baukunst und Ingenieurästhetik, Z. f. Eisenbau 1919.



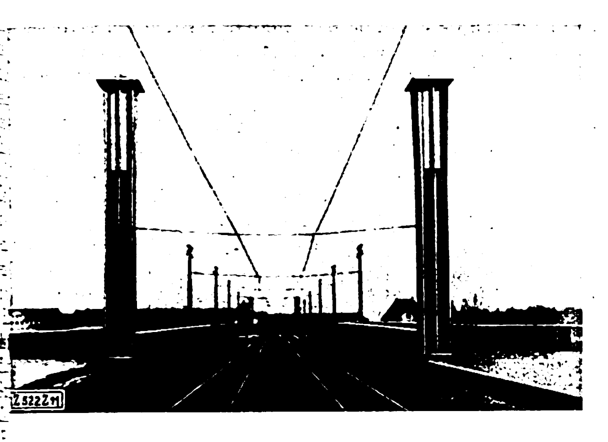


Abb. 12
Friedrich-Ebert-Brücke in Mannheim, Blick auf die Fahrbahn

...tzten Gehwegen. Die Brückenenden sind durch schlanke ...lonen betont, die Ein- und Ausleitung des Verkehrs ist ...ch Erweiterung der Gehwege über den Widerlagern er...htert.

Zur Überbrückung größerer Öffnungen kommen ...tt der Blechträger Fachwerkträger in Betracht, die ...üge Flächenwirkung geht verloren, kann aber durch ...gfältige Gliederung des Stabwerks ausgeglichen ...rden. Eine technisch und künstlerisch vorbildliche ...ung zeigt die neue Eisenbahnbrücke über die Elbe ... Meißen[4]). Der Architekt war der Ansicht, daß im vor...genden Falle durch eine Krümmung der Gurtlinien ...n befriedigendes Brückenbild geschaffen werden ...ne, daß dem Schnellverkehr die der Fahrbahn gleich...ufende gerade Gurtlinie am besten entspreche, die ...ge der Brücke eine wesentliche Erhebung der Haupt...ger über der Fahrbahntafel verbiete, um den freien ...sblick nach der Albertsburg nicht zu stören, daß die ...em Fachwerk eigentümliche Unruhe nur durch gerad...ige Gurtführung und gekreuzte Streben mit durch...g gleicher Neigung einigermaßen gemildert werden ...nne. Der Vergleich mit der alten Brücke zeigt deut...h den großen Fortschritt in der Gestaltung des Zweck...aes.

Eine in der Gesamtanordnung und in den Einzel...iten neuartige Eisenkonstruktion zeigt die Elbebrücke ... Hämerten, die in den letzten Jahren an Stelle der ...en, in den Jahren 1868/1870 erbauten zweigleisigen ...senbahnbrücke mit Schwedlerträgern erstellt worden ...[5]). Das Streben nach einheitlicher Gestaltung des ...ückenbildes führte zur Anwendung gestufter Parallel...chwerkträger mit zentrischer Auflagerung über den ...feilern und Gelenken in den Seitenöffnungen. Das ...uwerk paßt sich gut in die flache Stromlandschaft ein. ...n sieht aber aus verschiedenen Aufnahmen, daß der ...stufte Träger, der in letzter Zeit Mode geworden ist, ... Hinsicht auf das Aussehen noch mancherlei Mängel ...fweist. Die Umrißlinie hat namentlich in der schiefen ...cht etwas Hartes und Gezwungenes.

Eine der schönsten, neueren Bogenbrücken ist die ...raßenbrücke über den Neckar in Mannheim, Abb. 13, ...extbl. 10. Die große Mittelöffnung ist durch elastische ...ogenträger überspannt, die Seitenöffnungen haben flache ...etongewölbe. Die durch die Verschiedenartigkeit des Bau...offs sich ergebenden Schwierigkeiten sind meisterhaft ...berwunden, wenn auch zugegeben werden muß, daß ...ine einheitliche Ausführung noch besser gewirkt hätte. ...Die Pfosten zwischen Eisenbogen und Fahrbahn sind etwas ...ünn und kraftlos geraten, die Unterbrechung der Fahr...bahnlinie durch die Kandelaber wäre besser unterblieben.

Ein Meisterwerk neuzeitlicher Ingenieurbaukunst ...st die Hängebrücke über den Rhein in Köln, s. Titelbild ... 1213. Die Grundforderungen „freie Bahn für den Verkehr und freier Ausblick auf Strom und Ufer" sind ...restlos erfüllt. Das Eisenbauwerk fügt sich harmonisch in das altehrwürdige Stadtbild ein. Die Konstruktion ist von kaum übertreffbarer sachlicher Klarheit. Die Hängegurte, die auch aus der Ferne kraftvoll wirken, schwingen sich über schlanke Pylonen von Ufer zu Ufer, und bringen mit den die Fahrbahn begleitenden vollwandigen Versteifungsträgern die Bindung beider Ufer und die Überwindung des Stroms in ruhiger, sicherer und vollendeter Form zum Ausdruck. Man hat von allem Beiwerk und Zierat abgesehen, dagegen die Konstruktion in allen Teilen so gestaltet, daß die einzelnen Glieder ihren Zweck voll und ganz erfüllen und in den Formen sich der Einheitlichkeit des Brückenbildes einordnen.

Auch in der Bewältigung kleinerer Bauaufgaben sind wesentliche Fortschritte gemacht worden. Sind bei breiten Straßen Zwischenstützen ausgeschlossen, so braucht man bei der geringen zur Verfügung stehenden Bauhöhe schwere Träger, die über die Fahrbahn hinaufreichen und kaum maßstäblich in Einklang mit dem überbrückten Raum zu bringen sind. Durch die Anordnung von Zwischenstützen kann man die Träger unter die Fahrbahn legen, erreicht volle Bewegungsfreiheit auf der Brücke und eine zwangläufige Regelung des Verkehrs unter der Brücke. Die vollwandige Ausbildung aller Teile ist gegeben. Die Gesamtgestaltung des Bauwerkes mit Widerlagern und Flügeln und die Einzeldurchbildung der Teile ist der Bedeutung des Bauwerkes im Stadtbild entsprechend ganz auf Sicht von der Straße aus anzulegen. Zierliche Aufbauten über den Widerlagern würden in unangenehmen Gegensatz zu den Eisenbahnfahrzeugen treten und im Vorbeifahren vom Zuge aus störend empfunden werden; maßgerechte Aufbauten zu den schweren Lokomotiven würden von der Straße aus ungeheuerlich erscheinen.

Eine andre, wegen der ungünstigen verkehrstechnischen Bedingungen oft recht undankbare Aufgabe ist die Überbrückung von ausgedehnten Bahnhofanlagen. Dabei wird zu wenig beachtet, daß meist schon durch die Bedingungen großer Lichtweiten und kleiner Lichthöhen eine gute Lösung ausgeschlossen ist. Man findet viele Bauwerke, bei denen die Erbauer sich redliche Mühe gegeben haben und doch zu keinem befriedigenden Ergebnis gekommen sind. Die Eisenkonstruktion an sich ist einwandfrei durchgebildet; betrachtet man aber das Brückenbild als Ganzes, so tritt der grundlegende Mangel offenkundig zutage. Der freie Raum unter der Brücke verschwindet gegenüber dem Tragwerk, das dicht auf dem Gelände gelagerte hohe Tragwerk ist kaum verständlich. Hier sollte eine andre Lösung gesucht werden, und zwar mit gerade durchlaufenden Balken (möglichst unter der Fahrbahn) und versetzbaren Stützen, um die notwendige Bewegungsfreiheit bei Gleisänderungen unter der Brücke und Erweiterungsmöglichkeit für die Erfordernisse des Verkehrs auf der Brücke zu gewährleisten. Man erzielt damit gute Maßstabverhältnisse und außerdem nicht unbedeutende Kostenersparnisse. Unter Verwendung von Baustahl 48 oder Siliziumstahl können Spannweiten bis 80 m mit durchlaufenden, vollwandigen Kastenträgern überwunden werden, ohne daß die Konstruktion sich wesentlich über Geländerholmhöhe erhebt.

Im folgenden sei noch kurz auf den W e t t b e w e r b f ü r d i e n e u e R h e i n b r ü c k e b e i K ö l n - M ü l h e i m hingewiesen. Als Ergebnis des Wettbewerbes verdient zunächst hervorgehoben zu werden, daß der lange Zeit so beliebte Bogenfachwerk-Träger mit Zugband verschwunden ist, und daß der gestufte Träger nur in einem einzigen Nebenentwurf vertreten ist, der deutlich zeigt, daß mit dieser Trägerform keine befriedigende Lösung gefunden werden kann. Es bleiben die versteifte Hängebrücke, der elastische Bogenträger mit voller Wand oder Vergitterung mit und ohne Zugband und der gerade Fachwerkbalken. In diesen altbewährten Grundformen sind technisch und künstlerisch hochstehende Entwürfe eingereicht worden. Von diesen kann der von der MAN zusammen mit Baudirektor Abel eingereichte Entwurf „Von Ufer zu Ufer" einer vollständig in sich verspannten Hängebrücke mit vier

[4]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 206.
[5]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 501.

über eiserne Pylone geschwungenen Tragkabeln als zwar kostspielige, aber technisch und künstlerisch vorzügliche Lösung bezeichnet werden, Abb. 14, Textbl. 10. Bei dem vom Preisgericht zur „Ausführung in erster Stelle“ empfohlenen Entwurf „Aus einem Guß“ von Fried. Krupp A.-G., zusammen mit Prof. Peter Behrens, Abb. 15, Textbl. 10, wird der Rhein mit vollwandigen Bogen in einer 333 m weiten Öffnung überspannt. Die Großzügigkeit dieses ingenieurtechnisch hervorragenden Entwurfs verdient rückhaltlose Anerkennung, wenn auch der beherrschende Eisenbogen über der Hauptöffnung mit den kleinen Vollbogen über den Flutöffnungen nicht ganz im Einklang steht und die Eisenmassen über der Fahrbahn aus der Nähe gesehen zweifellos schwer und drückend wirken werden. Mit dem geraden Balkenträger ließen sich die in der Aufgabe liegenden Schwierigkeiten leicht und ungezwungen lösen. Hierfür sind eine ganze Reihe von guten Vorschlägen gemacht worden, denen bei aller Einfachheit und Anspruchslosigkeit gute Wirkung nicht abgesprochen werden kann. Vorbildlich ist der un gekünstelte Übergang von den Gewölben oder Blech trägern der kleinen Öffnungen zum aufgelösten Eisen werk der Hauptöffnungen gelöst.

Man erkennt auch aus diesem Wettbewerb, daß die Entwicklung des deutschen Brückenbaus auf die Ausbildung klassisch einfacher Formen hinzielt. [B 522]

Durchschlagsichere Stützenisolatoren

Von den Mittelspannungsnetzen muß bei ihrer Bedeutung für die Stromversorgung ganzer Gebiete höchste Betriebsicherheit verlangt werden. In dieser Hinsicht stellen die in den letzten Jahren entstandenen Klein-Kettenisolatoren[1]), die durch Einfügen weiterer Glieder jederzeit eine Verstärkung der Isolation gestatten, einen überaus wichtigen Fortschritt dar. Ihrem Einbau stehen jedoch vielfach wirtschaftliche Bedenken im Wege, besonders wenn es sich um die nachträgliche Erhöhung der Betriebsicherheit von Strecken handelt, bei denen die Maste für das Aufhängen der Leitung an Kettenisolatoren nicht hoch genug sind, so daß der Umbau einem völligen Neubau nahezu gleichkommen würde. In solchem Fall bietet sich eine Lösung durch die neuen durchschlagsicheren Stützenisolatoren mit einer im Vergleich zum Überschlagweg sehr großen Wanddicke zwischen dem Leitungsdraht und dem Stützenloch.

In Abb. 1 ist für die gleiche Betriebspannung ein vom VDE genormter Delta-Isolator dem leichteren und schwereren Modell durchschlagsicherer Isolatoren gegenübergestellt, die von den Hermsdorf-Schomburg-Werken den VDE-Normen entsprechend für 10, 15, 20 und 25 kV ausgeführt werden. Im Gegensatz zu manchen anderen Bauarten stimmen bei diesen Isolatoren die Befestigung auf den Stützen und die Abmessungen der Stützenlöcher mit den entsprechenden Delta-Isolatoren überein. Beim Umbau von Leitungen können daher nicht nur die Maste sondern auch die alten Stützen beibehalten werden, die wegen Verrostens der Befestigungsmuttern nur schwierig und unter erheblichem Zeitaufwand von den Querarmen zu lösen sind.

Obschon bei beiden Ausführungsformen die Stützen nicht bis zur Bundrille in den Porzellankörper hineinreichen, weisen die Isolatoren eine mittlere Bruchfestigkeit von 1560 bzw. 1780 kg auf. Sie sind daher an Abspannmasten für Kupferleitungen von 35 bis 50 mm² und an Tragmasten für entsprechend größere Querschnitte verwendbar. Dabei wird infolge des weniger tiefen Eindringens der Stützen der Abstand zwischen Leitungsdraht und Querarm um rd. 5 cm vergrößert und so auch der Schutz gegen Erdschlüsse durch Fremdkörper, Vögel usw. erhöht.

Bei beiden Ausführungsformen liegen die unter Öl mit technischem Wechselstrom von 50 Hertz erzielten Durchschlagwerte über 200 kV effektiv, so daß die Isolatoren

[1]) Z. Bd. 70 (1926) S. 1186.

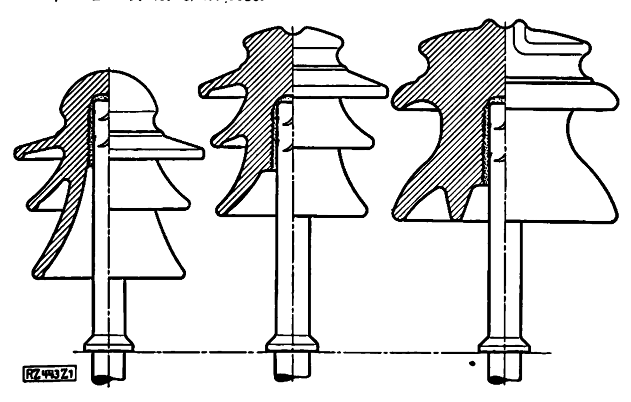


Abb. 1
Genormter Delta-Isolator (links) und durchschlagsichere Isolatoren leichter und schwerer Ausführung für gleiche Betriebspannung unter Verwendung der gleichen Stütze

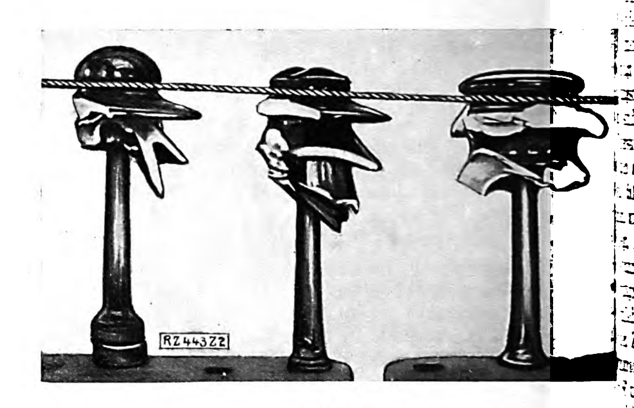


Abb. 2
Genormter Delta-Isolator (links) und durchschlagsichere Isolatoren leichter und schwerer Ausführung nach der Steinwurfprüfung

gegen Beanspruchungen mit Betriebfrequenz unbedi durchschlagsicher sind. Bei den sehr eingehenden Prüf gen mit elektrischen Spannungsstößen[2]), die nach den L sätzen des VDE mit Spannungen von 140 bis 180 (Scheitelwert) vorgenommen wurden, jedoch mit der heblichen Verschärfung, daß jeder einzelne Isolator 3 Stöße, statt wie vorgesehen 20, erhielt, schlug kein e ziger Isolator durch. Hierauf wurde zur Erhöhung Beanspruchung zwischen den einen Pol der Zuleitung die Halsrille des Isolators ein Luftraum von einigen Z timetern geschaltet, wodurch dem Isolator im Augenbl des Überschlagens des Luftspaltes eine weit größere Sp nung aufgedrückt wird. Die ersten Durchschläge tra bei 250 kV ein, also etwa bei dem doppelten Wert Überschlagspannung nach den VDE-Leitsätzen. Die meis Isolatoren schlugen jedoch erst bei Scheitelspannungen 280 bis 320 kV durch oder hielten selbst dieser außerorde lichen Beanspruchung bis 330 kV und darüber stand. Da lagen diesen Versuchen Spannungsanstiege zu Grunde, im Betriebe, wo steile Wanderwellen verhältnismä rasch abgeflacht werden, auch nicht annähernd auftre Die Isolatoren können also auch gegen Beanspruchun mit hochfrequenten Spannungen (Wanderwellen) als dur schlagsicher angesehen werden.

Schließlich ist noch auf die außerordentlich gr Widerstandsfähigkeit der durchschlagsicheren Isolato gegen böswillige Beschädigungen durch Steinwürfe, Flint schüsse u. dergl. hinzuweisen. Bei einem Vergleichvers in den Hermsdorf-Schomburg-Werken mit einer größe Zahl genormter Delta-Isolatoren und durchschlagsiche Isolatoren, die betriebmäßig montiert in einem Fallscha einseitig mit Steinen beworfen wurden, genügten zum schlagen der Mäntel bei der ersteren Bauart etwa 30 V treffer, während hierzu bei den beiden durchschlagsiche Formen etwa 300 Volltreffer erforderlich waren. Aus Abb die nach dieser Prüfung aufgenommen ist, ergibt sich auß dem, daß die beiden durchschlagsicheren Isolatoren n einen längeren Isolationsweg zwischen Leitung und Stü aufweisen als der genormte Delta-Isolator. Bei der schließenden elektrischen Prüfung wurde daher auch Trockenüberschlagspannung bei dem Delta-Isolator 36 000 V gegenüber 55 000 bzw. 58 000 V bei den beid durchschlagsicheren Isolatoren ermittelt. [M 443]

Hermsdorf i. Th. Wallic

[2]) Z. Bd. 68 (1924) S. 862 u. 70 (1926) S. 1187.

Über schädliche Schwungmassen bei Drehschwingungen

Von Dr. techn. Fredrik Vogt, Trondhjem

In diesem Aufsatz wird gezeigt, daß alle Schwungmassen zwischen null und einem gewissen Grenzwert im Schwungrad einer Kolbenmaschine auf den Gang des Stromerzeugers unmittelbar schädlich wirken können.

In den vielen wertvollen Arbeiten über Drehschwingungen bei Kolbenmaschinen, die in der letzten Zeit erschienen sind[1]), ist die Frage der günstigsten Schwungradbemessung von anderen Aufgaben etwas zurückgedrängt worden. Es ist zwar allgemein bekannt, daß z. B. eine Dieselmaschine mit Stromerzeuger am besten arbeitet, wenn die gesamte erforderliche Schwungmasse in den Stromerzeuger eingebaut ist. Diese Anordnung erfordert jedoch meist Sonderbauarten von Stromerzeugern, so daß man das besondere Schwungrad zwischen Maschine und normalem Stromerzeuger häufig bevorzugt. Die Bemessung der Teile erfolgt dann so, daß die kritischen Drehzahlen z. B. um wenigstens 15 bis 25 vH von der Betriebsdrehzahl entfernt sind.

Nach Untersuchungen an ausgeführten Anlagen scheint es, als ob auch anerkannte Fabriken nicht davon unterrichtet seien, daß Schwungmassen unmittelbar schädlich wirken können, auch wenn die kritische Drehzahl wesentlich höher liegt, indem der Stromerzeuger ruhiger läuft und die Drehspannungen der Welle geringer werden, wenn man das Schwungrad ganz entfernt, trotzdem die Maschine dann eine ziemlich geringe Schwungmasse hat. Bei dem unten gegebenen Zahlenbeispiel entsprechen die Grenzen, wo die Schwungradmasse schädlich wirkt, kritischen Drehzahlen von + 86 und — 7 vH der Betriebsdrehzahl.

Ein Beispiel lieferte vor kurzem eine Vierzylinder-Zweitakt-Dieselmaschine mit Schwungrad und Stromerzeuger. Bei den Übergabeversuchen schwankte die Stromspannung so stark, daß das Licht unruhig wurde. Die Anlage wurde deshalb nicht abgenommen. Der Lieferer ersetzte das Schwungrad durch ein anderes mit knapp 60 vH des ursprünglichen Schwungmoments GD^2, da Beobachtungen und Berechnungen zeigten, daß beim ersten Schwungrad die Frequenz der Eigenschwingungen ersten Grades nur um wenige vH geringer war als die Frequenz der vier Hübe bei einer Umdrehung. Besondere Untersuchungen zeigten, daß die Ursache der Störungen nicht vom Stromerzeuger ausgegangen war.

Mit dem neuen Schwungrad wurde die kritische Drehzahl bis auf rd. 14 vH über der Betriebsdrehzahl erhöht. Auch nach dem Umbau war aber das Licht zu unruhig und zeigte vier wiederkehrende Schwankungen während einer Umdrehung. Berechnungen, die durch Versuche bestätigt wurden, zeigten dann, daß der Betrieb ohne Schwungrad einen geringeren (günstigeren) Ungleichförmigkeitsgrad des Stromerzeugers ergab, und daß bei den vorliegenden Abständen und Wellenabmessungen jede Schwungmasse zwischen Maschine und Stromerzeuger schädlich wirkte, wenn sie nicht mindestens etwa doppelt so groß wie die ursprüngliche Schwungmasse war. Für solche Fälle gibt es keine andern Möglichkeiten, einen ruhigen Gang zu erreichen, als Umbau der Welle, allenfalls mit Einschalten einer nachgiebigen Kupplung, Anwendung eines sehr großen Schwungrades oder Einbau der erforderlichen Schwungmasse in den Stromerzeuger.

Die nachstehende Untersuchung befaßt sich mit solchen „schädlichen Schwungmassen" in einem Rade, wenn beliebig viele Schwungmassen elastisch verkettet sind. Liegt die Frequenz der erzwungenen Schwingungen nicht allzu nahe an der Frequenz der freien Eigenschwingungen, so hat bekanntlich die Dämpfung zumeist wenig Einfluß auf die Amplitude der Schwingung. Da hier insbesondere nicht die Verhältnisse bei vollkommener Resonanz untersucht werden, scheint es daher unbedenklich, sich auf reibungsfreie Systeme zu beschränken. Bedenklicher ist die Beschränkung auf eine erregende Kraft, die durch eine harmonische Funktion der Zeit gegeben ist. Es ist jedoch leicht, die Untersuchungen auf beliebige periodische Kraftfunktionen auszudehnen.

[1]) Vergl. z. B. Quellennachweis in „Drehschwingungen in Kolbenmaschinenanlagen" von Dr.-Ing. Hans Wydler, Berlin 1922, Julius Springer.

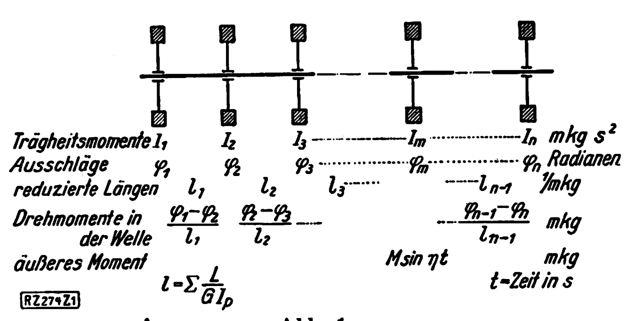


Abb. 1
Darstellung eines Systems mit n Rädern

Mit den in Abb. 1 erklärten Bezeichnungen werde also ein elastisch schwingendes reibungsfreies System betrachtet, dessen Räder mit den Trägheitsmomenten $I_1, I_2 \ldots I_n$ durch Wellenstücke mit den reduzierten Längen $l_1, l_2 \ldots . l_{n-1}$ verbunden sind. Der Ausschlag eines Rades, aus der Gleichgewichtlage gerechnet, sei im Bogenmaß φ. Das einzige äußere Moment, womit hier gerechnet wird, ist das an einem bestimmten Rad m (der Maschine) angreifende Moment $M \sin \eta t$, wodurch die Drehschwingungen erzeugt werden. Führt man die Längen $l_0 = l_n = \infty$ ein, so sind die Bewegungsgleichungen für alle Räder bei $i = 1, 2, \ldots, n$:

$$I_i \varphi_i'' = \frac{\varphi_{i-1} - \varphi_i}{l_{i-1}} - \frac{\varphi_i - \varphi_{i+1}}{l_i} \quad \text{für} \quad i \gtrless m \quad . \text{(1a)};$$

hierzu kommt

$$+ M \sin \eta t \quad \text{für} \quad i = m \quad . \text{(1b)}.$$

Durch Summieren dieser Gleichungen von $i = 1$ bis $i = r$ folgt

$$\varphi_{r+1} = \varphi_r + l_r \sum_{i=1}^{i=r} I_i \varphi_i'' \quad \text{für} \quad r < m \; . \; . \; . \text{(2a)};$$

hierzu kommt

$$- l_r M \sin \eta t \quad \text{für} \quad r \geqq m \; . \; . \; . \text{(2b)}.$$

Nach und nach lassen sich so alle Größen φ durch φ_1 ausdrücken

$$\left.\begin{aligned} \varphi_2 &= l_1 I_1 \varphi_1'' + \varphi_1 \\ \varphi_3 &= l_1 l_2 I_1 I_2 \varphi_1'''' + [(l_1 + l_2) I_1 + l_2 I_2] \varphi_1'' + \varphi_1 \end{aligned}\right\} \text{(3a)}$$

usw. Von φ_{m+1} ab kommt dazu ein Glied $M \sin \eta t$ mit einem Faktor

$$\left.\begin{aligned} \varphi_{m+1} &= - l_m M \sin \eta t \\ &\quad + \text{Glieder der früheren Art} \\ \varphi_{m+2} &= - [l_m l_{m+1} I_{m+1} (-\eta^2) + (l_m + l_{m+1})] \\ &\quad M \sin \eta t + \cdots\cdots \end{aligned}\right\} . \text{(3b)}$$

usw. Werden alle Gleichungen (1) von $i = 1$ bis $i = n$ summiert, so ist

$$\sum_{i=1}^{i=n} I_i \varphi_i'' = M \sin \eta t \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \text{(4)}.$$

Werden alle Größen φ_i in Gl. (4) nach Gl. (3) durch φ_1 ausgedrückt, so erhält man die Differentialgleichung für φ_1

$$a_0 \varphi_1^{(2n)} + a_2 \varphi_1^{(2n-2)} + \cdots + a_{2n-2} \varphi_1'' = R_1 M \sin \eta t \quad \text{(5)},$$

die durch das partikuläre Integral (die erzwungene Schwingung)

$$\varphi_1 = A_1 \sin \eta t \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \text{(6)}$$

gelöst wird. Die Amplitude dieser Schwingung ist

$$A_1 = \frac{R_1 M}{a_0 (-\eta^2)^n + a_2 (-\eta^2)^{n-1} + \cdots\cdots + a_{2n-2} (-\eta^2)} \text{(7)}$$

Die Beiwerte der Ableitungen von φ_1 in Gl. (3) sind in den Formeln für φ_i als Summen von potenzfreien Produkten von l_1 bis l_{i-1} und I_1 bis I_{i-1} in verschiedenen Verbindungen gebildet. Ist dies für alle Größen i bis $i = r$ der Fall, so folgt aus Gl. (2), daß das Gleiche auch für $i = r + 1$, also für alle Größen eintreten muß. Entsprechend hat das Produkt $I_i\, \varphi_i''$ Beiwerte für die Ableitungen von φ_1, die in derselben Weise aus l_1 bis l_{i-1} und I_1 bis I_i gebildet sind. Die Summe dieser Produkte in Gl. (4) liefert folglich Beiwerte a in Gl. (5), die Summen von potenzfreien Produkten von l_1 bis l_{n-1} und I_1 bis I_n sind. Das Wesentliche ist hier, daß keine dieser Größen in höherer als der 1. Potenz vorkommt; der Nenner von Gl. (7) ist also z. B. vom Trägheitsmoment I_s des Schwungrades linear abhängig.

Von Gl. (3b) ausgehend, findet man in ganz ähnlicher Weise, daß der Beiwert R_1 und daher der Zähler in Gl. (7) von η und den Größen l_m bis l_{n-1} und I_{m+1} bis I_n abhängt, also nur von Abmessungen rechts vom Rad m in Abb. 1; auch diese Größen treten nur in der 1. Potenz auf.

Wird nicht die Schwingungsamplitude A_1 des äußersten Rades, sondern die Amplitude A_g des Rades g (des Stromerzeugers) gesucht, so führt man φ_1 in die Gl. (3) für φ_g ein und findet

$$\varphi_g = A_g \sin \eta t = \mu_g A_1 \sin \eta t,$$

wobei die Amplitude

$$A_g = \mu_g A_1 = \frac{\mu_g R_1 M}{a_0 (-\eta^2)^n + a_2 (-\eta^2)^{n-1} + \cdots + a_{2n-2} (-\eta^2)} \qquad (8)$$

ist und

$$\left.\begin{aligned} \mu_2 &= l_1 I_1 (-\eta^2) + 1 \\ \mu_3 &= l_1 l_2 I_1 I_2 (-\eta^2)^2 \\ &\quad + [(l_1 + l_2) I_1 + l_2 I_2] (-\eta^2) + 1 \quad \text{für } g \gtreqless m \\ &\text{usw.} \end{aligned}\right\} \qquad (9)$$

Auch μ_g enthält also, abgesehen von Potenzen von η, nur erste Potenzen von l_1 bis l_{g-1} und I_1 bis I_{g-1}.

Die Ungleichförmigkeit des Rades g wird, wenn ω_0 die mittlere Winkelgeschwindigkeit ist,

$$\delta_g = \frac{\varphi'_{g\,\max} - \varphi'_{g\,\min}}{\omega_0} = 2\, \frac{\eta}{\omega_0} \left| A_g \right| \quad . \; . \; . \; . \; (10).$$

Mit Hilfe dieser Formeln kann man untersuchen, welchen Einfluß eine Änderung im Trägheitsmoment I_s des Schwungrades auf den Gang des Stromerzeugers hat. Die Räder beziffert man so, daß $g < m$ ist, und betrachtet den Fall, wo das Schwungrad zwischen Maschine und Stromerzeuger liegt oder starr mit Maschine oder Stromerzeuger verbunden ist, also $g \lesseqgtr s \lesseqgtr m$. Dann kommt I_s weder in μ_g noch in R_1 vor, der Zähler in Gl. (8) ist also von I_s unabhängig. Wie früher erwähnt, ist dagegen der Nenner in Gl. (8) von I_s linear abhängig. Nach Ordnung der Glieder kann man daher Gl. (8) auf die Form bringen

$$A_g = \frac{c}{1 - \dfrac{I_s}{I_{\text{krit}}}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (11),$$

wobei c und I_{krit} zwei von I_s unabhängige Größen sind, die positiv, negativ oder gleich null sein können (vergl. Beispiel unten). I_{krit} bezeichnet einen kritischen Wert von I_s.

Ist I_{krit} eine endliche positive Größe, so ist es physikalisch immer möglich, $I_s = I_{\text{krit}}$ zu wählen. Abgesehen von $c = 0$ (Stromerzeuger im Knotenpunkt der Schwingung) wird dann die Schwingungsamplitude des Stromerzeugers bei reibungsfreiem System unendlich groß. Bleibt die Drehzahl der Maschine und damit η unverändert, so spielt hier I_{krit} dieselbe Rolle wie die kritische Drehzahl bei einer gegebenen Maschine mit veränderlicher Drehzahl: Sobald $I_s = I_{\text{krit}}$ wird, nimmt die Frequenz einer der freien Eigenschwingungen denselben Wert an, wie die des die Schwingung erzeugenden Moments. Jedem Wert von η entspricht nur ein bestimmter Wert von I_{krit}.

Ist das Trägheitsmoment des Schwungrades $I_s = 0$, so wird die Schwingungsamplitude des Stromerzeugers $A_g = c$. Wird I_s größer und ist I_{krit} positiv, so wird die Amplitude, absolut gerechnet, immer größer bis $I_s = I_{\text{krit}}$ ist; von da ab nimmt die Amplitude ab, erreicht aber erst mit $I_s = 2\, I_{\text{krit}}$ den ursprünglichen Wert c. Für diese Schwingungen kann daher gesagt werden: Können bei einem gewissen Trägheitsmoment $I_s = I_{\text{krit}}$ des zwischen Maschine und Stromerzeuger eingebauten Schwungrades Resonanzschwingungen im Stromerzeuger auftreten, so ist jedes Trägheitsmoment zwischen null und $2\, I_{\text{krit}}$ schädlich für den ruhigen Gang des Stromerzeugers, vorausgesetzt, daß das die Schwingung erzeugende Moment eine harmonische Funktion der Zeit ist. Erst bei $I_s > 2\, I_{\text{krit}}$ wird das Schwungrad nützlich.

Ist I_{krit} negativ, so nimmt nach Gl. (11) die Schwingungsamplitude des Stromerzeugers immer ab, wenn das Trägheitsmoment des zwischen Maschine und Stromerzeuger liegenden Schwungrades zunimmt; das Schwungrad ist also immer nützlich. Liegt das Schwungrad nicht zwischen Stromerzeuger und Maschine, so tritt I_s in μ_g oder R_1 linear auf, und der Zähler in Gl. (8) hängt von I_s linear ab. Dieser Fall hat aber nur geringes praktisches Interesse.

Die reduzierten Längen l treten in der Amplitudengleichung in ähnlicher Weise wie die Trägheitsmomente auf; die Änderung einer bestimmten reduzierten Länge (Änderung der wirklichen Länge oder des Durchmessers) führt auf ähnliche Schlüsse wie die Änderung eines Trägheitsmomentes.

Ist das die Schwingung erzeugende Moment durch eine harmonische Analyse in mehrere harmonische Komponenten zerlegt, so liefert jede davon ihren Beitrag zur Schwingung des Stromerzeugers; diese Beiträge können verschiedene Amplituden, Phasen und Frequenzen haben. Wegen ihrer Größe bestimmt meist diejenige Komponente die Wirkung einer Schwungmasse, die dieselbe Frequenz wie das Kolbenspiel hat, wenn von der vollständigen Resonanz abgesehen wird.

Zahlenbeispiel. In dem Dreimassensystem Abb. 2, erzeugt das Moment $M \sin \eta t$ der Maschine Schwingungen des Stromerzeugers mit der Amplitude

$$A_g = A_1 = \frac{c}{1 - \dfrac{I_2}{I_{\text{krit}}}},$$

wobei

$$c = \frac{M}{\eta^2 \left[(l_1 + l_2) I_1 I_3 \eta^2 - (I_1 + I_3)\right]}$$

und

$$I_{\text{krit}} = \frac{(l_1 + l_2) I_1 I_3 \eta^2 - (I_1 + I_3)}{l_1 l_2 I_1 I_3 \eta^4 - (l_1 I_1 + l_2 I_3) \eta^2 + 1}.$$

Ist $M = 600$ mkg und $\eta = 4\,\omega_0 = 40\,\pi$ 1/s, so wird die Schwingungsamplitude

$$A_1 = \pm \frac{0{,}000\,960}{1 - \dfrac{I_2}{130{,}65}},$$

und jedes Trägheitsmoment des Schwungrades zwischen $I_2 = 0$ und $I_2 = 2\, I_{\text{krit}} = 261{,}3$ mkg s² ist für den ruhigen Gang des Stromerzeugers schädlich. Mit $I_2 = 0$ wird $\eta_{\text{krit}} = 233{,}5$ oder um 86 vH größer als $\eta = 40\,\pi$. Mit $I_2 = 261$ wird $\eta_{\text{krit}} = 117{,}4$ oder um 7 vH geringer als $\eta = 40\,\pi$.

Wirkt auf die Maschine z. B. das Moment

$M = [600 \sin (4\,\omega_0\, t) + 200 \sin (8\,\omega_0\, t) + 100 \sin (12\,\omega_0\, t)]$ mk

Stromerzeuger Schwungrad Maschine
$\omega_0 = 10\pi$ 1/s
$I_1 = 49$ I_2 $I_3 = 6{,}6$ mkg s²
$l_1 = 1{,}75$ $l_2 = 1{,}4 \cdot 10^{-6}$ 1/mkg

Abb. 2 System mit drei Rädern

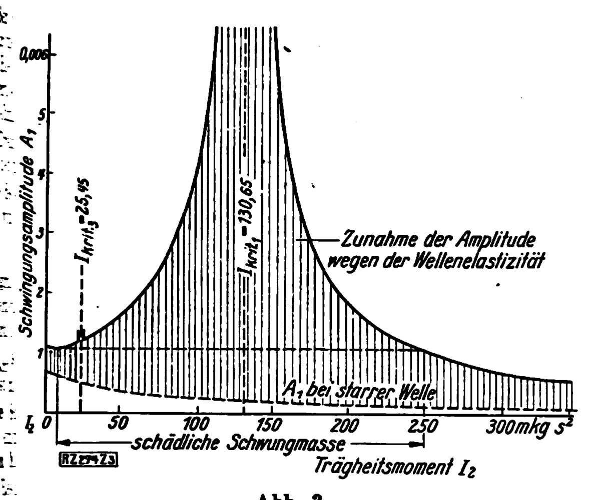


Abb. 3
Schwingungsamplitude des Stromerzeugers als Funktion vom Trägheitsmoment des Schwungrades

so folgen die Schwingungen des Stromerzeugers der Gleichung

$$\varphi_1 = -\frac{0{,}000\,960}{1-\frac{I_2}{130{,}65}}\sin(4\,\omega_0\,t) + \frac{0{,}000\,362}{1+\frac{I_2}{4{,}76}}\sin(8\,\omega_0\,t) + \frac{0{,}000\,008}{1-\frac{I_2}{25{,}45}}\sin(12\,\omega_0\,t).$$

Mit $I_2 \sim 25{,}45$ mkg s² tritt Resonanz mit dem dritten Gliede der Momentengleichung auf; für andere Werte von I_2 spielt dieses Glied keine Rolle. Das zweite Glied ändert für große Werte von I_2 die Schwingungsamplitude nur wenig, für kleine Werte von I_2 wird die Amplitude durch dieses Glied ein wenig vergrößert. Auch die Abgrenzung des für I_2 schädlichen Gebiets wird dadurch ein wenig verändert. In Abb. 3 ist die entsprechende Schwingungsamplitude als Funktion von I_2 dargestellt. Die gewöhnliche Berechnung des Ungleichförmigkeitsgrades einer Maschine setzt voraus, daß die Welle starr ist. Die entsprechende Schwingungsamplitude ist in Abb. 3 auch angegeben; es zeigt sich, daß die übliche Berechnung ganz falsche Ergebnisse liefert.
[B 274]

neinschaftssitzung der Fachausschüsse des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute

Zwei äußerst bemerkenswerte Vorträge wurden in er Sitzung, die am 22. Mai 1927 in Düsseldorf stattfand, alten.

Dr. C. Krauch, Direktor der J.-G. Farbenindustrie ., Ludwigshafen, sprach über

nische und wirtschaftliche Betrachtungen über Kohleedlung unter besonderer Berücksichtigung der Hochdruckverfahren.

Die Überführung der Kohle in flüssige Brennstoffe, in erem Sinn aber auch die Gewinnung von Düngemitteln Luftstickstoff mittels der Ammoniaksynthese haben als leveredlung zu gelten, da die Kohle der einzige kost-Ausgangstoff ist. Zahlreiche technische Verbesserunbei der Synthese des Ammoniaks nach dem Verfahren Haber-Bosch, sowie bei der Weiterverarbeitung des Amiaks auf die verschiedenen Stickstoff-Düngesalze, die die Farbenindustrie in den Handel bringt, haben dazu beigen, daß die Preise wesentlich unter die Vorkriegsse gesenkt wurden und daß der Verbrauch an Stickstoff h die Landwirtschaft bedeutend gestiegen ist.

Die verschiedenen Verfahren zur Verflüssigung der le wurden dann einzeln behandelt. Ausgehend von dem ahren der trockenen Destillation von Steinkohle und nkohle erörterte der Vortragende die Untersuchungen Badischen Anilin- und Sodafabrik, bei denen mittels alysatoren flüssige Erzeugnisse aus der Kohle hergelt werden. Sie führten zur Methanolsynthese, zur Genung von höheren Alkoholen und von Kohlewasserfen als Reaktionsstoffe. Auf diesem Gebiete liegen h die Arbeiten von Prof. Fischer. Aussichtsreicher inen jedoch die Verfahren der unmittelbaren Hydrieg der Kohle. Durch die Arbeiten von Prof. Bergius rde der Beweis erbracht, daß elementarer Wasserstoff an hle verschiedener Herkunft angelagert werden kann und hierbei in der Hauptsache flüssige Erzeugnisse enthen. Bei dem Verfahren der J.-G. Farbenindustrie, das t in einer auf dem Gelände der Leuna-Werke im Bau ndlichen Anlage in größerem Maßstab erprobt werden , kann man durch Verwendung verschiedenartiger Katatoren verschiedene flüssige Erzeugnisse erhalten.

Die für die Eisenhüttenindustrie wichtige Frage

Gasmaschine oder Dampfturbine

rde von zwei Rednern behandelt. Dir. E. Hinderer, mborn, behandelte die Entwicklung der Gasmaschine ihren ersten Anfängen bis zu den heutigen Großgasschinen mit Kühlung und Abhitzeverwertung. Er ging bei auf den Wärmeverbrauch der Gasmaschine und der mpfturbine ein und behandelte die Wirtschaftlichkeit der Maschinenarten an mehreren Beispielen, indem er die Betriebs-, Kapital- und Wärmekosten berücksichtigte. Aus einer Übersicht über die im letzten Jahrzehnt aufgestellten Gasmaschinen und Dampfturbinen ging hervor, daß sich bis heute in den deutschen Hüttenwerken die Dampfturbine gegenüber der Gasmaschine noch nicht durchgesetzt hat, daß man sie aber in erhöhtem Maße zum Spitzenausgleich und zur Bereitschaft heranzieht. Die Gasmaschine wird für den Antrieb von Gebläsen, Kompressoren und umlaufenden Pumpen im alten Umfange verwendet, in der Verwendung als Antriebsmaschine für die elektrische Krafterzeugung ist ihr jedoch in der neuzeitlichen Dampfturbine eine Wettbewerberin entstanden.

Dir. Dr.-Ing. H. Wolf, Duisburg, sprach über die Entwicklung der Dampfturbine. Mit dem Ausbau der Hüttenkraftwerke zu Großkraftwerken tritt die Dampfturbine als Großkraftmaschine auch für die Eisenhüttenwerke in den Vordergrund, besonders da der Dampfbetrieb in den letzten Jahren sehr große Fortschritte gemacht hat. Bei den Dampfkesseln hat man die Leistungen gesteigert und den Wirkungsgrad bedeutend verbessert. Bei den Turbinen hat man Druck und Temperatur des Dampfes erhöht, durch Vorwärmen des Speisewassers mit Hilfe von Anzapfdampf den thermischen Wirkungsgrad verbessert, die Leistungen erhöht, den Platzbedarf verringert und für die Gesamtanlage die Anlagekosten vermindert.

In der Großkrafterzeugung nimmt die Dampfturbine heute eine überragende Stellung ein. Die außerordentliche Steigerung der Leistung in der einzelnen Maschine hat jedoch für die Eisenhüttenwerke zur Zeit nur begrenzte Bedeutung, es sei denn, daß man die Kraftwerke benachbarter größerer Hütten zusammenfaßt und sie zu einem Großkraftwerk ausbaut. Die deutsche Entwicklung im Dampfturbinenbau während der letzten 20 Jahre zeigt eine Steigerung des Dampfdruckes von 15 auf 40 at und der Dampftemperaturen von 300 auf 425 °; der Dampfverbrauch hat sich von 10 auf weniger als 4 kg/kWh verringert. Die Leistung, bezogen auf 1 m² Grundfläche, ist von 150 auf 700 kW und die Leistung der Einzelgruppe von 5000 auf 70 000 kW gestiegen. Sollte es der Technik gelingen, durch Steigerung des Dampfdruckes den Wärmeverbrauch auf den der Gasmaschine herabzumindern, so wird der Dampfkraftbetrieb wirtschaftlicher. [N 730] Gw.

Kompressoren für große Kälteleistungen

Berichtigung

In diesem Aufsatz sind auf S. 1148 die Unterschriften der Abbildungen infolge eines Versehens vertauscht worden. Unter Abb. 12 muß es heißen: *a* Verdampf-Temperatur —20 °, *b* Verdampftemperatur —15 °, und unter Abb. 13 muß es heißen: *a* Verdampf-Temperatur —10 °, *b* Verdampf-Temperatur —5 °. [N 748]

Entsandungsanlagen für Wasserkraftwerke

Von Ingenieur J. Büchi, Zürich

Durch eine zweckmäßige und zuverlässige Entsandung von Wasserkraftanlagen wird nicht nur die Abnutzung der Turbinen verringert, sondern es werden auch die übrigen Wasserwerkteile geschont, und die Fließgeschwindigkeit des Wassers in den Kanälen kann gesteigert werden, ohne daß ein Angriff der Wandungen und der Sohle zu befürchten ist — Die Versandung von Staubecken kann verlangsamt werden — Anlagen nach der Bauart des Verfassers, bei denen der Sand in einzelnen parallelen Kammern dank einer Beruhigungsvorrichtung und einer Abzugvorrichtung für das gereinigte Wasser auf die Sohle abgesetzt und von dort in regelmäßigen Zwischenräumen abgeschwemmt wird — Nachweis für die Leistungsfähigkeit auf Grund von Abnahmeversuchen

Ein wesentlicher Bestandteil der Wasserfassungen, besonders bei Hochdruckwerken, sind die Entsandungsanlagen. Der Sand soll aus dem Betriebswasser entfernt werden, damit der rasche Verschleiß der Turbinen verhindert wird. Bei ungenügender Entsandung können diese Kosten der Turbinenabnutzung, abgesehen von den lästigen Betriebstörungen, die durch die n wendige Auswechslung der beschädigten Turbinente bedingt werden, erhebliche Beträge erreichen.

Auch für die möglichst lange Lebensdauer der üb gen Bauwerkteile, wie z. B. des Verputzes in den Zu tungskanälen und Stollen, der Überlaufleitungen und

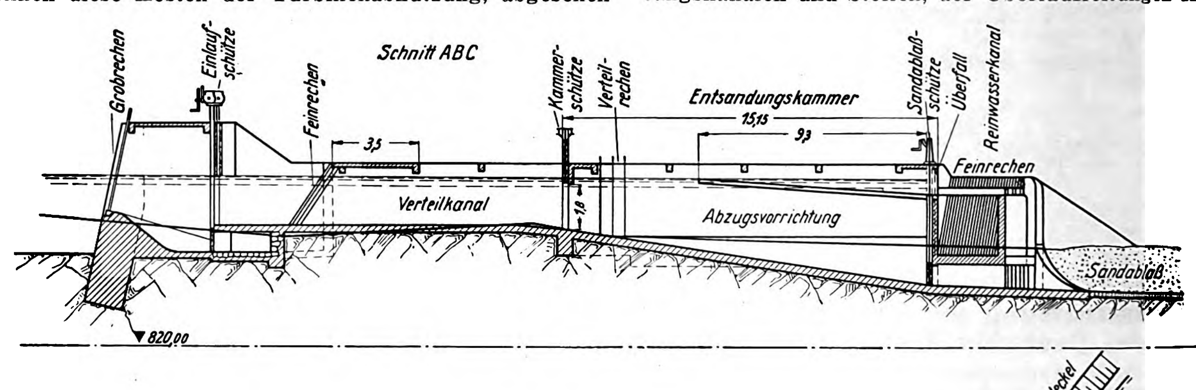


Abb. 1 und 2
Entsandungsanlage der Wasserfassung am Kärstelenbach

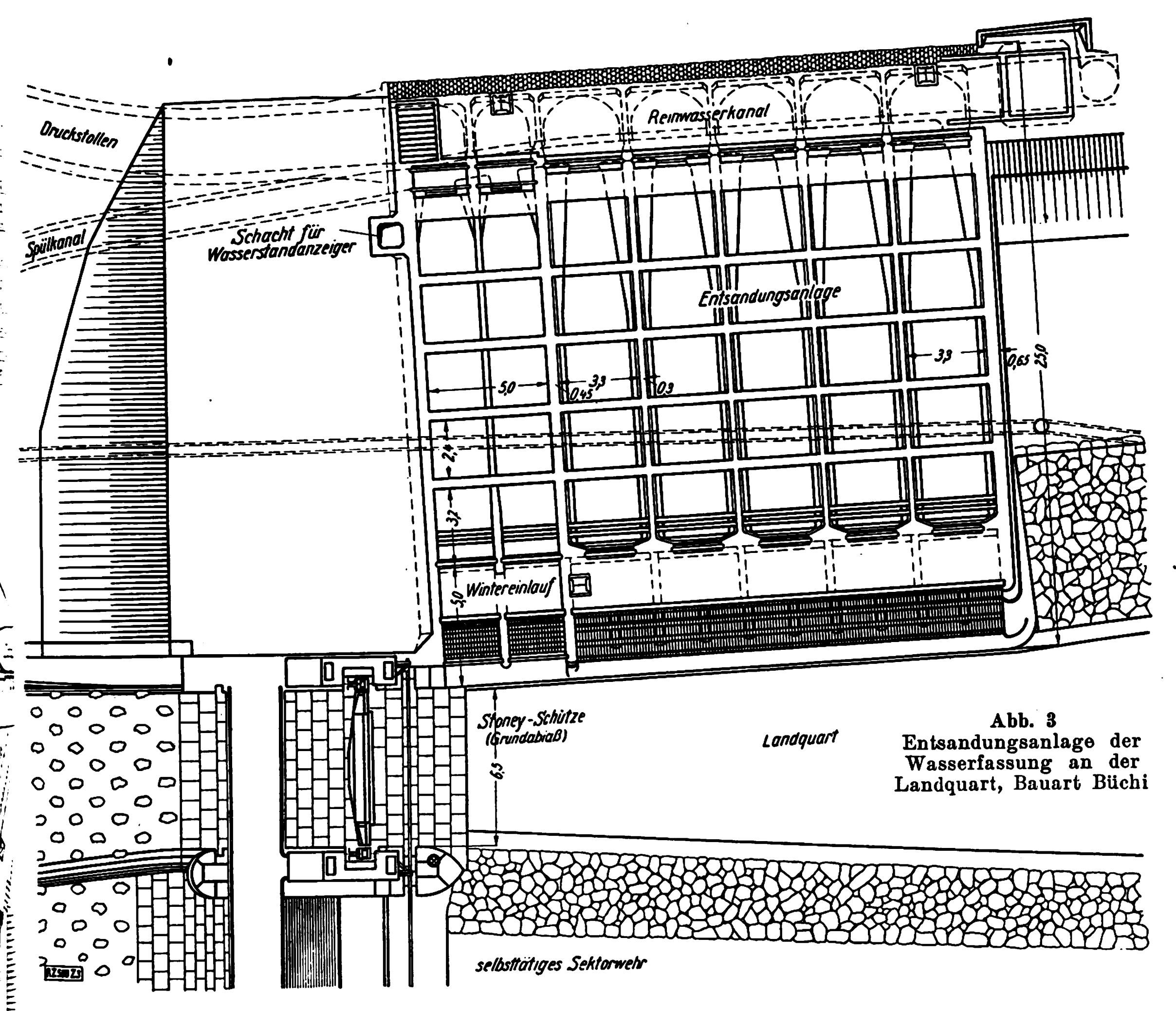


Abb. 3
Entsandungsanlage der Wasserfassung an der Landquart, Bauart Büchi

kleitungen, ist es bei den heute üblichen großen mgeschwindigkeiten wichtig, daß der Sand vor dem ritt des Wassers in diese Kanalteile ausgeschieden l. Eine gute Entsandung erlaubt dann, die Geschwin- keit in den Kanälen und Stollen bei Hochdruckanlagen teigern und so durch Verkleinerung der Querschnitte Kanäle und Stollen in den Anlagekosten Ersparnisse rreichen. Bei Werken mit Staubecken kann dadurch, an geeigneter Stelle dem Staubecken eine Entsan- gsanlage vorgeschaltet wird, das Versanden des chers verhindert oder doch wesentlich verlangsamt den.

Je größer das Druckgefälle einer Wasserkraftanlage um so bedeutender ist unter sonst gleichen Verhält- en die abschleifende Wirkung des Sandes auf die binen. Dementsprechend sollte bei höheren Gefällen Entsandung weitergehen. Dabei lassen sich trotzdem iesen Fällen Entsandungsanlagen mit verhältnismäßig ingen Kosten errichten, da es sich hierbei gewöhnlich verhältnismäßig kleine Betriebswassermengen handelt.

Früher sind Entsandungsanlagen meistens als klei- e oder größere offene Klärbecken gebaut worden, aus en der Schlamm und Sand durch Schützen in bestimm- Zeitabständen mehr oder weniger gut abgeschwemmt den konnte. Die Erfahrung mit diesen alten Anlagen iedigte aber in der Regel nicht und hat gezeigt, daß mit keine zweckmäßige Entsandung des Wassers eicht werden konnte.

Die Entsandungsanlagen der Bauart Büchi bezwecken n, mit möglichst geringem Platzbedarf den Sand mit herheit bis zu einem weitgehenden Grade der Fein- t abzusetzen und schadlos abzuführen. Im folgenden len an der Hand der ausgeführten Anlage K ä r s t e - n b a c h des Kraftwerkes Amsteg der Schweizerischen ndesbahnen, Abb. 1 und 2, die Einrichtungen, die rgänge und der Wirkungsgrad einer solchen Entsandungsanlage kurz erläutert werden. Bei dieser Ausführung liegen die einzelnen Entsandungskammern parallel zum Fluß; das Betriebswasser wird ihnen durch einen besonderen Einlauf und einen Verteilkanal zugeführt.

Die Entsandungsanlagen können auch unmittelbar als Einlauf ausgebaut werden und dienen dann zugleich als wirksame Kiesablässe, wie z. B. die Entsandungsanlage an der L a n d q u a r t bei K l o s t e r s des Kraftwerkes Klosters-Küblis der A.-G. Bündner Kraftwerke, Abb. 3. In die Kammern eintretender Kies wird vollständig ausgeschieden und abgeschwemmt, so daß man besondere Kiesablässe sparen kann.

Das sandhaltige Wasser gelangt durch die mit einer Schütze verschließbare Öffnung in die Entsandungskammer und fließt hier durch einen Verteilrechen. Dieser verteilt den Wasserstrom möglichst gleichmäßig auf den ganzen Querschnitt der Kammer. Am besten wird dies durch einige hintereinandergestellte Reihen von senkrechten Röhren oder Stäben erreicht. Das Wasser fließt dann in ruhiger gleichmäßiger Strömung von diesem Verteilrechen durch die Kammer nach dem am unteren Ende befindlichen Überfall und über diesen in den Reinwasserkanal. Hierbei setzt sich der Sand allmählich auf die Sohle ab und wird von Zeit zu Zeit bei entleerter Kammer durch den Sandablaß abgeschwemmt.

Um nun die Länge der Entsandungskammer zu vermindern, fügt man einen Abzugboden hinzu. Dieser schließt sich an den Überfall am Ende der Kammer an und erstreckt sich schräg auf- und rückwärts gegen den Verteilrechen hin. Er besteht meistens aus einem einfachen Bretterbelag mit entsprechend angeordneten Zwischenräumen. Diese sind so verteilt, daß das entsandete Wasser ungefähr gleichmäßig auf der ganzen Länge des Abzugbodens hindurchtritt und in scharfer Strömung nach dem Überfall abfließt. Dabei

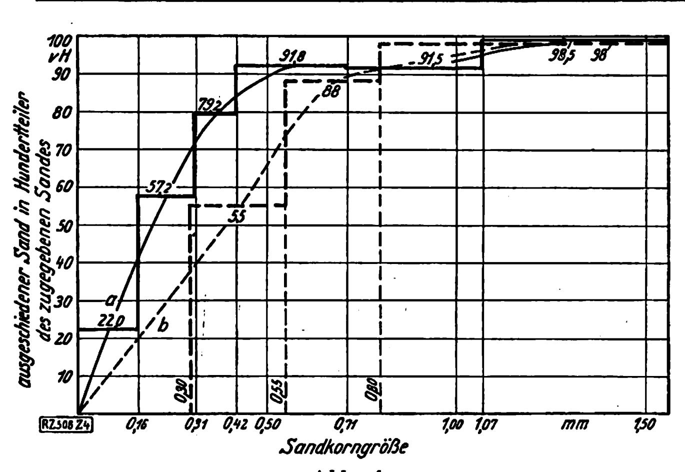


Abb. 4
Wirkungsgrad der Entsandungsanlage Kärstelenbach, Entsandungsraum 73 m³ auf 1 m³/s Betriebswasser, Leistungsfähigkeit einer Kammer 1,4 m³/s

$$\text{Zugegebene Sandmenge } \frac{672\text{ kg}}{32\text{ min} \times 14\text{ m}^3/\text{s}} = 0{,}259\text{ l}$$

a erreichte Ausscheidung beim Versuch
b gewährleistete Ausscheidung

wird das vom Sand gereinigte Wasser an der Oberfläche nach und nach dem Querschnitt entzogen. Das Wasser unterhalb des Abzugbodens fließt gegen das Ende der Kammer hin immer langsamer, und der Sand setzt sich dann entsprechend immer mehr ab. So fließt beispielsweise im Kammerquerschnitt in der Mitte des Abzugbodens bereits die halbe Wassermenge über die Abzugbretter, und im eigentlichen wirksamen Kammerquerschnitt unterhalb des Abzugbodens ist infolgedessen die Wassergeschwindigkeit bereits auf ungefähr die Hälfte vermindert.

Die Bedienung der Entsandungsanlage ist einfach und kann in der Regel vom Einlaufwärter selbst besorgt werden. Höchstens während der kurzen Zeit ungewöhnlich starker Sandführung muß bei Anlagen mittlerer Größe unter Umständen ein Hilfsarbeiter zugezogen werden. Bei länger dauernder Sandführung, die regelmäßig in den Alpengewässern im Sommer eintritt, genügt aber in der Regel die ein- bis zweimalige Spülung einer Kammer während 24 Stunden.

Wenn besondere Verhältnisse es notwendig machen, kann auch eine dauernde Spülung eingerichtet werden, indem die Sandablaßschützen am Ende der Kammern ständig etwas offen bleiben. Eine Dauerspülung wirkt aber stets insofern etwas ungünstig, als sie die durch die Kammer fließende Gesamtwassermenge erhöht und so die Geschwindigkeit vergrößert, so daß sich weniger Sand als sonst absetzt.

Zur Bestimmung des Wirkungsgrades muß zahlenmäßig nachgewiesen werden, wie viel von dem im zulaufenden Wasser enthaltenen Sand bei normaler Belastung für verschiedene Korngrößen ausgefällt wird. Dies läßt sich bei trübem, sandhaltigem Wasser praktisch nicht genügend genau nachweisen, weil die genaue Messung des mittleren Gehaltes an Sand von bestimmter Korngröße im eintretenden Wasser sehr schwierig ist; denn der Sandgehalt an den verschiedenen Stellen eines bestimmten Querschnittes ist sehr verschieden und kann so von Zufälligkeiten abhängen, daß von der Sandmessung in wenigen Punkten nicht auf das Mittel des Sandgehaltes im entsprechenden Querschnitt geschlossen werden kann. Außerdem schwankt die Sandführung bekanntlich im Lauf eines Tages sehr stark. Die Fehler, die man bei zeitlich auseinanderliegenden Messungen des Sandes in trübem Wasser macht, sind daher zumeist viel größer als die zulässigen Fehler des gewünschten Endergebnisses.

Aus diesen Gründen wird der zahlenmäßige Nachweis des Wirkungsgrades bei den Entsandungsanlagen nach Büchi dadurch erbracht, daß bei klarem Wasser Sand

Zahlentafel 1
Abnahmeversuch vom 3. Oktober 1924

1. Untersuchung der Sandproben

Korngröße mm Dmr.	Zwei Proben des zugegebenen Sandes A		Zwei Proben des aus[geschiedenen] Sandes B	
	g	vH	g	vH
> 1,56	20,15	1,09	22,00	1,26
1,56 bis 1,07	92,67	5,01	119,91	6,89
1,07 „ 0,71	145,41	7,85	174,68	10,04
0,71 „ 0,42	445,99	24,10	537,58	30,94
0,42 „ 0,31	421,77	22,80	439,05	25,25
0,31 „ 0,16	511,41	27,65	384,00	22,09
< 0,16	213,14	11,50	61,34	3,53
Zus.:	1850,54	100,00	1738,56	100,00

2. Ausgeschiedene Sandmenge in Hundertteilen des zugegebenen Sandes

Korngröße mm Dmr.	Zugegebener Sand	Ausgeschiedener Sand	
	kg	kg	vH
> 1,56 (zufällig)	7,3	6,1	(83,5)
1,56 bis 1,07	33,7	33,2	98,5
1,07 „ 0,71	52,8	48,3	91,9
0,71 „ 0,42	162	148,9	91,8
0,42 „ 0,31	153,2	121,3	79,2
0,31 „ 0,16	185,7	106,2	57,2
< 0,16	77,3	17,0	22,0
Zus.:	672,0	481,0	71,5

örtlich und zeitlich möglichst gleichmäßig vor dem teilrechen künstlich zugegeben wird, und zwar in e dem sandhaltigen Wasser des Flusses ungefähr sprechenden Menge. Nach Verlauf des Versuches die Kammer abgestellt, sorgfältig entleert und der der Sohle abgesetzte Sand untersucht. Der Verg dieser abgesetzten Sandmengen mit den zugegeb Sandmengen ergibt dann die Anteile des abgese Sandes, nach den verschiedenen Korngrößen geor und somit den Wirkungsgrad der Entsandungsanlag einer bestimmten Betriebwassermenge.

In Zahlentafel 1 und Abb. 4 ist das Ergebnis Abnahmeversuches an der Entsandungsanlage Kärst bach des Kraftwerkes Amsteg dargestellt[1]). Sie ist eine Betriebswassermenge von 7 m³/s gebaut und ha dieser Belastung einen Entsandungsraum von 511 m³ Gesamtgefälle des Kraftwerkes Amsteg beträgt rd. 2 Beim Versuch sind ausgeschieden worden:

98,5 vH des Sandes von 1,56 bis 1,07 mm Korndurchm
91,5 „ „ „ „ 1,07 „ 0,71 „ „
91,8 „ „ „ „ 0,71 „ 0,42 „ „
79,6 „ „ „ „ 0,42 „ 0,31 „ „
57,2 „ „ „ „ 0,31 „ 0.16 „ „

so daß der gewährleistete Wirkungsgrad der Anlag wesentlichen erheblich übertroffen worden ist. Beim such sind mehr Siebweiten als vorgesehen zur U suchung des Sandes verwendet worden, so daß für größere als die gewährleistete Anzahl von Abstufu der Sandkorngrößen der Anteil des ausgeschie Sandes ermittelt werden konnte. Daß die Mengen von der Korngröße 0,71 bis 1,07 mm, um einige vH der gewährleisteten Kurve liegen, ist vermutlich auf rein zufällige Störung zurückzuführen und bezieht nur auf einen kleinen Teil der gesamten zugegel Sandmenge.

An der Entsandungsanlage des Borgnewe Wallis, Schweiz, der Aluminium-Industrie-A.-G., hausen, sind bei einem Versuch mit teilweiser Bela einer Kammer bei 217 m³ auf 1 m³/s ausgeschieden wo:

100 vH des Sandes über 0,8 mm Korndurchm
98 „ „ „ von 0,8 bis 0,6 „ „
95 „ „ „ „ 0,6 „ 0,3 „ „
80 „ „ „ „ 0,3 „ 0,15 „ „

[1]) Vergl. Bestimmung des Wirkungsgrades einer Entsandu lage. Schweizerische Bauzeitung Bd. 69 (1917) S. 281.

[B 5

Herstellung der Glühlampenkolben auf rein maschinellem Wege

Von Dipl.-Ing. Dr. Alfred Karsten, Berlin

Die erste Anlage für maschinelle Herstellung von Glühlampenkolben auf dem europäischen Festland — Das Herstellungsverfahren und die wichtigsten Maschinen und Vorrichtungen des Werkes

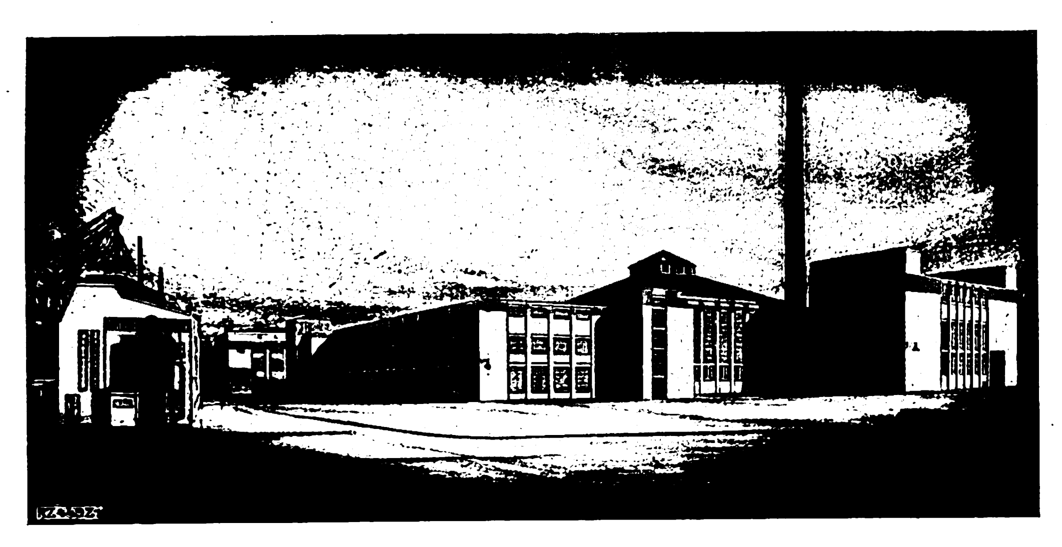


Abb. 1
Anlage der Osram-Gesellschaft in Berlin-Siemensstadt

Ende März 1927 wurde das neue Maschinenglaswerk der Osram-Gesellschaft (vereinigte Glühlampenfabriken AEG, Siemens & Halske, Osram-Werke) eingeweiht. Für die Entwicklung der Glühlampenherstellung hiermit ein bedeutsamer Schritt zur Vervollkommnung, sonders in der Massenherstellung, getan. Bisher wurden meisten der in vielen Millionen erzeugten Glaskolben er, wie der Laie sagt „Glasbirnen", mit der Lungenkraft s Glasbläsers geblasen. Das ist nicht nur eine sehr anengende und gesundheitschädliche Arbeit, sondern sie ansprucht auch eine große Geschicklichkeit der treffenden Arbeiter. Deshalb läßt sich diese Industrie ch nicht an jeden beliebigen Ort verpflanzen. So waren Osram-Werke bisher genötigt, die Kolben aus Weißässer, ihrer dortigen Anlage, zu beziehen, um sie hier rch Einsetzen des Leuchtdrahtes und Auspumpen der ift fertigzustellen.

G l a s b l a s e m a s c h i n e n für die Flascheninduie kannte man schon lange. Das erste Patent stammt s England; es wurde im September 1887 unter Nr. 47 570 Deutschland erlangt, während das erste deutsche Patent . 58 961 im Januar 1891 erschien. Im ganzen dürften er 80 deutsche Reichspatente und noch mehr amerinische Patente über diese Maschinen bestehen. Im hre 1911 erhielt unter Nr. 277 469 die Westlake European achine Company in den Vereinigten Staaten ein Patent. uf Grund dieses Patentes vervollkommnete man die Mahine so weit, daß sie sich in der Praxis zur Herstellung r Kolben — d. h. Glashohlkörper mit rd. ¾ mm dicken andungen von möglichst großer Gleichmäßigkeit — beährte, und die Osram-Gesellschaft erwarb vor zwei hren das Benutzungsrecht für Deutschland. Die nunmehr Siemensstadt errichtete Anlage, Abb. 1, die 75 000 m² läche bedeckt, ist d i e e i n z i g e a u f d e m F e s t l a n d e r r e i n m a s c h i n e l l e n Massenherstellung von lühlampenkolben und gleichzeitig eine Musteranlage, die it den neuesten Errungenschaften der Wissenschaft und echnik arbeitet. Die Anlage steht unter der Leitung von rof. G e h l h o f f. In der jetzt bestehenden Fabrik verbeiten drei Westlake-Maschinen das Glas zu Kolben. ie Leistung einer derartigen Maschine, die ununterrochen läuft und in drei Schichten bedient wird, beägt täglich rd. 50 000 gute Kolben, also die Gesamtleitung der Anlage rd. 1 Mill. Kolben in jeder Woche, d. h. etwa 40 bis 45 Mill. Kolben in einem Jahr. Die Erzeugung dieser Mengen von Glühlampenkolben verlangt einerseits einen großen Aufwand von Energie zu ihrer Verarbeitung, anderseits Herbeischaffung und Bereitstellung der geeigneten Rohstoffe.

Die Anlage arbeitet wie folgt: Im G e n e r a t o r e n h a u s (links in Abb. 1) erzeugt man das zur Beheizung der Glasschmelzwanne und der Nebenanlagen erforderliche Gas. Das G e m e n g e h a u s (rechts) dient zur Aufnahme der zur Herstellung des Glases erforderlichen Rohstoffe, ihrer Abwägung und Mischung in den gewünschten Gewichtverhältnissen. Die 900 m² große O f e n h a l l e ist der Bau (in der Abbildung links neben dem Schornstein), worin sich die Wanne zum Schmelzen des Gemenges zu verarbeitbarem Glas befindet, ferner die Westlake-Blase-

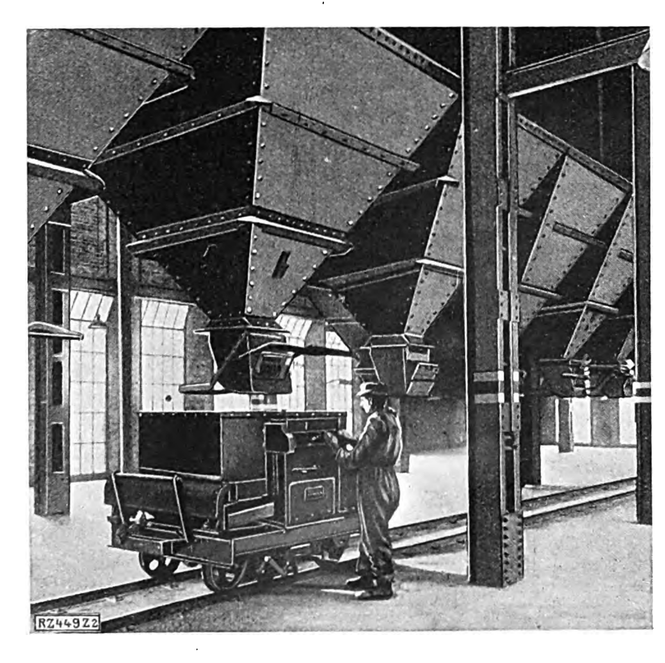


Abb. 2. Wägekarren mit Dinse-Wage

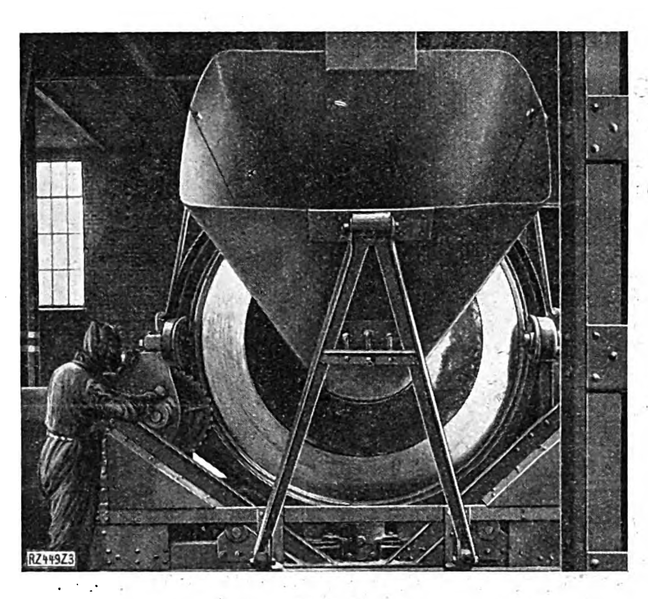


Abb. 3
Mischtrommel für Rohstoffe

Maschinen, die Abschmelzmaschinen, Kühlöfen und Temperöfen, schließlich der Sortier- und Prüfraum der fertigen Kolben, Packerei und Lager.

Das Werk hat Anschluß an das Industriegleis und erhält Rohstoffe durch die Bahn. In dem Gemengehaus befinden sich zur Aufnahme der einzelnen Stoffe große Bunker mit einem Fassungsvermögen bis zu 20 000 kg. Die Rohstoffe sind: eisenfreier Sand, der zweckmäßig etwas tonhaltig ist und aus der Altmark herangeschafft wird, ferner schlesischer eisenfreier Dolomit, Baryt, Soda, Pottasche; es wird also ohne Bleiglas gearbeitet. Die Scherben, die im Betrieb abfallen, und die man zur besseren Verflüssigung des Glases stets den Rohstoffen beifügt, werden in einem Brechwerke zerkleinert und gelangen mittels Becherwerkes ebenfalls in einen großen Bunker, von wo aus sie in bestimmten Gewichtverhältnissen dem Gemenge zugesetzt werden.

Zur Herstellung der gleichmäßigen Mischung werden die Rohstoffe aus den Bunkern in die Wägekarren, die zur Aufnahme der verschiedenen Stoffe bestimmt sind, geschüttet, Abb. 2. In zweckmäßiger Weise ist hier die Frage des selbsttätigen Wägens gelöst. Die Wage ist eine sogenannte Zusatzwage, bei der jede Dezimalstelle besonders eingestellt ist. Ist sie ausgeglichen, was an einer Zunge hinter einem Fenster auf der Wage sichtbar wird, so kann ein Druckgerät betätigt werden. An den Bunkerverschlüssen sind die einzustellenden Gewichte mi Kreide angeschrieben, und zwar immer so, daß bei de nächstfolgenden Rohstoffentnahme immer nur der Überschuß angegeben ist. Wurde z. B. 50 kg Dolomit in de Karren abgelassen und werden 80 kg Soda gebraucht, s liest man an dem Sodabunker 130 kg ab. Der Arbeiter h also jeweils nur auf diese Zahl einzustellen; hat er nic genug oder zuviel eingewogen, so läßt sich das Druckwer nicht betätigen. Hierdurch erreicht man die außerordentlich wichtige Überwachung des stets gleichmäßigen Einwägens der Rohstoffe. Derartige Wagen werden von d Dinse-Maschinenbau-A.-G., Berlin-Reinickendorf, hergestel

Die gesamten Rohstoffe werden zum Zweck ein guten Mischung in einer schnell umlaufenden Misc trommel, Abb. 3, die das Krupp-Gruson-Werk Magdeburg herstellt, 2 bis 5 min lang gemischt und einen Vorratbunker geschafft. Das fertige Gemenge n den Scherben gelangt nunmehr auf Wagen zur Schme wanne. Die Gemengebereitungsanlage schafft in v Stunden das Gemenge für eine Wanne. Der tägliche Dur satz der Wanne beträgt je nach Leistung der Maschin 15 bis 20 000 kg Gemenge.

Die Wanne, Abb. 4, ist ein aus großen Chamo blöcken, die z. B. die Firma Didier, Stettin, herste zusammengesetztes Becken, das durch ein Eisenger zusammengehalten wird. Die Grundfläche der eigentlich Schmelzwanne beträgt 30 m² und die der Arbei wanne rd. 20 m² bei etwa 1 m Tiefe. Beide Wannen s ohne Mörtel zusammengesetzt; die Fugen dichten sich selbst durch das eindringende schmelzende Glas, das b Abkühlen erstarrt. Die Herstellung einer solchen Wan erfordert etwa dreiviertel Jahre, sie hält wohl ein anderthalb Jahre.

In dieser Schmelzwanne wird nun das Gemenge etwa 1400 °C eingeschmolzen. Schmelz- und Arbeitswan

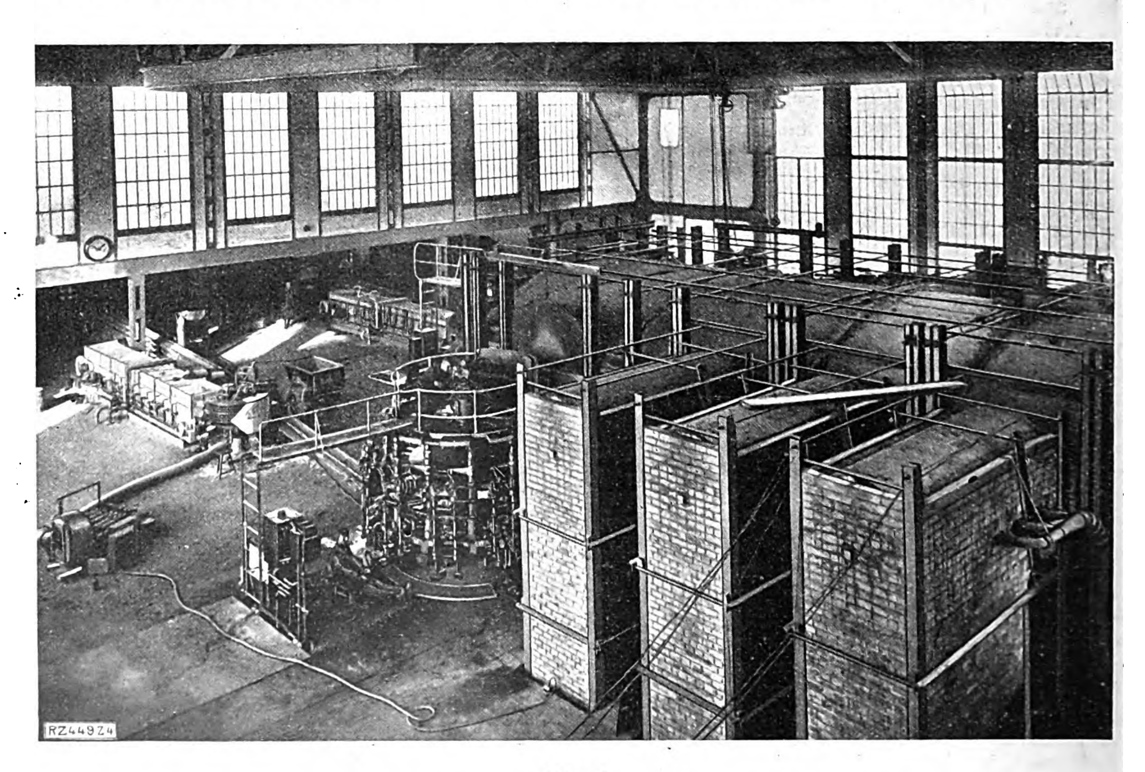


Abb. 4
Wannenraum mit Kolbenblasmaschine und 3 Brennern im Vordergrunde

ıen zwar ein gemeinsames
ıppengewölbe (Aufsatz) aus
ıassteinen, doch sind die Glas-
ıgen voneinander getrennt.
ɜ ist nötig, weil das Glas in
Arbeitswanne eine niedri-
e Temperatur haben muß, als
ler Schmelzwanne, da es sonst
die Verarbeitung zu dünn-
ısig wäre. Die Trennung
et eine sogenannte Brücke,
am Boden der Wanne einen
chlaß, den sogenannten Hals,
Durch diesen strömt das Glas
der einen zur andern (der
eits-) Wanne. Dabei werden
Unreinlichkeiten, die auf
Glase schwimmen, in der
nelzwanne zurückgehalten.
Inhalt der Wanne beträgt
1300 t Glas. Die Wanne ist im
geschoß aufgestellt und ruht
ihrem Eisenrost auf Ziegel-
ern; diese stehen in
r gleich großen, mit Was-
gefüllten Wanne zu ebener
, die bei Undichtwerden der
nelzwanne oder bei Ausbes-
ngen das flüssige Gas auf-
nt. Die Wanne wird mit
flammen unter Verwendung
drei Brennern geheizt. Jeder
ner hat seine eigenen Kam-
und Wechselvorrichtun-
so daß man ihn für sich ein-
n und abstellen und Ausbes-
ngen daran vornehmen kann.
durch hat man in gewissem
ange die Temperaturvertei-
in der Wanne in der Hand.
Heizgase und die Verbren-
gsluft und damit auch die
itzegase nehmen halbstünd-
den umgekehrten Weg. Die
nwände der Wanne sowie
Brenner können nach Be-
durch Anblasen mit kalter
gekühlt werden.

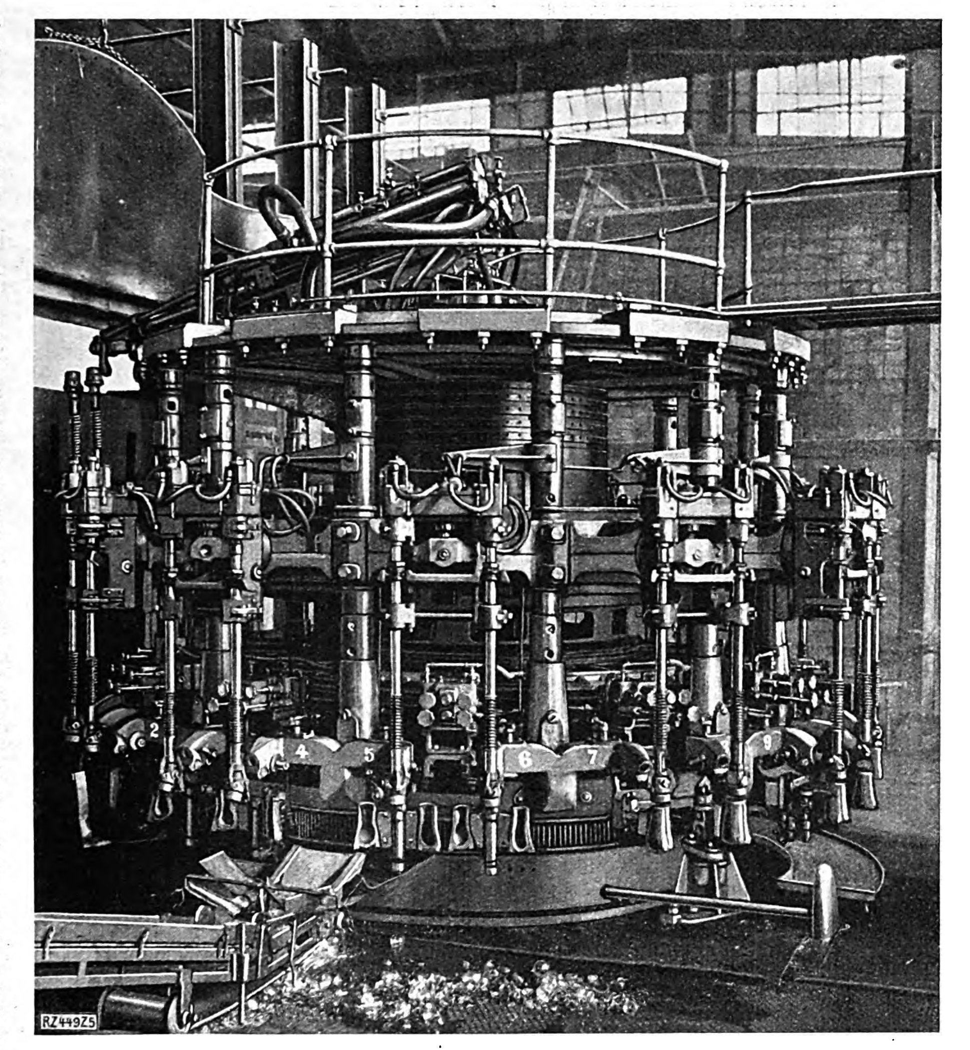


Abb. 5
Kolbenblasmaschine mit zwei Armen (oben auf der Maschine die beiden Arme mit Kühlung)

Die erhebliche Abhitze des Schmelzofens wird auch
endet, um in einem Abhitzekessel Dampf zu erzeugen.
er dient zum Betrieb einer 100 PS leistenden Dampf-
hine, die einen Drehstromerzeuger antreibt. Der auf
Weise gewonnene Strom genügt, um alle wichtigen
chinen, Luftverdichter und Luftsauger der Fabriken in
g zu halten.

Dicht an der Wanne sind die drei Kolbenblas-
schinen aufgestellt, mit denen das Werk vorläufig
itet. Eine von diesen bewegt zwei Arme, Abb. 5, wäh-
l die beiden andern, Abb. 6, je 24 Arme haben. Jede
chine wiegt etwa 45 000 kg und kostet über ¼ Mill. RM.
Arbeitsweise ahmt in weitgehender Weise das Blasen
Kolben mit der Hand nach; erbaut sind sie von der
eral Electric Co., New York.

Die Arbeitsweise der Maschinen[1]) ist wie folgt:
Die Saugarme holen sich bei dauerndem Drehen der
chine aus der Wannenöffnung durch Berührung der
soberfläche unter Ansaugen in ihre Saugnäpfe die zur
stellung eines Kolbens erforderliche Glasmenge und
en sie an die Pfeifen (Glasmacherpfeifen) ab. Sofort
auf beginnen sich die Arme, die die Pfeifen mit den
sportionen tragen, zu drehen, und zwar zuerst um 90°
l dann nochmal um 90°, so daß nun ihre Öffnungen
h unten stehen. Durch die Wirkung des Eigengewich-
und mittels Druckluft wird die Vorformung des Glas-
bens bewirkt, der sogleich unter Senken der Pfeife in
darunter befindlichen Halbteile der Eisenform gelangt.
e beiden Formenhälften schließen sich selbsttätig, sobald
der rotglühende Glasposten, der noch an der Pfeife hängt, sich zwischen den Eisenformen befindet. Mittels Druckluft wird das Glas nunmehr fertig zum Kolben geblasen. Nach einer weiteren Drehung der Maschinen um 45° öffnen sich Form und Pfeife, und der Glaskolben fällt aus der Maschine auf ein Förderband.

Wie schon vorher erwähnt, arbeiten zwei Sorten von Kolbenglasmaschinen, eine mit 24 und eine mit zwei Saugarmen, letztere die „Einarmmaschine" genannt; sie hat, Abb. 5, eine Kühlvorrichtung, in die das einzige Paar von Saugarmen ein- und ausgeht. Diese Anordnung, die kostspieliger ist, soll bessere und gleichmäßigere Ergebnisse zeigen. Die beiden Saugarme machen naturgemäß die Umdrehungen der Maschine nicht mit, sondern versehen beim Umlaufen der Maschine jedes neu ankommende Pfeifenpaar mit dem Glasposten. Die Einarmmaschine bedeutet eine Vereinfachung gegenüber der andern Bauart, die eine besondere Luftpumpe erfordert, während hier das Vorstoßen der Saugarme die Luftleere erzeugt.

Der fertige Kolben fällt auf ein Förderband und wird zur Abschmelzmaschine, Abb. 7, gebracht, die selbsttätig mittels Stichflammen die „Kappen", d. h. die überschüssigen Glasteile entfernt. Dann durchlaufen die heißen Kolben einen Kühlofen von 7 m Länge (Temperofen), der beim Einlaß etwa 400° bis 600° Temperatur aufweist, am Ende nur noch 150° hat, zwecks Beseitigung der im Glas etwa vorhandenen Spannungen. Am Ende dieses Tunnelofens werden die Kolben von den Sortierern auf Form- und Glasfehler geprüft. Die fertig abgeschmolzenen Kolben werden mittels eines Polarisationsapparates in polarisiertem

[1]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 1611.

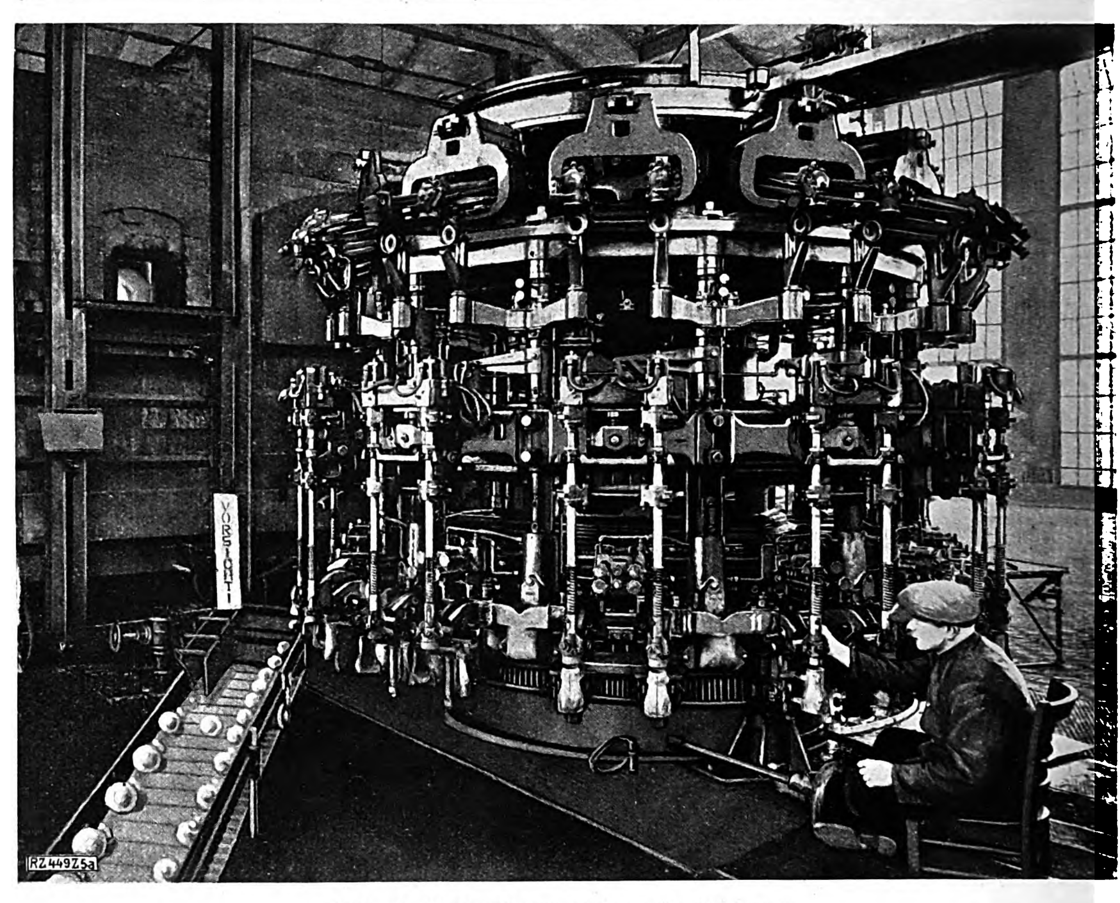


Abb. 6. Kolbenblasmaschine mit 24 Armen

Licht auf Spannungen untersucht; diese sind vorhanden, falls der Kolben im polarisierten Licht violette Streifen aufweist.

Hiermit ist die Herstellung der Kolben beendet; sie werden verpackt und in die eigentlichen Glühlampenfabriken befördert.

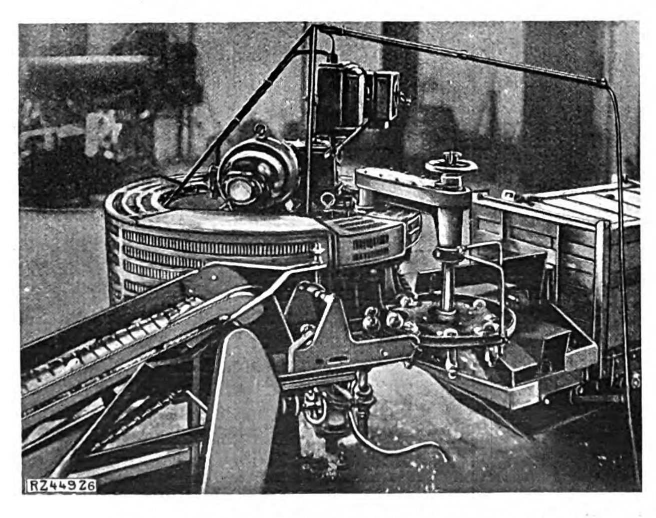


Abb. 7. Abschmelzmaschine mit endlosem Förderband, rechts der Kühlöfen

Die Fließarbeit, d. h. die Herstellung auf kürze Weg in ununterbrochenem Gang und unter Berück tigung der geeigneten Aufstellung und Reihenfolge der schinen und Geräte ist in diesem Werke folgerichtig d geführt und mustergültig gelöst worden. Mit dem erfo lichen Nebenpersonal werden in der Fabrik etwa 7 80 Menschen beschäftigt. Hiervon sind ungefähr die H Arbeiterinnen zum Sortieren und Einpacken. Um die Menge Kolben durch Handarbeit herzustellen, m 300 Glasbläser und insgesamt etwa 500 Menschen sein.

Zum Schluß noch ein Wort über die Kraftversor und Hilfseinrichtungen des Werkes. Außer der bereit wähnten Dampfmaschine, die mit einem Stromerzeuge kuppelt ist, hat die Anlage einen Transformator zum wandeln des städtischen Drehstromes auf 220 V Span außerdem einen Umformer zur Erzeugung von Gleichs mehrere Motoren und Luftverdichter, einen Gasverdic drei Ventilatoren zur Kühlung der Westlake-Masch mehrere Luftsauger und eine Pumpe für die Glas maschinen zur Erzeugung einer starken Luftleere zum saugen des Glases. Ein Luftverdichter dient zur He lung von Druckluft von 2 bis 3 at für die „Ei maschine“ zur Betätigung des Doppelsaugarmes.

Die Gaserzeugungsanlage mit zwei Pintsch-Dreh generatoren ist besonders dadurch bemerkenswert, die ausgebrannte Asche aus dem ständig ausla den Drehrost durch Schaufeln selbsttätig ent wird. Die Gaserzeuger verbrauchen täglich 30 t B kohlenbriketts. [B 4

Kunstharze als Baustoffe

Von W. Demuth, beratendem Ingenieur,
Berlin-Friedrichshagen

Vom Porzellan ging die Elektrotechnik im Bau ihrer Isolationsteile für Klemmleisten, Brücken, Schaltersockel usw. teilweise zur Benutzung von leichter verformbaren und auch nachbearbeitbaren Naturerzeugnissen über, so zu Schellack, Glimmer, Gummi sowie Asphalt oder auch Teer als Nebenerzeugnis aus der Verarbeitung der Kohlen. Die Erfahrungen hiermit waren hinsichtlich der Konstruktionsmöglichkeiten befriedigend, die Anwendungen sehr vielseitig, doch konnten die Erzeugnisse den nicht zu umgehenden Wärmeeinwirkungen nicht standhalten. Ein Übergang zu zellonartigen Massen brachte Fortschritte, doch reicht die Wärmebeständigkeit dieser Stoffe ebenfalls nicht aus, so daß nach andern Mitteln gegriffen werden mußte.

Zur Zeit verwendet man als hochwertige Preßstoffe fast ausschließlich Kunstharze; unter diesen wiederum nimmt infolge seines weitreichenden Patentschutzes, der auch eine besonders wirtschaftliche Art der Verarbeitung einschließt, das Bakelite eine ganz überragende Stellung ein.

Die Bezeichnung ist dem Erfindernamen Baekeland nachgebildet. Baekeland ist Vlame, führte aber seine ersten Arbeiten in Amerika durch und nahm auch dort die ersten Patente, wodurch die Meinung aufkam, es handle sich um einen Einfuhrstoff. Tatsächlich wird das Bakelite hier in Deutschland aus deutschen Urstoffen von einer deutschen Firma[1]) erzeugt.

Das Bakelite ist ein rein chemisches Erzeugnis der Kondensation von Phenol oder Kresol und Formaldehyd, die aus Steinkohle und Holz gewonnen werden; es wird in flüssigem oder festem Zustand hergestellt, hat eine gelbe bis braune Farbe und ist in dieser ersten Stufe schmelzbar, löslich und auch nicht säurefest. Erst durch die weitere Verarbeitung erhält man über eine Mittelstufe, in der es schon nicht mehr schmelzbar und schwerer löslich, doch noch quellbar ist, das Enderzeugnis, das hervorragende Eigenschaften, und zwar Unschmelzbarkeit, Unlöslichkeit in fast allen Lösungsmitteln, hohe Isolationsfähigkeit, Festigkeit, Ölbeständigkeit, Wärmebeständigkeit bis 300 °C, vorzügliches Aussehen und gute Bearbeitbarkeit hat. Ein Wiedererweichen oder Einschmelzen ist unmöglich.

Bakelite hat, ohne Zusätze in den Endzustand überführt, ein bernsteingleiches Aussehen; es kann sogar die gleichen reibungselektrischen Eigenschaften haben. Eine fast beliebige Färbung, einheitlich wie gemustert, ebenso eine weitgehende Verformung ist durch Gießen oder auch Nacharbeit ähnlich wie bei Hartgummi oder Horn möglich.

Aus diesem Rohstoff stellt man in großem Maße viele Kunstwaren, unzählige Teile der Schmuckwarenindustrie, Druckstöcke für die Druckerei usw. her. Den weitaus größten Absatz haben die Kunstharze und hier besonders das Bakelite in der Elektrotechnik und verwandten maschinentechnischen Gebieten. Ausschließlich Sonderfabriken, unterschieden nach Hartpapier und Preßteilen, verarbeiten die Kunstharze zu technischen Erzeugnissen; die Herstellung des Rohharzes ist dagegen Aufgabe der chemischen Fabrik. Der Rohstoff wird hierfür in seiner ersten Stufe verwendet und erlangt dann nach Verbindung mit Füllstoffen verschiedenster Art in der Weiterverarbeitung seinen Endzustand.

Für die Hartpapiererzeugung[2]) wird das in Spiritus gelöste Harz auf Lackiermaschinen auf Papierbahnen aufgetragen, so weit getrocknet, daß der Spiritus, der wiedergewonnen werden kann, verflüchtigt, das Harz aber noch nicht härtet. Das so vorbereitete Papier wird entweder auf Wickelmaschinen über Stahldornen und Heizwalzen zu Röhren beliebiger Abmessungen bis zu mehr als 1 m Dmr. und 2 m Länge, oder aber nach Schneiden in Bogen und Stapelung zu Platten von 0,2 bis 60 mm Dicke unter schweren, heizbaren Druckwasser-Etagenpressen verarbeitet; auch Formrohre mit Vierkant-, Oval- und anderen Querschnitten kann man herstellen, Abb. 1. Bei einigen Teilen verwendet man statt des Papiers auch Gewebe, Abb. 2. Bei einer für diese Herstellung besonders konstruierten neuzeitlichen 3000 t-Presse[3]), Abb. 3, hat man den Druckwasserzylinder unten eingebaut. Für die Hartpapierfertigung wird das in Abb. 3 seitwärts ausgefahrene Heizplattensystem in die Presse eingeführt, die eingebauten Drucksockel werden nach rechts entfernt. Zwischen die Heizplatten legt man die je nach gewünschter Plattendicke geschichteten, mit Kunstharz überzogenen Papierlagen; in der Presse wird das Bakelite in den Endzustand übergeführt. Die festen, bei mehr als 2 mm Dicke nicht mehr bieg- oder stanzbaren Platten kann man mit der Kreis- oder Bandsäge zuschneiden. Das Rohrwickelverfahren arbeitet sinngemäß.

Das Hartpapier ist ein vorzüglicher Isolier- und Baustoff für die Innenkonstruktion von Hochspannungstransformatoren, infolge seiner Ölbeständigkeit, hohen Durchschlagfestigkeit und hohen mechanischen Festigkeit für Formstücke, Durchführungen für Hochspannung, Abb. 4, an Stelle von Porzellan, Stützisolatoren, Brücken, Trennwände für Hochspannungsölschalter und Hochfrequenzgeräte sowie für Schalttafeln. Im Maschinenbau verwendet man Zahnräder an Stelle von Rohhauttrieben besonders aus Platten mit Gewebeeinlage. Hartpapier und Faserstoff in Verbindung mit Kunstharz dienen also schon in hohem Maße neben elektrischer Beanspruchung der mechanischen Kräfteübertragung unter Zug, Druck, Biegung, Verdrehung; sie bilden einen Konstruktions- und Aufbaustoff, der noch vielen andern Möglichkeiten nutzbar gemacht werden kann.

Für die Fertigung von Preßteilen für elektrotechnische Geräte, für chemische Fabriken, Spinnereien, Kraftwagen und Flugzeuge u. ä. wird das Bakelite gleichfalls im Zustand der ersten Stufe benutzt und mit Füll- und Farbstoffen gemischt, in Pulverform unter Druckwasser-Heißpressen in Matrizen, ähnlich denen der Porzellanverarbeitung, in die jeweils gewünschten Formteile gepreßt, Abb. 5. Das Bakelite kommt auch hier unter Druck und Hitze zum Endzustand und erreicht je nach dem verwendeten Füllstoff verschiedene hochwertige Eigenschaften.

Die Druckwasser-Schnellpressen neuzeitlicher Konstruktion haben obenliegenden Druckwasserzylinder, mit Rückzug und Ausstoßer, Abb. 6. Die meist unmittelbar mit Heiz- und Kühlkanälen und Anschlüssen ausgerüsteten Formen werden fest in die Pressen eingebaut, derart, daß der Unterteil am Pressentisch stets in gleicher Arbeitshöhe bleibt, der Oberteil beim Rückgang des Zylinders abgehoben wird. Der Arbeitsgang, der bei den Platten nach Stunden bemessen ist, dauert bei der wesentlich schnelleren Durchhärtung verhältnismäßig kleinerer Teile von besserer

[1]) Bakelite-Gesellschaft m. b. H. Berlin-Charlottenburg

[2]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 545.

[3]) Hersteller: J. Bannig A.-G. Maschinenfabrik, Hamm (Westf.)

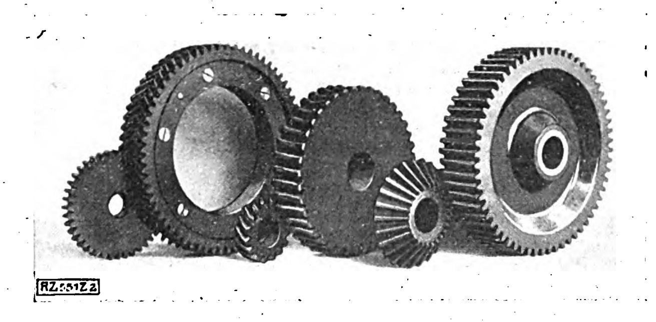


Abb. 2
Zahnräder aus Turbaxgewebe für hohe Beanspruchung von der Firma Jaroslaw, Weißensee. Festigkeit etwa die von Gußeisen

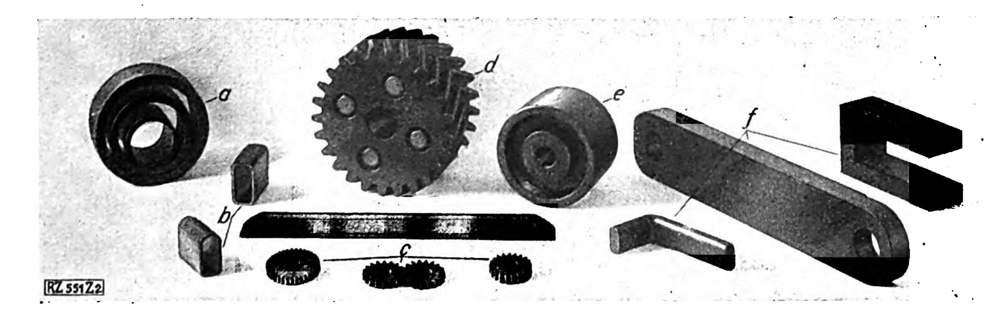
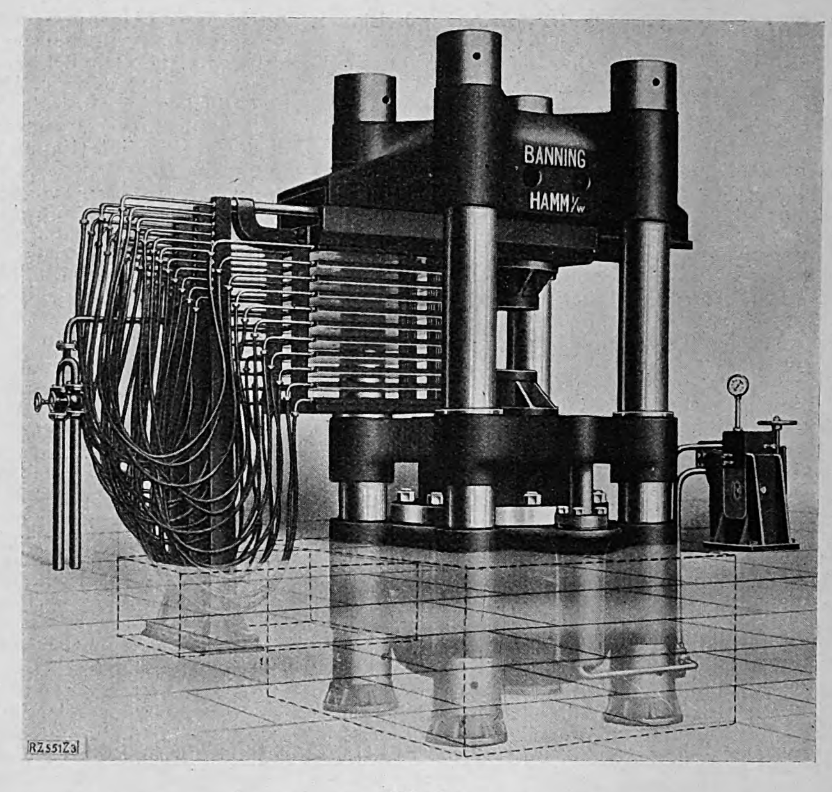


Abb. 1
Hartpapier-Preßteile

a Rundrohr-Abschnitte
b Formrohr-Abschnitte
c kleine Zahnräder
d Winkelzahnrad
e Riemenscheibe
f Formstücke aus Platten und Sonderformen





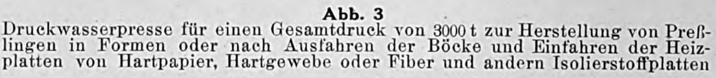


Abb. 3
Druckwasserpresse für einen Gesamtdruck von 3000 t zur Herstellung von Preßlingen in Formen oder nach Ausfahren der Böcke und Einfahren der Heizplatten von Hartpapier, Hartgewebe oder Fiber und andern Isolierstoffplatten

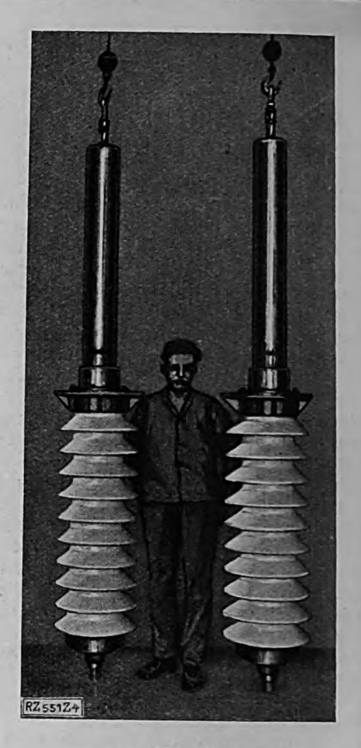


Abb. 4
Hochspannungs-Kondensator-Wanddurchführungen der Firma Jaroslaw, Weißensee, aus Hartpapier in Verbindung mit Porzellan-Ueberwürfen für 110000 V Betriebspannung

Wärmeleitfähigkeit als bei den Papierschichten nur Minuten; das Werkstück verläßt bis auf geringe Verputzarbeit fertig das Werkzeug. Die Matrize wird sofort mit Pulver oder kalt vorgepreßter Masse neu beschickt, so daß sich ein fortlaufender Arbeitsgang ergibt. Für Teile kleinerer Abmessungen verwendet man Mehrfachwerkzeuge, die bis zu 50 oder noch mehr Stücke gleichzeitig liefern. In Zahlentafel 1 sind die Eigenschaften und Festigkeitswerte von Hartpapier und Preßmassen zusammengestellt. Infolge außerordentlich leichter Formbarkeit, der Möglichkeit des Einpressens von Metallteilen, der schnellen Herstellung, der großen Genauigkeit und jederzeitigen Austauschmöglichkeit von Massenteilen neben der hohen Festigkeit, Säure- und Ölbeständigkeit verwendet man Preßteile auf den verschiedensten Gebieten.

Bakelite kann man auch als Säureschutzmittel benutzen. Große Gefäße, die man mit Rücksicht auf hohe Drücke oder andre mechanische Beanspruchung nur aus Metall herstellt, kann man mit Bakelite auch erhöhten Temperaturen gegenüber widerstandsfähig, säure- oder auch seewasserbeständig überziehen. Für den äußeren Schutz von Teilen für die Elektrotechnik, wie Spulen, Kabelmuffen und dergleichen, sind noch die Kunstharzlacke, die durch Streichen oder Tauchen aufgetragen und dann gehärtet werden, zu nennen; sie haben sich auch in hohem Maße für die Metallindustrie als reine Schutzmittel gegen den Lufteinfluß bewährt.

Der Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE) hat in Gemeinschaft mit dem Staatlichen Materialprüfungsamt und der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, für Sonderkonstruktionen des Schwachstromgebietes auch mit dem Telegraphentechnischen Reichsamt, für die Preßstoffe Prüfbedingungen und Gütebezeichnungen festgelegt, denen sich alle namhaften Pressereien unterworfen haben. Die Prüfungen erstrecken sich auf die Biegefestigkeit, Schlagbiegefestigkeit, Kugeldruckhärte, Wärmebeständigkeit nach Martens und Feuersicherheit sowie auf Oberflächenwiderstand, Widerstand im Innern und Lichtbogensicherheit; eine Erweiterung der Vorschriften ist in Bearbeitung.

Die einzelnen Werke erhalten nach amtlicher Prüfung ihrer Werkstoffproben eine Kennummer, die sie in dem amtlichen Zeichen zugleich mit der Nummer der Güteklasse auf ihren Erzeugnissen führen dürfen. So ist dem Verbraucher eine Gewähr für die Werkstoffgüte gegeben, die gestattet, auch auf Grund rechnerischer Unterlagen und von Meßwerten neue Konstruktionen mit Sicherheit und nicht rein nach dem Gefühl zu entwerfen. Die Wünsche der Elektrotechnik werden dazu führen, die Isolierstoffe in steigendem Maße auch immer mehr als reine Baustoffe zu verwenden, die bisherigen in Gußeisen gekapselten Schaltanlagen aus den neuen Stoffen zu fertigen und damit die Frage „Erden oder Isolieren" im letzteren Sinne entscheiden und somit zu erhöhter Sicherheit in elektrischen Anlagen beitragen.

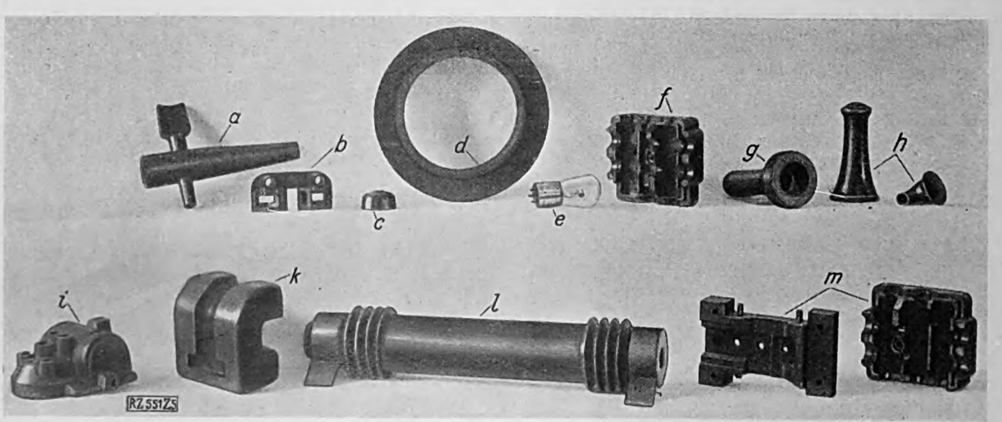


Abb. 5
Formteile aus Pulver-Preßmassen

a Säurefester Hahn
b Bürstenwelle
c Schalterkappe
d Ringteil
e Funk-Empfangsröhre mit Isolier-Preßsockel
f Installationsteil
g Handlampengriff
h Telephon- und Mikrophonteile
i Teil für Kraftwagenzünder
k Isolator für die Stromschiene
l Hochspannungssicherung
m Installationsteile

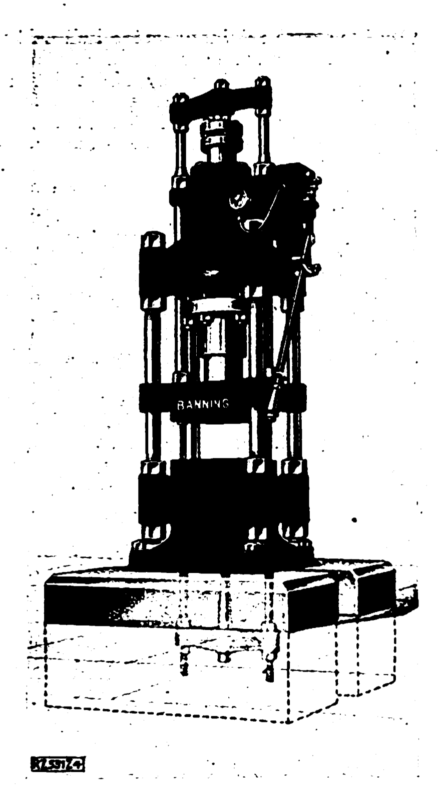


Abb. 6
Druckwasser-Schnellpresse für Pulvermassen-Verarbeitung, Preß- und Rückzug-Zylinder oben, Steuerung rechts angebaut

Für Hartpapiere bestehen keine Prüfvorschriften und Prüfnormen; sie werden aber fast ausschließlich in großen Werken mit eigenen Prüfanlagen und einem Stab von Wissenschaftlern hergestellt, so daß für Güte und Sicherheit auf Anfrage Gewähr übernommen werden kann.

Zu wünschen wäre im Interesse der Verbraucher wie schließlich der Erzeuger selbst, daß alle die vielen Eigennamen, die, abgesehen von einigen gut eingeführten Han-

Zahlentafel 1

	Hartpapier	Preßmassen
Zugfestigkeit . . . kg/cm²	750 bis 800	—
Druckfestigkeit . . „	2000 „ 2500 senkrecht zur Schicht	—
Biegefestigkeit . . „	1200 bis 1500	700 bis 1000
Schlagbiegefestigkeit cmkg/cm²	30	4 „ 8
Kugeldruckhärte (Eindrucktiefe) . . . . cm	0,01	0,5 „ 0,1
Wärmebeständigkeit (Martens) . . . . . . °C	bis 200	Kl. I bis 180 außer Asbest 300 für Asbest
Feuerbeständigkeit	Kl. 0	Kl. 0 bis 1
Wasseraufnahme	fast 0	fast 0
Verhalten in heißem Öl .	beständig	beständig
Säurefestigkeit	„	„
Spez. Gewicht	1,3 bis 1,4	1,3 außer Asbest 1,8 bis 2 für Asbest
Durchschlagfestigkeit je mm . . . . kV	18 bis 30 senkrecht zur Schicht	14 bis 20 bis 75° 12 bis 100° 3 bis 6 bis 150°
Oberflächenwiderstand Megohm	40 bis 50000	1000000 auß. Asbest 25000 für Asbest
Dielektrizitätskonstante . .	3,5 bis 5	3,5 bis 4,5
Wetterbeständigkeit	Außenanwendung nicht möglich, langsame Verwitterung	Außenanwendung erprobt, noch keine Dauererfahrungen

delsnamen erstklassiger Werke, oft nicht auf die Stoffart schließen lassen, etwas mehr zurücktreten und den Gruppen Kunstharz-Hartpapier, Kunstharz-Gewebe und Kunstharz-Preßstoffe nachgeordnet werden. Hiermit würde eine bessere Übersicht für den Verbraucher gegeben, die sicher die noch weiter ausdehnbare Verwendung der Kunstharze fördern würde. Bei dem augenblicklichen Zustand wird bei jedem Eigennamen ohne die Stoffgruppenbezeichnung oft ein gänzlich neuer Stoff vermutet, dem die Verbraucher mit Mißtrauen gegenüberstehen. [M 551]

Die indischen Eisenbahnen

Da die Eisenbahnen in Indien immer mehr in den Besitz des Staates übergehen, ist eine Neuordnung der „Indian Railway Conference Association“ notwendig geworden. Vor allem ist die Normung der Ausrüstung dadurch Angelegenheit des Staates geworden. Ein Betriebsausschuß ist mit der Durchführung des Fahrdienstes beauftragt, während besondere technische Abteilungen für die einzelnen Sondergebiete eingesetzt sind. Eine weitere Vermehrung dieser Abteilungen ist vorgesehen.

Im Geschäftsjahr 1925/26 waren etwa 3900 km neue Strecken im Bau, von denen rd. 1630 km auf 1676 mm-Spur und rd. 1780 km auf die Meterspur entfielen. Für die Durchführung besonders schwieriger Bauprogramme wurden besondere Oberingenieure mit technischen Stäben bestimmt. Ende März 1926 waren rd. 10 000 bis 11 000 km Eisenbahnstrecken zum Bau genehmigt oder in Beratung. Wenn das ganze Programm durchgeführt wird, rechnet man mit jährlich 1600 km neuen Strecken. Für den nördlichen Teil des Landes hat man sich für eine leichte Breitspurbahn entschieden, auf der leichtgebaute Fahrzeuge verkehren sollen. Bei dem Bau der Brücken in diesen Gebieten hat man allerdings kommenden stärkeren Verkehr schon in Erwägung gezogen und entsprechende Vorkehrungen getroffen.

Die Vorortbahn von Bombay hat bereits elektrischen Betrieb; in Kalkutta und Madras wird man diesem Beispiel wahrscheinlich folgen. Auch wird erwogen, auf weiteren Strecken der Südbahnen den elektrischen Betrieb einzuführen, wobei der nötige Strom von Wasserkraftwerken bezogen werden soll.

Die Verkehrstatistik weist bei Personenzügen, auf das Wagenkilometer bezogen, eine Zunahme von 5 vH, sowohl auf den Breitspur- als auch auf den Meterspurstrecken auf. Im Güterverkehr ist, auf dieselbe Einheit bezogen, auf den Breitspurstrecken eine Abnahme von 6 vH, auf den Meterspurstrecken eine Zunahme von 1,5 vH festzustellen. Für den Personenverkehr sind eine Reihe ausländischer eiserner Wagen in Dienst gestellt.

Die durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit stieg bei Personenzügen von rd. 30 auf 31 km/h, bei Güterzügen von rd. 14 auf 15 km/h bei einer gleichzeitigen Frachtsteigerung von 753,4 auf 759,2 t. Der Kohlenverbrauch der Personenzüge der Breitspurlinien hat sich um 2,84 vH, der der Güterzüge auf denselben Strecken um 0,7 vH vermindert. Bemühungen, die Fahrpläne im Personenverkehr einzuhalten, waren erfolgreich. An der Normung wird mit gutem Erfolge gearbeitet, besonders im Hinblick auf die vorbereitenden Arbeiten zur Schaffung neuer Lokomotivenbauarten und Fahrgestelle für Breitspurwagen. Ein besonderer ständiger Ausschuß soll sich mit der Normung auf dem Gebiete des Oberbaues, der Brücken und des Signalwesens befassen.

Große Aufmerksamkeit wird der Ausbildung der Eisenbahnbeamten und -Angestellten gewidmet. Diesem Zwecke dient unter anderem die Railway Transportation School in Chandausi, die Anfänger- und Fortbildungskurse abhält. Dort werden vor allem Bahnhofsvorsteher, Beamte für Güterabfertigung, Zugführer usw. ausgebildet. Die Ausbildung wird praktisch an einer Modelleisenbahn durchgeführt. Diese Bahn mit rd. 65 mm Spurweite wird elektrisch betrieben und gesteuert. Sie ist in sämtlichen Anlagen und Vorrichtungen den Hauptbahnen nachgebildet. In besonderen Unterrichtsräumen befinden sich u. a. Schnittmodelle von Saugbremsen und Zugbeleuchtungsanlagen. („Engineering“ Bd. 124 (1927), S. 130.) [N 709] Krs.

Zahlentafel 1
Übersicht über die kolumbianischen Eisenbahnen

Name der Bahn (bzw. Endhaltestellen) Ferrocarril de	Besitz S = Staat D = Depart. P = Privat	Gesamtlänge km	Davon fertig km	Im Bau km	Außerdem geplant km	Spurweite mm
(Baranquilla–)Pto. Colombia	P	28	28	—	—	1070
Santa Marta (–Fundacion)	P	159	159	—	—	914
Cartagena (–Calamar)	P	105	105	—	—	914
Cucuta–Pto. Villamizar	P	55	55	—	—	1000
„ –Frontera (Grenze)	P	16	16	—	—	1000
„ –Esmeralda	P	21	21	—	—	1000
„ –Esmeralda-Pamplona	S	49	—	49	—	1000
Central del Norte, Secc. I S (Pto. Wilches–Bucaramanga)	S	132	62	70	—	1000
Central del Norte, Secc. II (Bucaramanga–Chinquinquirá–Bogotà)	S	458	104	54	300	1000
Barrancabermeja (Ölbahn)	P	28	28	—	—	914
Antioquía (Pto. Berrio–Medellin)	D	190	190	—	—	914
Amagà (Medellin al Cauca)	D	97	58	39	—	914
Central de Bolivar (Cartagena–Cañafistula)	S	350	—	30	320	914
Troncal del Occidente (Cañafistula–Bolombolo)	S	300	—	18	282	914
Troncal del Occidente (Bolombolo–Caldasbahn)	—	—	—	—	?	—
Caldas (Manizales–Cartago–Pto. Caldas al Cauca)	D	103	66	37	—	914
Pacifico (Cartago–Cali–Buenaventura)	S	347	347	—	—	914
„ (Cali–Popayan)	S	159	159	—	—	914
„ (Palmira–Santander)	S	70	14	—	56	914
„ (Zarzal–Armenia)	S	58	58	—	—	914
Quindiu (Armenia–Ibagué)	S	173	—	—	173	914
Timba–Santander	D	21	21	—	—	914
Nacaderos–Armenia	S	57	57	—	—	914
Tolima (Ibagué–Espinal–Flandes)	S	76	76	—	—	914
La Dorada (–Ambalema)	P	111	111	—	—	914
Girardot (–Facatativà)	S	132	132	—	—	914
Cundinamarca (Facatativà–Bogotà)	S u. D	40	40	—	—	914
„ (Facatativà–Dintel)	S u. D	15	15	—	—	914
„ (Facatativà-La Tribuna Palanquero)	S u. D	180	7	14	159	914
Nordeste (Bogotà–Tunja)	D	166	32	78	56	1000
„ (Tunja–Sonta)	D	229	—	—	?	—
„ (Duitama–Sogamoso)	D	18	—	—	18	1000
Carare (Tunja–Moniquirà–Pto. Aquileo)	S	296	—	50	246	1000
Sur (Bogotà–Sibaté)	S	30	30	—	—	1000
„ (Tequendama)	S	10	5	5	—	1000
„ (Fusagasugà)	S	40	—	—	40	1000
Tolima–Huila–Caquetà (Espinal–Neiva–Garzon)	S	163	30	35	98	914
Narino (Tumaco–Pasto)	S	113	—	80	233	914
Popayan–Pasto–Ipiales	—	—	—	—	?	—

en Prozessen und Beanstandun-
n aller Art haben diese Ver-
ge Anlaß gegeben, so daß
ion seit geraumer Zeit keine
artigen Konzessionen mehr
liehen werden."

Der Staat geht daher jetzt
n einzig möglichen Weg, ent-
der auf eigene Kosten zu bauen
er durch Unternehmungen
en zu lassen und die fertige
hn dann in eigener Verwal-
g als Staatsbahn zu betreiben.
e Anleihe von 100 Mill. $ für
enbahn- und Wegebau hat die
etzgebende Versammlung, der
ngreß, zur Verwirklichung der
äßten Pläne genehmigt. Da-
en werden aber von den De-
tamentos, z. B. Cundinamarca
gend um Bogotà), Antioquia
auptstadt Medellin), Caldas
auptstadt Manizales), Cauca
auptstadt Cali), zum Teil noch
ch innere Anleihen Mittel
ür aufgebracht. — Die be-
henden und zu bauenden Eisen-
nen sind durchweg eingelei-
e Schmalspurbahnen, haupt-
hlich mit Yardspur, 914 mm,
r mit Meterspur, in einem Fall,
nur 28 km langen Bahn vom
hafen Puerto Colombia nach
n Flußhafen Baranquilla, mit
pspur, 1070 mm. Die Höchst-
igungen betragen in den Ge-
gstrecken über 40 vT. Die
riebsmittel, unter denen sich
erdings erfreulicherweise auch
tsche Erzeugnisse, z. B. Loko-
tiven von Schwartzkopff, Bor-
, Henschel, finden, sind je nach
enart der verschiedenen Ver-
ltungen, Staats-, Departe-
nts- oder landfremden Verwal-
gen, sehr verschieden. Ebenso
d die Betriebstoffe je nach
n Vorkommen in den betreffen-
 Gegenden verschieden. So
ben die Lokomotiven der An-
quiabahn von Pto. Berrio am
gdalenenstrom bis zur Quiebra,
 die nach Medellin führende
hn unterbrochen und der Ver-
hr durch eine gute Automobil-
aße aufrechterhalten wird,
feuerung. Zur Zeit wird dort ein etwa 4,5 km langer
nnel durch eine kanadische Gesellschaft im Auftrage der
tioquiabahn gebaut, der die Verbindung herstellen soll.
 der kohlenarmen Gegend der Pacific-Bahn, Cartago-
li, werden die Lokomotiven mit Holz gefeuert, im übrigen
it Kohle. Die Behandlung von Fahrkarten und Gepäck ist
enfalls je nach Eigenart der Verwaltungen verschieden,
enso die der Tarife. Z. B. müssen auf der von der eng-
schen Baranquilla Railway and Pier Company betriebenen,
hon erwähnten Bahn vom Seehafen Pto. Colombia nach
m Flußhafen Baranquilla die Güter nach Maß bezahlt wer-
n, nicht nur nach Gewicht, so daß mitunter für diese kurze
trecke phantastisch hohe Frachtkosten entstehen. Uns ist
in Fall bekannt geworden, wo die Eisenbahnfracht für eine
rößere Ladung auf dieser 28 km langen Strecke annähernd
benso viel betrug, wie die Schiffsfracht von Hamburg nach
to. Colombia. Da man vorläufig nur diesen einen Beför-
erungsweg dort zur Verfügung hat, so hat die Eisenbahn
Monopolstellung und nutzt das rücksichtslos aus. Es wird
eshalb ernstlich der Bau eines Seehafens Baranquilla er-
togen.

Die allgemein schlechten Verkehrsverhältnisse waren
wohl auch bis dahin der innere Grund, daß die einzelnen
Departamentos vielfach selbständig beim Bau von Verkehrs-
traßen vorgingen, ohne sich um die andern Landesteile
viel zu kümmern. Die Folge davon ist eine Erschwerung im
Eisenbahnverkehr zwischen den einzelnen Departamentos.
Z. B. auf der Reise von Manizales nach Cali, die in ihrem
ersten Teil bis San Francisco entweder im Kraftwagen, oder,
da auf dieser Straße häufig Unfälle wegen Absturzes zu
verzeichnen sind, besser mit Maultieren bewerkstelligt
werden muß, geht der Zug der Caldasbahn nur bis Cartago.
Dort muß das Gepäck aus dem Güterschuppen der Caldas-
bahn nach dem einige hundert Meter weiter befindlichen
Schuppen der Pacificbahn geschafft werden, und zwar durch
den Fahrgast selbst, nicht etwa durch eine der Eisenbahnen.
Der Zug der Pacificbahn hat keinen Anschluß, so daß der
Reisende und das Gepäck bis zum nächsten Tag in Cartago
mit seinen, wie meistens, mäßigen Unterkunftverhältnissen
bleiben müssen. Oder: Reise von Girardot nach Bogotà.
Die Strecke Girardot—Facatativà ist national, Facatativà—
Bogotà departamental und national; sie hatten noch bis vor
etwa 1½ Jahren sogar verschiedene Spurweiten, so daß Um-
steigen und Umladen nötig waren. Auch heute noch muß
das Gepäck in Facatativà umgeladen werden und kommt
daher einen Tag später in Bogotà an, als der Reisende.
Sache einer einsichtigen Regierung wird es sein, auch darin
Wandel zu schaffen und diese Nachteile beim weiteren Aus-
bau der Eisenbahnen zu vermeiden. Abb. 1 und Zahlen-
tafel 1 zeigen in großen Zügen den heutigen Stand des
kolumbianischen Eisenbahnnetzes und seiner geplanten Er-
weiterung.

Wasserwege. Der Hauptverkehrsweg in Kolumbien
ist der Rio Magdalena; er wird es wohl auch, wenigstens
für Güter, immer bleiben, auch wenn durch Eisenbahn- und
Straßenbau neue Verkehrsmöglichkeiten geschaffen werden.
Denn mit den neuen Wegen wird auch der Verkehr wieder
zunehmen, und die Wasserstraße wird doch wohl der billigste
Beförderungsweg bleiben. Heute ist das Land vollkommen
von der Beförderung auf dem Magdalenenstrom abhängig,
von seinem Wasserstand und — von den privaten Flußschiff-
fahrtsgesellschaften, die Monopolstellung genießen und
daher in Tarifen und Art der Beförderung recht willkürlich
verfahren trotz Regierungsvorschriften und Gesetzgebung.

Die Flußhäfen sind ebenso unvollkommen wie die Lade-
einrichtungen, der Strom selbst wochen- und monatelang

seicht, so daß Schiffe liegen bleiben oder nicht fahren können und die Ladungen zu Bergen aufgetürmt an den Ufern der „Häfen“, ja mitunter sogar irgendwo am Ufer an unbewohnter Stelle liegen bleiben. Ich habe für die Reise von Baranquilla nach Bogotà 18 Tage gebraucht. Dampferfahrt Baranquilla—La Dorada, dann Eisenbahn nach Beltran, da bei Honda Stromschnellen vorhanden und der Fluß nicht schiffbar ist, dann bis Girardot wieder Dampferfahrt und der Rest mit der Eisenbahn. Ebenso oft, wie der Reisende umzusteigen gezwungen ist, müssen aber auch Güter umgeladen werden. Es ist daher keine Seltenheit, daß sie ebensoviele Wochen, wie der Reisende Tage, für diesen Weg brauchen, ja sogar Monate, weil an den Umladestellen eine glatte Abwicklung des Umschlagens selten möglich ist und die Güter dann einfach liegen bleiben. Ein besonders krasser Fall beleuchtet grell den gegenwärtigen Zustand: Am 14. Februar 1927 explodierte ein großer Benzinvorrat, der am Ufer in Girardot aus Mangel an Unterbringungs- und Weiterbeförderungsmöglichkeit frei aufgestapelt war; der durch den Brand usw. angerichtete Schaden wird auf über 1 Mill. $ geschätzt.

Die Frachten belaufen sich je nach dem Wasserstand auf etwa 65 bis 165 $ für 1000 kg von Baranquilla bis Bogotà. Die Dampfer dürfen wegen der seichten Stellen nur ganz geringen Tiefgang haben und sind deswegen und weil der Strom namentlich nach Regen sehr viel Unkraut und Holz mit sich führt, nicht mit Schrauben, sondern mit großen Heckrädern aus Holz ausgerüstet; auf dem unteren Magdalenenstrom haben sie häufig Ölfeuerung, auf dem oberen Holzfeuerung. Die mitgeführten Kraut- und Holzmassen sind ein Problem. Die Flußregelung wird immer dringender nötig, und ist jetzt endlich auch in die Wege geleitet: Das deutsche Berger-Konsortium (F. Berger A.-G., Brisko u. Prohl) hat den Auftrag dazu erhalten, und mit den Arbeiten ist bereits begonnen worden, nachdem man in vierjähriger Vorarbeit die nötigen Unterlagen dazu geschaffen hatte. Gleichzeitig wird als erster der Hafen von Pto. Berrio ausgebaut.

Von den Einheimischen wird noch die canoa, der Einbaum, benutzt, sowie das Floß in den verschiedensten Größen und Bauarten. Die canoa wird auch stromaufwärts verwendet, in mühevoller und langsamer Arbeit durch „Staken“ vorwärts gebracht. In der Karte sind außerdem die andern Ströme eingetragen, die auch schiffbar sind, in der Hauptsache sind das der Cauca und Atrato. Die vielen Flüsse und Ströme in den Llanos, den weiten und zum großen Teil noch unerforschten Ebenen im Südosten des Landes, sind nur teilweise für größere Fahrzeuge befahrbar. An Kanälen ist bis dahin nur einer, südlich von Cartagena, bekannt, der canal del dique.

Seilschwebebahnen. Zwischen Manizales und Mariquita an der La Dorada-Bahn ist eine 72 km lange Seilschwebebahn im Betrieb, aber nur für Güter- und Postverkehr. Sie ist eine Einseilbahn; abschnittweise laufen hier Seile ohne Ende, an denen die Wagen festgeklemmt werden. An den Verbindungstellen werden die Wagen über Schienen auf das nächste Seil geleitet. Die Bahn steigt von 2100 m (Manizales) zu etwa 4000 m in der Zentralkordillere und fällt dann bis auf etwa 500 m bei Mariquita. Sie wird von einer englischen Gesellschaft betrieben.

Eine zweite Seilbahn derselben Bauart, die aber auch für Personenverkehr dienen soll und elektrischen Antrieb erhält, wird Manizales mit dem Nachbarort Villamaria verbinden. Sie ist zur Zeit im Bau und soll in einigen Monaten fertiggestellt und dem Betrieb übergeben werden. Geplant ist außerdem der Bau einer weiteren Seilbahn von Manizales nach der Hauptstadt des Departements El Chocó, Quibdó, und gegebenenfalls von dort weiter bis zum Meer. Ferner ist eine Seilbahn im Bau von Gamarra am Rio Magdalena nach Cúcuta für Personen- und Güterverkehr. Die Arbeiten dafür sind ebenfalls von einer englischen Gesellschaft in Angriff genommen. Es steht noch nicht fest, ob sie von ihr auch weitergeführt werden.

Kraftwagenstraßen. Sie werden mit „Carreteras“ bezeichnet, d. h. es werden alle Straßen, auf denen ein Fahren mit Kraftwagen möglich ist, so benannt, nicht etwa nur solche, die besonders für Kraftwagenverkehr oder gar ausschließlich für solchen erbaut worden sind, also grundsätzlich alle Straßen, die wir als Chausseen oder Wege erster Klasse bezeichnen. An ausgesprochenen Kraftwagenstraßen gibt es in fertigem Zustand nur eine, vorläufig in einer Länge von etwa 18 km, und das ist der Anfan der „carretera al mar“, der geplanten Kraftwagenstraß die Medellin mit Turbo am Golf von Urabà verbinden so Sie erhält Krümmungen mit 26,5 m Mindesthalbmesser u Überhöhung; die Straßendecke besteht im ersten Teil a Steinschlagmakadam. Andre Befestigungsarten, z. B. Te makadam werden erwogen. Eine ganze Reihe andrer car teras ist geplant, von denen wohl als erste die Quindi Straße, Ibagué-Armenia, ausgeführt werden wird, dan möglichst bald diese wichtige Verbindung hergestellt i unabhängig von dem Eisenbahnbau für diese Strecke, d auch für die nächste Zeit vorgesehen ist. Vorläufig ka eine Beförderung über den Quindiu nur mit Maultieren folgen. Auch von Cali aus ist eine carretera im Bau, au „al mar“, ein Ausdruck, der hier förmlich Schlagwort worden ist und für den namentlich in Antioquia sehr v Stimmung gemacht wurde.

Maultierwege. Sie sind, wie vor Jahrhunder und vielleicht Jahrtausenden auch heute noch in vielen genden Kolumbiens die einzige Möglichkeit für Reisev kehr und Güterbeförderung. Langsam und beschwerl ist solch eine Reise, oft gefährlich, aber das Maultier ein sicheres Beförderungsmittel, und man hört selten v einem Unfall auf einer Maultierreise. Die Tiere selbst, mulas, sind äußerst widerstandsfähig, und es wird ih hier schier unmöglich Scheinendes zugemutet. Wo das Pf längst versagt, ist die mula immer noch sicher leistungsfähig, und dabei ist das kolumbianische Pf auch ein besonderer Schlag, der ganz anders beanspru wird und werden kann, als der deutsche. Der Reiter, zu Pferd oder zu mula, ist ein kennzeichnendes Bild lumbiens — in seinen weiten Überziehhosen (zamarros) der ruana, dem mit einem Kopfschlitz versehenen Umha den großen Schuhbügeln und, an einem Absatz nur, ange mit einem Riesensporn. Und ebenso bezeichnend ist Anrede „caballero“ = Reiter für „Herr“, die auch heute n sehr oft angewendet wird. Aber die Beförderung mit Maultier ist ebenso langsam und beschwerlich wie te Eine Reise von Medellin nach Manizales mit einem Tre (Peon) und zwei Lasttieren kostet heute rd. 100 $, dauert etwa vier Tage.

Luftverkehr. Unter den geschilderten Umstän erscheint die Frage nach dem neuzeitlichsten Beförderu mittel selbstverständlich. Die deutsch-kolumbianische sellschaft Scadta betreibt seit sechs Jahren mit bestem folg und größter Betriebsicherheit den Luftpostdienst Baranquilla nach Girardot mit Zwischenlandestel ebenso in beschränktem Umfange die Beförderung Reisenden. Die Flugzeuge verkehren zweimal wöchent vorläufig, und die Nachfrage von Fluggästen ist groß, des hohen Preises von 200 $ für die etwa zehnstün Reise. Aber gegenüber einer Reise von 2½ Wochen mehr kann häufig diese an sich teuere Reise eine Ers nis bedeuten. Von außerordentlichem Wert ist der L postdienst. Es besteht die Absicht, den Luftverkehr e falls noch weiter auszubauen, u. a. ist für die nächste eine Verbindung mit Panama in Aussicht genommen.

[M 57

Die Möglichkeit der Weltraumfahrt

Prof. Oberth, Mediasch (Rumänien), Verfasser Buches „Die Rakete zu den Planetenräumen“, München 1 hat in einer weiteren Zuschrift neben mehreren schon dieser Zeitschrift Bd. 71 (1927) S. 1128 besprochenen Fra die Verwendung von ineinandergestellten Raketen, die n einander abgeworfen werden, sowie die Benutzung e geneigten Bahn behandelt. Das erste Verfahren läuft o sichtlich auf eine Vergrößerung des gesamten Massen hältnisses durch teilweise Mitnahme und Hebung wirku loser Raketenhüllen hinaus, während die geneigte B immer einen Umweg bedeutet, der niemals mit ei Energiegewinn, also auch nicht mit Ersparnis, verbu sein kann.

Um weitere Mißverständnisse auszuschließen, beme ich, daß die von mir betonte Unausführbarkeit der Ra mit den errechneten Massenverhältnissen auf wirtsch lichen und konstruktiven Erwägungen beruht, die je Ingenieur ohne weiteres einleuchten.

[N 74

Danzig H. Loren

RUNDSCHAU

Aus dem Ausland

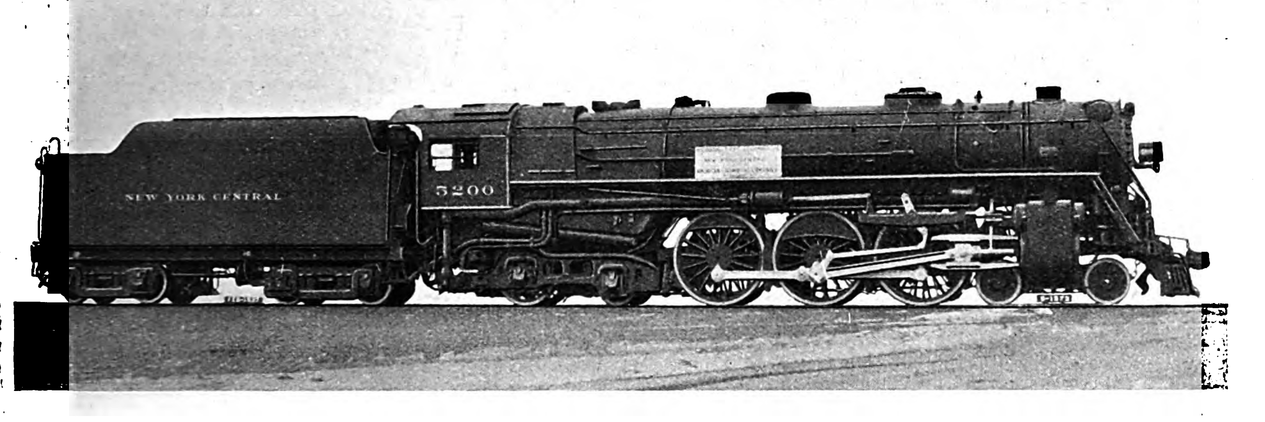


Abb. 1
2 C 2-Schnellzuglokomotive, erbaut von der American Locomotive Co. für die New York Central-Bahn

Hauptabmessungen:

Zyl.-Dmr. und Hub	635/711/2 007 mm
Achsstand der gekuppelten Achsen	4 267 „
„ „ Lokomotive	12 293 „
„ von Lokomotive und Tender	23 203 „
Rostfläche 3302 × 2293 mm =	7,6 m²
Dampfdruck	15,7 at
wb. Heizfläche Feuerbüchse	23,6 m²
„ „ Wasserrohre	3,3 „
„ „ Heizrohre	390,5 „
„ „ Ueberhitzer	182,6 „
insgesamt	600,0 m²

Heizrohre: 201 Stück, Dmr. 89 mm und 37 „ „ 57 „	Länge 6248 mm
Achsdruck des vorderen Drehgestells	28,8 t
„ der Treibräder	82,6 „
„ des hinteren Drehgestells	44,2 „
Dienstgewicht	155,6 „
Tender: Wasser	37,9 m³
Kohle	17,0 t

Eisenbahnwesen

Amerikanische Lokomotivtype „Hudson"

Am 14. Februar 1927 brachte die American Locomotive Co. die erste Schnellzuglokomotive der Achsanordnung 2 C 2[1]) zur Ablieferung, und zwar an die New York Central-Bahn, Abb. 1. Nach amerikanischem Gebrauch wurde für Lokomotiven dieser Achsanordnung eine neue, feste Bezeichnung, und zwar hier „Hudsontype", geprägt. Die Lokomotive fährt im Schnellzugdienst dieser Bahn die bekannten Schnellzüge Empire State Expreß, Twentieth Century Limited usw., die bisher mit 2 C 1-Lokomotiven, häufig in mehreren Teilen, gefahren werden mußten.

Zum schnelleren Anfahren ist die letzte Achse des hinteren Drehgestells mit Zusatzmaschine versehen, die die Zugkraft von 18 270 kg auf 23 214 kg vermehrt. Besonders bemerkenswert ist, daß dieses Drehgestell, dessen Rahmen von der Commonwealth Steel Co. in einem Stück gegossen ist, ähnlich wie bei den 1 D 2-Güterzuglokomotiven der Lima Locomotive Works[2]) als selbständiges Fahrzeug zwischen dem vor der Feuerbüchse endenden Hauptrahmen der Lokomotive und dem Tender eingeschaltet ist. Es übernimmt also die Zugkraft der Lokomotive und leitet sie an den Tender weiter.

Auf das Drehgestell stützt sich die Feuerbüchse, doch ist die Abfederung wie bei dem einachsigen Commonwealth-Delta-Gestell mit den nächsten zwei gekuppelten Achsen durch Ausgleichhebel verbunden.

Die Achsschenkel der Treibachse sind 356 mm lang bei 292 mm Dmr., sie sind mit Rücksicht auf den hohen Kolbendruck mit seitlichen, unter Achsmitte liegenden zusätzlichen Lagerschalen versehen.

Von der Ausrüstung seien der Kleinrohrüberhitzer mit 182 Rohren und der Speisewasservorwärmer, Bauart Elesco, erwähnt. Alle Dampfrohre und Ventile sind möglichst aus dem Führerhaus hinaus in einen besonderen Aufbau verlegt.

Angenehm berührt das Bestreben nach tunlichst gutem Aussehen durch möglichst starke Verminderung der Sichtbarkeit der äußeren Leitungen und Züge und ihre geradlinige Anordnung, dort, wo kein Verstecken möglich war.

[M 350] M.

[1]) Vergl. „Organ" für die Fortschritte des Eisenbahnwesens" Bd. 81 (1926) S. 48.
[2]) „Railway Age" Bd. 77 (1927) S. 523.

Amerikanische Hochdrucklokomotive

Im Anschluß an die Mitteilung Bd. 70, S. 1331, bringen wir in Abb. 2 die 1924 von der American Locomotive Co. nach den Entwürfen von Muhlfeld für die Delaware-

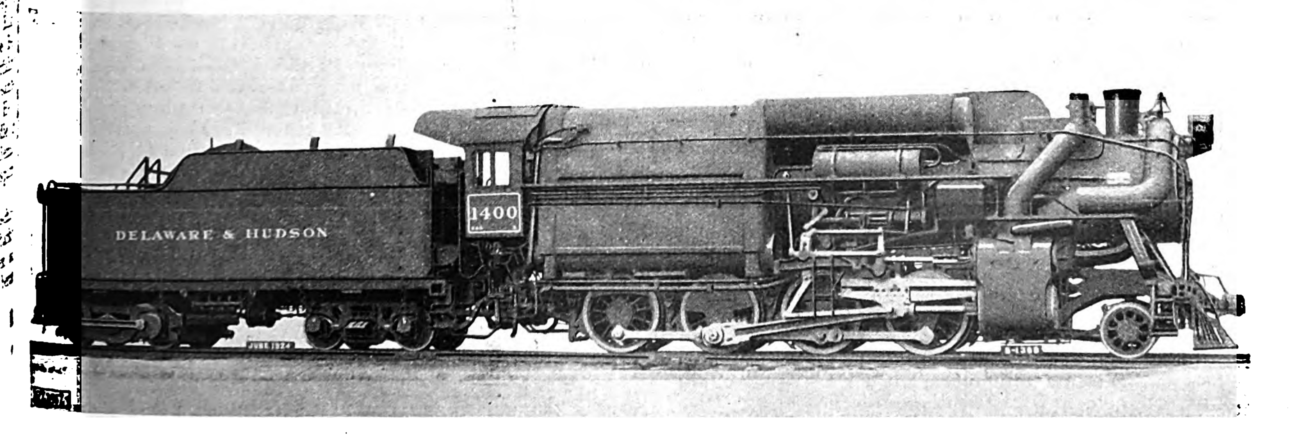


Abb. 2
Hochdruck-Lokomotive der Delaware-Hudson-Bahn

Hudson-Bahn gebaute 1 D-Hochdrucklokomotive für 24,6 at, „Horatio Allan"[1]).

Infolge der günstigen Ergebnisse dieser Lokomotive hat die Bahn eine weitere ähnliche Lokomotive, aber für 28,1 at, „John B. Jervis", in Dienst genommen, die ebenfalls nach den Entwürfen von Muhlfeld von der American Locomotive Co. gebaut ist. Gegenüber der ersten Ausführung sind lediglich geringe Abänderungen vorgenommen worden; die Rostfläche wurde von 6,64 auf 7,62 m² und die Länge der Heizrohre von 3525 auf 3886 mm vergrößert. Die gesamte Verdampfheizfläche blieb infolge andrer Rohrteilung gleich, nämlich 297 m², während die Überhitzerheizfläche von 53,8 auf 65 m² erhöht wurde. Ferner wurde der Durchmesser der Zylinder, entsprechend dem höheren Dampfdruck, von 598 auf 565 und von 1041 auf 965 mm verkleinert.

Dabei war es möglich, das Dienstgewicht von 158 auf 152,6 t herabzusetzen. Bemerkenswert ist es, daß sich Muhlfeld für die Anordnung des Blasrohres und des Schornsteins die neuesten Ausführungen der Deutschen Reichsbahn mit tiefliegendem Blasrohr und weitem Schornstein zum Vorbild genommen hat.

Der Tender dieser Lokomotive wurde zum Durchfahren längerer Strecken sechsachsig ausgeführt, wobei das hintere Drehgestell wiederum eine auf zwei Achsen wirkende Antriebsmaschine nach Bauart der Bethlehem Steel Works trägt.

Inzwischen ist auch die an gleicher Stelle erwähnte 2 E 1 - Dreizylinder-Hochdrucklokomotive von Baldwin auf der Prüfanlage der Pennsylvaniabahn Versuchen unterzogen worden. Auffällig ist bei diesen Versuchen die geringe Schwankung des Wasser- und Kohlenverbrauches bei den verschiedenen Betriebslagen.

Der Wasserverbrauch schwankte für Füllungen zwischen 50 und 80 vH im H.D.-Zyl. und Geschwindigkeiten von 24 bis 48 km/h nur zwischen 6,45 und 6,90 kg/PS_i h und geht erst bei 90 vH Füllung und 24 km/h auf 7,4 kg/PS_i h. Der Wert von 6,45 kg ist der niedrigste, der bisher überhaupt auf der Prüfanlage der Pennsylvaniabahn erreicht worden ist. Der Kohlenverbrauch liegt im Mittel etwa bei 1,15, steigt aber bei 3600 PS am Zughaken auf 1,48 kg/PS_i h.

Neuartig ist, daß man bei den Versuchen wohl mit großer H.D.-Zyl.-Füllung, aber mit kleinen N.D.-Zyl.-Füllungen arbeitete. Das Zylinderraumverhältnis beträgt 1 : 2. Die Füllungsverhältnisse schwanken von 50 bis 80 und 90 vH im H.D.-Zyl. zu 20 bis 50 und 70 vH im N. D.-Zyl.

Bei $n = 120$ entsprechend $v = 24$ bis 36 km/h war die Arbeitsverteilung in allen drei Zylindern ziemlich gleich, mit zunehmender Umdrehungszahl nimmt aber die Arbeit des H.D.-Zyl. dann schnell ab, so daß z. B. bei $n = 200$ entsprechend $v = 60$ km/h und 60 bzw. 30 vH Füllung der H.D.-Zyl. nur noch etwa $^1/_{10}$ so viel leistete wie ein N.D.-Zyl. Doch war auch unter diesen Bedingungen der Dampfverbrauch mit 7 kg/PS_i h noch günstig. [M 395] M.

[1]) „Railway Age" Bd. 72 (1927) S. 975. „Railway and Locomotiv-Engineering" Bd. 40 (1927) S. 33 u. 63.

Dieselelektrische Verschiebelokomotiven

Nachdem sich die 55 t schwere, als 60 t-Lokomotive bezeichnete, 300 PS leistende dieselelektrische Lokomotive der General Electric Co. in größerer Zahl bei verschiedenen Bahnverwaltungen in Amerika gut bewährt hat, hat die Long Island Railroad eine solche 600 PS leistende Lokomotive für den Verschiebedienst eingestellt.[1]).

Diese Lokomotive hat zwei sechszylindrige Motoren der Ingersoll Rand Co. von 300 PS bei 600 Uml./min, 254 mm Zyl.-Dmr. und 305 mm Hub. Der Brennstoffverbrauch soll etwa 195 g/PS_e h betragen. Die Öl- und Kühlpumpe sowie der Anlaßverdichter sind mit dem Hauptmotor unmittelbar gekuppelt. Die Druckluft zum Anlassen der Dieselmotoren wird in drei Behältern aufgespeichert. Der Rohrkühler ist auf dem Lokomotivdach untergebracht und hat etwa 223 m² Kühlfläche.

Die beiden Motoren sind je mit einer sechspoligen Gleichstromdynamo gekuppelt. Diese Stromerzeuger haben Ausgleich- und Gegenverbundwicklung, die die Erregung durch den Ankerstrom beeinflußt, so daß Dynamospannung und Motorzugkraft annähernd umgekehrt verhältnisgleich sind. Den Erregerstrom liefert eine besondere Maschine, die unmittelbar mit dem Stromerzeuger gekuppelt ist und von einer 23 V-Batterie bei kleineren Drehzahlen erregt und bei großer Drehzahl auf Selbsterregung geschaltet wird.

Die vier Tatzenlagermotoren mit der Übersetzung 70 : 16 sind in den beiden Drehgestellen untergebracht. Die Leistung wird vollkommen selbsttätig durch Brennstoffzufuhr und mit Hilfe der Gegenerregung des Stromerzeugers ge-

[1]) „The Railway Engineer" Bd. 47 (1926) S. 393.

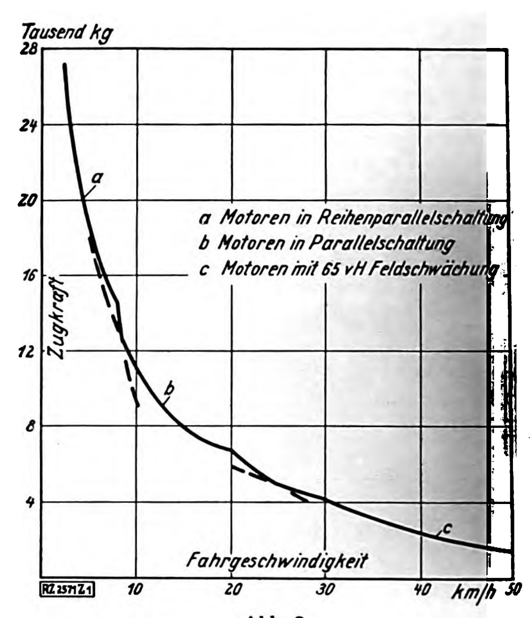


Abb. 3
Zugkraft-Schaulinie der dieselelektrischen Lokomotive

regelt. Zur besseren Belastung und Hebung des Wirkungsgrades des Stromerzeugers werden die Motoren in Reihe parallelschaltung und in reiner Parallelschaltung sowie fi höhere Geschwindigkeiten mit Feldschwächung auf 65 v betrieben. Die so erreichte Zugkraft geht aus Abb. 3 he vor. Die Lokomotive wiegt 90 t bei rd. 23 t Achsdruc Die Hauptabmessungen betragen: Länge über die Puff 14 m, Gesamthöhe 4,2 m, Gesamtbreite 3,2 m, Radsta 1440 mm. [M 2571]

Berlin. Süberkrüb.

Lokomotivdauerfahrten

Es ist noch nicht so lange her, da wurde in jeder Lok motive ein sorgfältig zu behandelndes Einzelwesen gesch Jede Lokomotive hatte ihre bestimmte Mannschaft, sie w nur in Betrieb, wenn die Mannschaft Dienst hatte, und von einer Lokomotive hintereinander zurückzulegen Strecke war infolgedessen recht beschränkt. Das hat si mit der Zeit geändert. Was in Amerika schon lange lich war und sich dort bewährt hatte, wurde auch in Eur allmählich Erfordernis, und die stärkere Ausnutzung Lokomotiven mit mehrfachem Mannschaftswechsel ist je selbstverständlich. Weitere Erhöhungen der Wirtschaftli keit sind durch Verringerung des Lokomotivwechsels vo Zuge erreichbar, so daß längere Strecken, die im Schnel zugdienst vorkommen, mit einer einzigen Lokomotive dur fahren werden.

Im allgemeinen ist bei Kohlenfeuerung die V schlackung des Feuers zu groß, weswegen die läng Strecken mit ölgefeuerten Lokomotiven gefahren werd Hier ist die Southern Pacific führend, die zwischen Angeles in Kalifornien und El Paso in Texas auf e Entfernung auf der einen Linie von über 1300 km und nahe 1450 km auf einer zweiten, die einen kleinen Um macht, fünf Schnellzüge täglich in beiden Richtungen fä die die ganze Strecke ohne Lokomotivwechsel zurückleg Man muß bedenken, daß diese Strecke beinahe der E fernung Berlin – Rom entspricht, oder der Entfern Berlin – Bordeaux über Paris.

Den Dienst versehen 25 Lokomotiven der sogenann „Mountain"-Bauart[1]) mit der Achsanordnung 2 D 1, wo die Hinterachse noch mit einer Zusatzdampfmaschine, d drüben immer mehr aufkommenden Booster, versehen Die Lokomotiven haben eine Zugkraft von mehr 30 000 kg. Bei der früheren Betriebsform mit häufige Lokomotivwechsel würden 50 Lokomotiven nötig wesen sein.

Öl wird nur an vier Stellen unterwegs nachgefü Wasser häufiger, obwohl die neuen Tender rd. 60 m³ Was fassen. Die längste ohne Aufenthalt zurückgelegte Stre beträgt deshalb auch nur etwa 260 km. Bei uns in Deuts land sind ohne Aufenthalt zurückgelegte Strecken erh lich länger, obwohl unsre größten Tender nur 30,5 neuerdings 32 m³ Wasser fassen[2]).

In einem Vortrag vor der International Railway F Convention in Chikago im Mai d. J. wurde berichtet,

[1]) Vergl. a. Z. Bd. 70 (1926) S. 1745.
[2]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 1725.



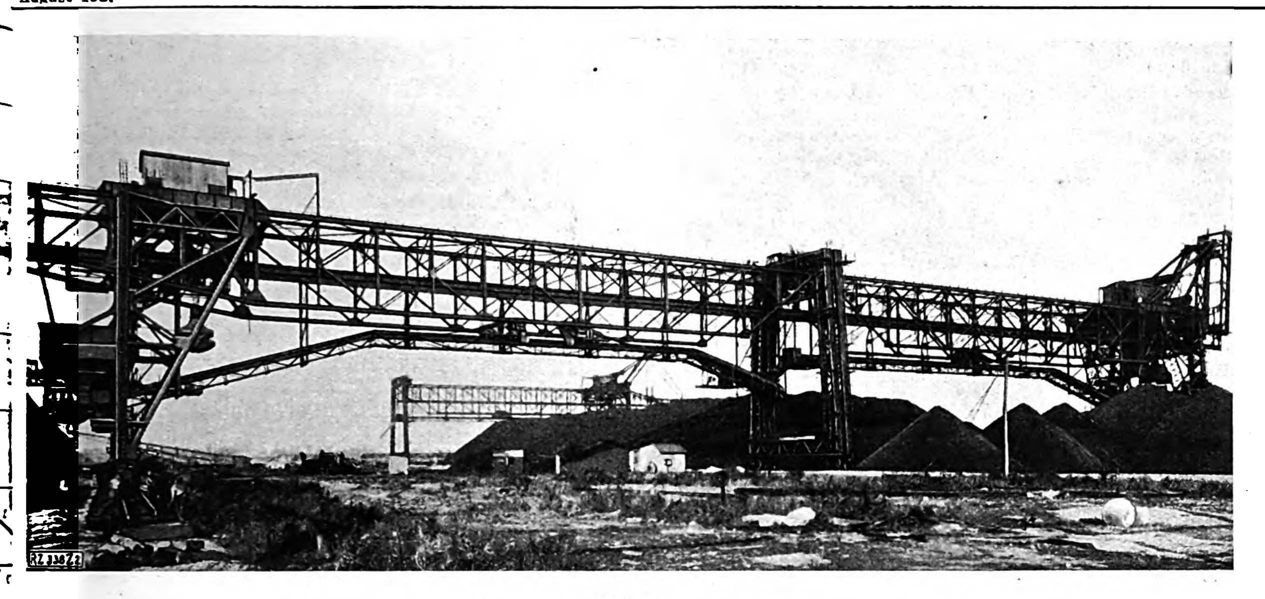


Abb. 5
Kohlenverladebrücke für je 700 t/h Umschlagleistung der Consolidated Gas Co.

h die Ersparnisse lediglich durch die geringere Zahl notwendigen Lokomotiven auf 2 400 000 ℳ belaufen, zu noch monatliche Ersparnisse an Kosten für Lokotivschuppen, Anheizen und unter Dampf halten von 45 000 ℳ kommen und wobei außerdem noch die Ausserkosten je Lokomotivkilometer sich um 16 vH verndern. („Railway Age" Bd. 83 (1927), S. 88.) [N 700]
Berlin. Jacobsohn.

Förderanlagen

Neue amerikanische Verladebrücken

Im Sommer 1926 sind für die Consolidated Gas Co., nts Point bei New York, umfangreiche Kohlenumschlagagen in Betrieb genommen worden, die hinsichtlich der sammenstellung der einzelnen Förderteile und durch die ßen Abmessungen der Verladebrücken hervorragen.

In den Vereinigten Staaten werden die Förderbänder steigendem Maße bevorzugt, während man von der Anndung der Pendelbecherwerke mehr und mehr abkommt. ch für die Kohlenumschlaganlagen des genannten New rker Gaswerkes hat man Förderbänder ausgiebig verndet. Die Gesamtlänge aller auf diesem Werke vorhanden Bänder beträgt für den ersten Ausbau bereits etwa 00 m, die Bandbreiten schwanken zwischen 1,2 m und 1,6 m.

Den beachtenswertesten Teil der maschinellen Einrichgen bilden jedoch die drei ungewöhnlich schweren Verlebrücken, deren Einzelgewicht mit etwa 1100 t angegeben rd. Die beiden wasserseitigen Brücken *a* und *b*, Abb. 4, d mit aufklappbaren Auslegern von je etwa 20 m Länge gestattet, während die landseitige Brücke *c* nur einen rzen rückwärtigen Ausleger hat, der die Überleitung des rdergutes auf das Band *d* zuläßt. Wahlweise kann nun ücke *c* mit einer der beiden Brücken *a* oder *b* so zu-

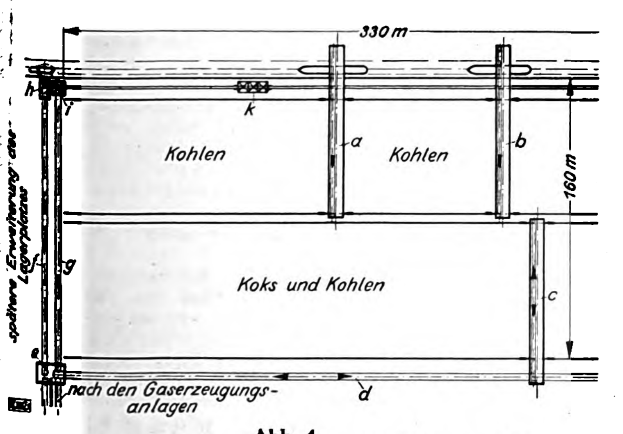


Abb. 4
Lageplan der Förderanlagen der Consolidated Gas Co. in Hunts Point bei New York

a, b wasserseitige Verladebrücken *c* landseitige Verladebrücke
d Förderband von *c* nach *e* *e* Verteilturm *f, g* Bänder zwischen und *k* oder *i* *h* Entladeturm *i* Kippergrube *k* Beschickwagen

sammengekuppelt werden, daß die Führerstandkatzen beliebig von einer Brücke auf die andre überfahren können, Abb. 5. Alle drei Brücken sind außerdem mit Förderbändern von je etwa 1,2 m Breite versehen, die seitlich der Brückenachse in der Eisenkonstruktion eingebaut sind und die Förderleistung der Brücken wesentlich steigern. Die Führerstandkatzen haben schwenkbare Greiferwindwerke, die Greifer fassen etwa 7 m³.

In Verbindung mit den Brücken arbeitet ein parallel zur Kaimauer im Abstande von 165 m laufendes Förderband *d* von etwa 300 m Länge und 1,6 m Breite, das von der Brücke *c* gespeist wird und im Verteilturm *e* endigt. Zwei weitere Bänder *f* und *g* von je 1,6 m Breite laufen senkrecht zur Kaimauer ebenfalls nach oder von dem Turm *e*, und zwar ist das Band *f* von etwa 163 m Länge für Koksförderung bestimmt und trägt an der Wasserseite im Turm *h* eine Überladevorrichtung. Das Band *g* verläuft dicht neben dem Bande *f*, ist etwa gleich lang und fördert vorzugsweise Kohlen von der Kippergrube *i*, die von dem längs der Kaimauer laufenden Beschickwagen *k* gefüllt wird.

Der Kohlenstapelplatz selbst ist 330 m lang und 160 m breit und kann beim später vorgesehenen Erweiterungsbau des Werkes noch beträchtlich vergrößert werden. Das Kohlenlager, das durch die Brücken *a* und *b* überspannt wird, befindet sich an der Wasserseite, während das Lager für Koks (in geringerem Umfang auch für Kohle) die landseitig liegende Fläche umfaßt und von der Brücke *c* bedient wird.

Beim Kohlenumschlag aus den Schiffen können die in Schiffen oder Leichtern ankommenden Kohlen auf der vorderen oder hinteren Lagerplatzfläche gestapelt werden. Der Greifer der Brücke *a* oder *b* wirft das Fördergut in einen Überladebunker, der im wasserseitigen Stützenfuß der Brücke eingebaut ist und sich etwa 12 m von der Kaimauer befindet. Ein kurzes Querband bringt die Kohlen auf das längs der Brücke laufende Hauptband, und der fahrbare Abwurfwagen stürzt die Kohlen an beliebiger Stelle des Lagerplatzes ab. Wenn die Brücke *c* mit einer der vorderen Brücken gekuppelt wird, so kann auch auf das Band der Brücke *c* übergeladen und auf dem hinteren Teile des Platzes gestapelt werden. Die Förderleistung der Brücken beträgt je etwa 700 t/h. Bei diesen Umschlagverfahren legen die Führerkatzen nur eine kurze Fahrstrecke von etwa 15 m zurück, während die Hauptförderstrecke den Bändern überlassen bleibt. Anderseits können auch die Führerkatzen die Kohlen aus den Schiffen nach dem vorderen oder hinteren Lagerplatz weiterbefördern, und zwar dann, wenn die Bänder vorübergehend nicht betriebsbereit sind. Die Leistung ist in diesem Falle naturgemäß geringer, immerhin ist durch diese Anordnung eine wirksame Betriebsaushilfe gewährleistet.

Für die Wiederaufnahme der Kohlen vom Lagerplatz ist der Beschickwagen *k* erforderlich, der auf dem an der Kaimauer hinführenden Gleise elektrisch verfahren wird. Die vom Lagerplatz durch den Greifer aufgenommenen Kohlen werden in einen Zwischenbunker in der wasserseitigen Brückenstütze abgeworfen und durch den elektrisch betätigten Verschluß, der vom Wagenführer bedient wird, in den Beschickwagen abgezogen. Wenn dieser Wagen über der Grube *i* angelangt ist, werden

mittels Druckluft die Bodenverschlüsse geöffnet. Das Fördergut wird von der Grube aus durch ein kurzes schräges Plattenband nach dem Hauptbande *g* übergeleitet und gelangt durch den Verteilturm *e* unter Vermittlung weiterer Bänder schließlich nach den Gaserzeugungsanlagen. In diesem Fall ist die Leistung mit 500 t/h begrenzt, da die Gasanlagen hinsichtlich ihrer Abmessungen für diese Zahl berechnet sind.

Will man Koks von der Gasanlage nach Leichtern oder Eisenbahnwagen fördern, so erhält das Band *f* vom Verteilturm *e* den Koks und fördert ihn nach dem Turm *h*. Hier wird der Koks auf ein schwenkbares 1,6 m breites Auslegerband übergeladen, das über die Kähne oder Eisenbahnwagen geschwenkt wird.

Das Band *d* ist umkehrbar und mit einer Abwurfvorrichtung ausgestattet, die für die Förderung zum Stapelplatz ein Überleiten des Kokses auf das Band der Brücke *c* gestattet. Auch dieses Band ist umkehrbar und mit zwei Abwurfwagen versehen, da es anderseits auch das von der Brücke *a* oder *b* erhaltene Gut in entgegengesetzter Richtung fördern und abwerfen muß. Der Koks wird im Bereiche der Brücke *c* gestapelt, die Leistung beträgt rd. 375 t/h.

Von dem Greifer der Brücke *c* wird der Koks, der vom Lagerplatz zur Gasanlage gefördert werden soll, in den in den hinteren Stützenfuß eingebauten Überladebunker abgeworfen. Durch ein schräges Plattenband wird der Koks unter Vermittlung einer Schüttelvorrichtung auf das Längsband *d* aufgegeben und von dort nach dem Verladeturm *e* gefördert, von dem aus er zu den Siebanlagen kommt. Die Förderleistung richtet sich hier nach der Siebgröße und beträgt etwa 140 t/h.

Auch das Rückverladen des Kokses vom Lager nach den Schuten oder Eisenbahnwagen geschieht auf dem Förderwege über die Türme *e* und *h* in ähnlicher Weise, wie bereits beschrieben. Die Leistung beträgt dabei etwa 375 t/h.

Damit die Anlage später erweitert werden kann, verlaufen die beiden Bänder *g* und *f* unter den vorderen und hinteren Brückenfahrbahnen, so daß auch bei Vergrößerung des Stapelplatzes die drei Brücken überall frei durchfahren können. Ebenso ist auch die Anordnung der übrigen Förderanlagen für einen späteren Ausbau der Gesamtanlage zugeschnitten.

Der Entwurf und die Ausführung der beschriebenen Förderanlagen stammt von der bekannten Kranbaufirma Brown-Hoisting in Cleveland, Ohio. [M 338]

Dresden-A. Dr.-Ing. W. Franke

Eisenhüttenwesen

Neue Walzwerkanlage der Wisconsin Steel Co.

In der neuen Walzwerkanlage der Wisconsin Steel Co., South Chicago, Ill.[1]), werden nicht nur T-Träger, U-Eisen Winkel-, Rund- und Quadrateisen, sondern auch Flacheisen, Bleche und Platinen gewalzt. Das Walzwerk ist in einem Gebäude von 277 m Länge untergebracht und besteht aus sieben Gerüsten, Abb. 6.

Die elektrische Einrichtung umfaßt einen Umformersatz mit Schwungrad, bestehend aus zwei 3000 kW-Gleichstrom-Stromerzeugern, die von einem 6500 PS-Wechselstrom-Motor von 2200 V angetrieben werden. Der eine Stromerzeuger treibt einen 3100 PS-Umkehrmotor für das Universalwalzwerk und das Walzgerüst 2 an. Der zweite liefert den Strom für drei 200 PS-Motoren mit veränderlicher Umdrehungszahl zum Antrieb der Gerüste 3 bis 7, und zwar haben die Gerüste 3 und 4, 5 und 6 und 7 je einen besonderen Motor. Die fünf Gerüste 3 bis 7 haben Walzen von 610 mm Dmr. und laufen mit 0 bis zu 200 Uml./min. Außerdem hat man noch einen 1000 kW-Umformer zur Lieferung von 250 V-Gleichstrom für die Hilfsmotoren und Krane aufgestellt.

Zum Anwärmen der Knüppel und Brammen dienen zwei Wärmöfen, und für einen dritten ist der Platz vorhanden. Jeder Ofen ist innen 17,07 m lang und 4,27 m breit und kann entweder mit Koksofengas oder Öl geheizt werden. Die aus dem Ofen ausgestoßenen Knüppel fallen auf einen Rollgang, der sie zu einer Teilschere mit Druckwasserantrieb bringt; von da gelangen sie mittels eines Schleppers zum Zuführungsrollgang des Universalgerüstes, das zwei Walzen von 685 mm Dmr. hat. Auf diesem Gerüst können Platinen in der Breite von 165 bis zu 760 mm gewalzt werden. Den Fertigstich erhalten die Platinen auf Gerüst 3, zu dem sie durch eine Schleppvorrichtung befördert werden.

Das Universalgerüst kann auch als Vorgerüst für große Träger oder für die ersten Stiche von Blechen von 165 bis zu 400 mm Breite benutzt werden, die in den übrigen

[1]) „The Iron Age" Bd. 119 (1927) S. 923.

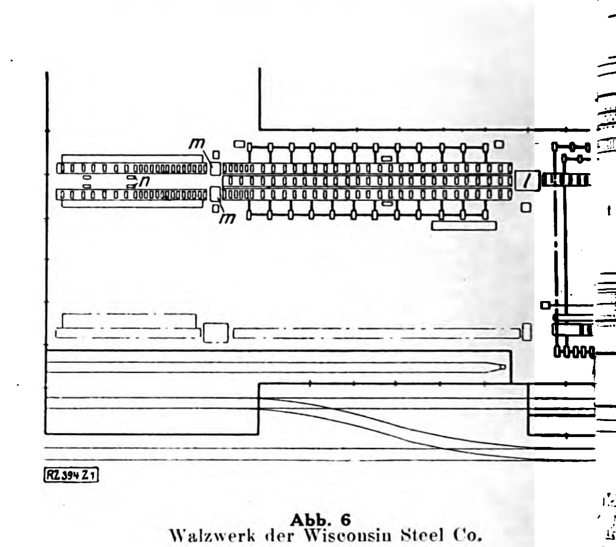


Abb. 6
Walzwerk der Wisconsin Steel Co.

Gerüsten fertig gewalzt werden. Das Universalgerüst b… in vollem Betrieb für die Herstellung von Platinen blei… während auf den Gerüsten 2 bis 7 Walzen gewechselt … den. Das Gerüst 2 hat zwei Walzen von 685 mm Dmr. … Auslaufrollgang des Gerüstes führt den Walzstab unmit… bar zum Gerüst 3, das drei Walzen von 610 mm Dmr. … von denen aber nur die beiden oberen angetrieben wer… während die untere Walze eine Schleppwalze ist, durch… die untere Walze des Gerüstes 4 angetrieben wird.

Der Walzstab, der im Gerüst 3 nur einen Stich emp… gen hat, wird auf den Zuführungsrollgang des Gerüste… gestoßen, das auch ein Duogerüst mit zwei 610 mm-Wa… ist. Die Oberwalze dieses Gerüstes wird durch die Mi… walze des Gerüstes 3 angetrieben. Der 2000 PS-Motor … diese Gerüste hat eine von 230 bis 460 Uml./min … änderliche Drehzahl. Auch im Gerüst 4 erhält der W… stab einen Stich, geht dann über einen leicht genei… Rollgang, der für das Walzen von Blechen eine Dreh… richtung hat, zum Gerüst 5 mit zwei Walzen von 610 … Dmr. und wird nach Verlassen dieses Gerüstes auf den … führungsrollgang des Gerüstes 6 mit drei Walzen gesto… Die Gerüste 5 und 6 stehen in Linie und werden auch … einem 2000 PS-Motor durch Zahnradübersetzung mit D… zahlen zwischen 230 und 460 Uml./min angetrieben.

Der Antrieb zwischen den Gerüsten 5 und 6 ist ähn… wie zwischen 3 und 4, mit der Ausnahme, daß in die… Fall die zwei unteren Walzen im Gerüst 6 zum Wa… dienen, während die Oberwalze von Gerüst 6 eine L… walze ist, die nur dazu dient, die Oberwalze von Gerü… anzutreiben. Die untere Walze von Gerüst 5 wird d… die Mittelwalze von Gerüst 6 angetrieben. Der Walz… läuft nach Verlassen dieses Gerüstes einen geneigten … gang hinauf zum Duogerüst 7 mit Walzen von 610 mm … Vor dem Gerüst ist eine Kantvorrichtung eingebaut, … dünne Bleche oder Flacheisen hochstellen zu können. A… dieses Gerüst wird von einem gleichen Motor wie oben … getrieben.

Durch Verwendung von Schleppern ist erreicht, daß … Rollgänge parallel zueinander verlaufen, und da die A… laufrollgänge der Gerüste 1, 3 und 7 auf derselben E… liegen, befinden sich auch die dazu gehörenden Warmbe… in einer Ebene, so daß alle Walzstäbe einem einzi… Scherenrollgang zugeführt werden können. In den R… gang sind Winkel- und Flacheisen-Richtmaschinen, die … liebig verstellt werden können, eingebaut. Hinter der let… Richtmaschine ist eine Schleppvorrichtung angeordnet, … die Walzstäbe auf zwei parallel zueinander liegende R… gänge abzieht, die sie zu den beiden Scheren bringt. … geschnittenen Enden fallen in ein Gerüst, das auf e… Wage steht. Aus dem Gerüst werden die Stäbe mit … Kran herausgehoben. [M 394]

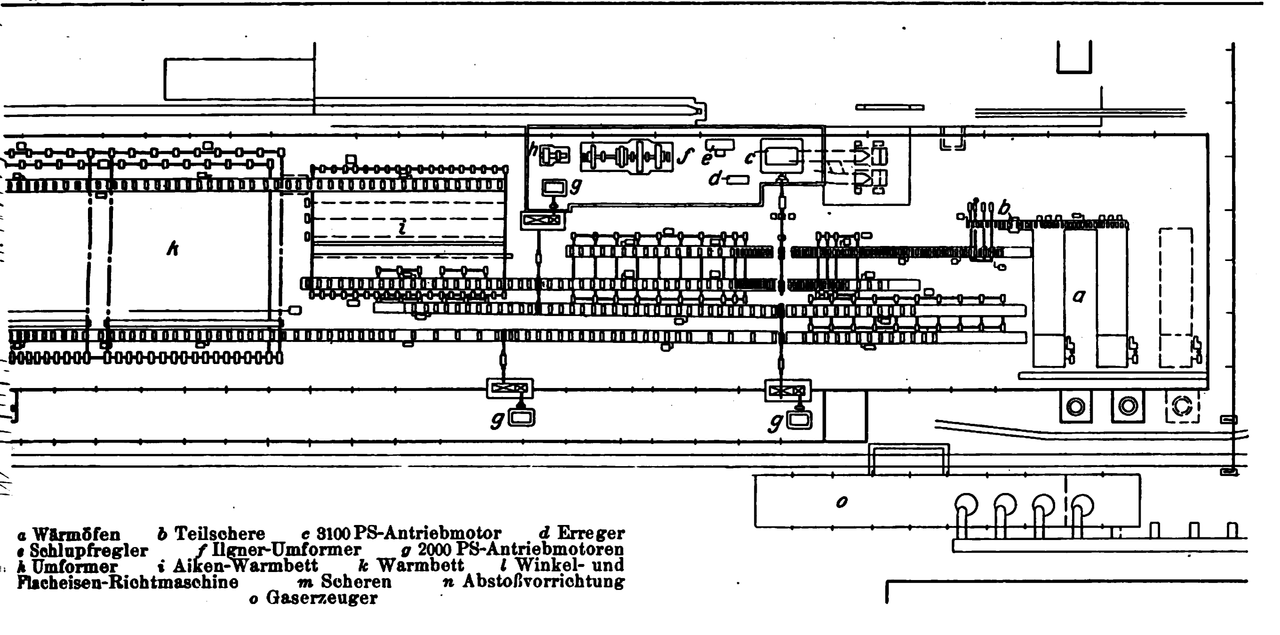
Amberg H. Illie…

Metallhüttenwesen

Das Coley-Verfahren zur Zinkdarstellung

Viel Beachtung findet neuerdings das Coley-Verfah… zur Zinkdarstellung. Besonders in England und in … Vereinigten Staaten kehren Berichte über das Verfah…





a Wärmöfen *b* Teilschere *c* 3100 PS-Antriebmotor *d* Erreger
e Schlupfregler *f* Ilgner-Umformer *g* 2000 PS-Antriebmotoren
h Umformer *i* Aiken-Warmbett *k* Warmbett *l* Winkel- und
Flacheisen-Richtmaschine *m* Scheren *n* Abstoßvorrichtung
o Gaserzeuger

en technischen Zeitschriften mehrfach wieder[1]). Den
chten kann man folgendes entnehmen:

Nach vierjährigen Vorversuchen ist der erste größere
en bei Stewarts und Lloyds, Halesowen bei Birming-
m, errichtet worden.

Das Roherz (Blende, Galmei oder sonstige zinkische
hstoffe oder Abfallstoffe) wird, auf 6,35 mm Maschen-
ite abgesiebt, in einen Vorerhitzer aufgegeben, in dem
getrocknet und teilweise abgeröstet wird. Aus diesem
langt es in den Hauptreaktionsraum, eine etwa 9 m
ge Röhre von annähernd ½ m Dmr. Durch Drehung
r schwach geneigt gelagerten Röhre wandert das Gut
rch die Röhre in etwa 3 h. Der Durchsatz beträgt rd.
t/h Roherz, d. h. 10 bis 12 t in 24 h.

Die Röhre besteht aus einer Sonderlegierung und
rd durch Generatorgas mittels Regenerativfeuerung
n a u ß e n beheizt. Die aufgegebenen Stoffe wandern
Innern der Röhre durch eine Oxydationszone und
e Reduktionszone. In der letzteren soll eine Tem-
ratur von 1000 ° bis 1100 °C herrschen. Bei Eintritt
die Reduktionszone soll die Beschickung völlig in
yd umgewandelt und in poröser Beschaffenheit vor-
nden sein.

Die Stoffe werden mittels flüssigen Kohlenwasser-
ffs reduziert, der am Reduktionsende des Ofens durch
Achse des Hauptrohres eingeführt wird. Der
hlenwasserstoff wird in k a l t e m Zustand mittels
er wassergekühlten Düse zugeführt, aus der er un-
ttelbar auf das erhitzte Oxyd gespritzt wird. Hier-
rch soll vorzeitige Zersetzung durch Kracken ver-
eden und ein Zerfall in die Elemente erst beim Zu-
mmentreffen mit dem Oxyd und in innigster Berüh-
ng mit diesem bewirkt werden.

Die Reduktionswirkung wird dem Kohlenstoff zu-
schrieben, der im Augenblick der Entstehung vor-
nden sein und daher besonders energisch wirken soll.
raus soll es sich auch erklären, warum die Reduk-
n sich bereits bei 1100 ° abspielt. Im Versuchsofen
ll die höchste Reaktionswirkung schon bei 1000 ° er-
cht worden sein.

Die Zinkdämpfe werden in einem wassergekühlten
ndensator niedergeschlagen. Der feste Rückstand wird
Ende der Röhre fortlaufend ausgetragen und ist zur
iterverarbeitung auf Blei, Silber und andere Metalle
ignet.

Als Vorteile des Verfahrens werden geltend gemacht:
laufender Betrieb, Steigerung der Ausbeute, Minder-
darf an Arbeitskräften, Verminderung der Brennstoff-
sten, leichte Verwertbarkeit der Rückstände und Weg-
ll der Retorte. Das Verfahren soll sich auch beson-
rs zur Verarbeitung armer Erze (z. B. von Blende mit
vH Zn und weniger) eignen. Die Ausbeute soll aus
icheren Erzen 95 bis 98 vH, aus ärmeren Erzen 90
95 vH betragen (Angaben von Stewarts und Lloyds).
e Kosten eines Ofens für 10 t Tagesdurchsatz werden
5000 £ gegenüber 20 000 £ unter gegenwärtigen Ver-
hüttungsbedingungen, die reinen Verhüttungskosten (ohne
Erzkosten) zu 5 £/t Rohzink, d. h. etwa ein Drittel der
sonst üblichen, angegeben.

Die Durchführbarkeit des Coley-Verfahrens im prak-
tischen Großbetrieb hängt zunächst entscheidend von der
Sonderlegierung ab, aus der die Reaktionsröhre bestehen
soll. Der Werkstoff muß bei 1200 bis 1300 ° Außen-
temperatur gegen die Feuergase unempfindlich sein und bei
dieser Temperatur noch die vorgeschriebene Festigkeit haben,
um das Eigengewicht und den Rohstoffinhalt ohne Form-
änderung zu tragen. Er muß ferner bei 1100 ° Innentem-
peratur der Röhre gegen die Einwirkung von Metall-
dämpfen, Kohlenstoff, Wasserstoff, Wasserdampf, SO_2- und
CO_2-Gasen und Schlacken aller Art unempfindlich sein.
Die Erfindung einer solchen Legierung wäre ein metallur-
gischer Fortschritt von umwälzender Bedeutung, in Son-
derheit für viele Verfahren, die sich heute in Muffeln und
Retorten abspielen. Ob die Sonderlegierung den Anfor-
derungen entspricht, bleibt abzuwarten.

Was die chemisch-metallurgische Seite des Verfahrens
anlangt, so hat die nacheinander erfolgende Oxydation und
Reduktion innerhalb desselben röhrenförmigen Gefäßes den
Nachteil, daß die Verbrennungsluft, deren der Röstvorgang
bedarf, sowie die Gase, die in der Oxydationszone ent-
stehen, — vornehmlich Wasserdampf, Kohlensäure und SO_2-
Gase — durch die Reduktionszone streichen müssen. Um
in dieser die zur möglichst vollständigen Reduktion er-
forderliche Konzentration an CO zu erreichen, wird in-
folgedessen mit einem hohen Überschuß an Reduktions-
stoff gearbeitet werden müssen. Hierdurch wird die Not-
wendigkeit zur Anordnung des Vorerhitzers begründet
sein, indem anzunehmen ist, daß die Gase aus dem Vor-
erhitzer besonders abgeführt werden und nicht durch die
Hauptröhre streichen. Im Vorerhitzer tritt außer der Ab-
trocknung auch eine teilweise Abröstung der Blende ein.
Da die Abröstung aber nur teilweise erfolgt, so dürfte die
Verdünnung der SO_2-Gase in den Abgasen des Vorerhitzers
so groß sein, daß ihre Weiterverarbeitung nicht in Frage
kommen wird.

Der Kernpunkt des Verfahrens ist die Durchführung
des Reduktionsvorganges durch Bespritzen des erhitzten
Oxyds mit kaltem, flüssigem Kohlenwasserstoff. Es mag
fraglich erscheinen, ob hierbei der Kohlenstoff wirklich in
atomistischer Feinheit und nicht vielmehr in mehr oder
weniger rußartiger Beschaffenheit auftritt. Immerhin läßt
sich durch Laboratoriumversuche nachweisen, daß mittels
des flüssigen Kohlenwasserstoffs in der beschriebenen An-
wendung tatsächlich eine stark reduzierende Wirkung aus-
geübt werden kann.

In den englischen Mitteilungen bleibt jedoch uner-
örtert, welche Rolle der gleichzeitig mit dem Kohlenstoff
entstehende Wasserstoff spielt. Wahrscheinlich wirkt auch
der Wasserstoff stark reduzierend auf das Zinkoxyd. Es
bleibt jedoch zu bedenken, daß das hierbei entstehende
H_2O auf den gebildeten Zinkdampf oxydierend einwirken
muß. Im gleichen Sinne wirkt der Umstand, daß durch
die Reduktion von ZnO durch C neben CO CO_2 entsteht,
das bei Mangel an Kohlenstoff nicht wieder zu CO redu-
ziert werden kann und nun seinerseits oxydierend auf den

[1]) Auszüge in „Metall und Erz" z. B. Bd. 23 (1926) S. 447, Bd. 24 (1927)

Zinkdampf einwirkt. Als Enderzeugnis des Coley-Verfahrens kann demnach nicht metallisches Zink, sondern bestenfalls nur Zinkstaub erwartet werden.

Es wird ferner wohl damit gerechnet werden müssen, daß das im Verfahren gewonnene Erzeugnis nicht nur durch Flugstaub, sondern auch durch Ruß und ölige Bestandteile verunreinigt ist. Jedenfalls ist aus den Beschreibungen in keiner Weise zu ersehen, wie die Herstellung eines reinen Enderzeugnisses mit den beschriebenen Einrichtungen erreicht werden soll.

Immerhin läßt sich trotz der sehr dürftigen Angaben feststellen, daß das Verfahren zwar noch in vielen Beziehungen ausbaubedürftig ist, aber doch grundsätzlich entwicklungsfähig scheint und jedenfalls einen Fortschritt in der Richtung auf ein ununterbrochenes Zinkerzeugungsverfahren bedeutet.

Es ist wahrscheinlich, daß dieses weitgehend mechanisierte und fortlaufend arbeitende Verfahren einen verhältnismäßig geringen Aufwand an Bedienung bedingt. Auch ein verhältnismäßig hohes Zinkausbringen mag nicht unwahrscheinlich sein. Da ferner das ga Verfahren (Röstung und Reduzierung) sich in ein Hitze abspielt, so wird auch der Brennstoffaufwand, die Einheit des gewonnenen Zinks bezogen, günstiger lieg als beim Muffelverfahren. Dafür dürften jedoch die Kos für Reduktionsstoffe, wenn ein erträgliches Ausbringen reicht werden soll, erheblich sein.

In der Hauptsache bleibt aber zu bedenken, daß Endergebnis des Coley-Verfahrens nicht Feinzink o Rohzink, sondern Zinkstaub, von vielleicht nicht ein sehr hoher Reinheit ist, so daß die in den englisc Quellen angegebenen Zahlen für Anlage- und Betriebskos mit dem Muffelverfahren, bei dem Rohzink erzeugt w nicht ohne weiteres verglichen werden können. Aus gleichen Grunde scheint auch die von englischer S an das Coley-Verfahren geknüpfte Erwartung, „daß sich davon in Kürze eine vollständige Unabhängigkeit Zinkbezuge vom Ausland versprechen könne“, zur Zeit unbegründet. [N 645]

Keltsch (Oberschlesien) Bergrat Kurt Sei

Kleine Mitteilungen

Schwimmdock von 25 000 t

In der ersten Hälfte August d. J. haben vier Schlepper das als Kriegsentschädigungslieferung durch die Deutsche Schiff- und Maschinenbau-Aktiengesellschaft, Werk Hamburg, erbaute Dock nach Bordeaux übergeführt.

Das Dock ist zum Selbstdocken nach dem Entwurf der Dockbaugesellschaft G. m. b. H., Hamburg, gebaut. Seine Länge über alles beträgt 220 m. Die Pontons sind 206,08 m lang, 42,34 m breit und 4,71 m hoch. Die lichte Weite zwischen den Seitenkästen beträgt 34 m, der größte Tiefgang der zu dockenden Schiffe 8,8 m.

Den für den Betrieb erforderlichen Strom liefern vier im Dock aufgestellte Dieseldynamos von je 260 PS_e. Bemerkenswert sind die Kielstapel und Kimmpallen, die vollständig elektrisch geschweißt sind. Eine ausführliche Veröffentlichung wird demnächst in dieser Zeitschrift erscheinen. [N 749 a] Ls.

Kragträgerbrücke über den St. Lorenz-Strom

Die gegenwärtig im Bau befindliche Brücke über den Hafen von Montreal hat eine Hauptöffnung von 335 m mit zwei überkragenden Öffnungen von je 128 m Spannweite. Die lichte Höhe der mittleren Öffnung über Hochwasser beträgt rd. 49 m. Die Gesamtlänge der Brücke einschließlich 24 kleinen Öffnungen am linken und 16 kleinen Öffnungen am rechten Ufer wird rd. 3,1 km betragen. Neben einem mittleren Fahrweg von 11,4 m Breite faßt die Brücke noch zu beiden Seiten des Fahrweges je ein Eisenbahngleis und außen überhängend je einen Fußweg.

Als Baustoff für die Hauptöffnung wurde Siliziumstahl verwendet. Der gesamte zum Bau erforderliche Stahl wiegt 30 000 t, wovon etwa die Hälfte auf die Hauptöffnung entfällt. („Engineering News-Rec.“ 28. Juli 1927 S. 150*) [N 749 b] Sd.

Schwere Heißdampflokomotiven für Meterspur

Die Lokomotivfabrik Robert Stephenson & Co., Darlington, hat kürzlich sechs 1 D 1-Heißdampflokomotiven für die Kienja- und Ugandabahnen in Afrika gebaut, die auf einer Meterspurstrecke mit 1 : 50 größter Steigung bei einem kleinsten Gleishalbmesser von 99 m laufen sollen. Die Lokomotiven sollen die schwersten dieser Art für Meterspur sein; sie haben die normale Zweizylinder-Bauart mit 540 mm Zyl.-Dmr. und 710 mm Kolbenhub. Der Dampf wird durch Kolbenschieber von 254 mm Dmr. und 155 mm Hub verteilt, die durch Heusinger-Steuerung betätigt werden. Die Zylinder sind außerdem mit Druckausgleichventilen, Bauart Hendrie, ausgerüstet.

Die Lokomotive ist für Ölfeuerung eingerichtet, die aber auf Wunsch in Kohlenfeuerung umgebaut werden kann. Die Federn liegen über dem Barrenrahmen und sind durch Ausgleichhebel verbunden. Die elektrische Beleuchtung wird nach dem System Pyle National von einer Turbodynamo gespeist. Der Schlepptender läuft auf zwei zweiachsigen Drehgestellen und trägt einen abnehmbaren Ölbehälter, so daß er nach Bedarf auch Steinkohle aufnehmen kann. Die Länge von Lokomotive und Tender über die Puffer beträgt 22 110 mm, das Dienstgewicht rd. 155 t, gesamte Radstand 18 600 mm. Der Kesseldruck be 12,7 at. („Engineering“ 12. August 1927 S. 199*) [N 749 c] K.

Betriebstörungen in Kraftanlagen

Der diesjährige Bericht der British Engine, Boiler Electrical Insurance Co. enthält eine große Anzahl fü Praxis sehr wichtiger Beobachtungen über Masch schäden im Betrieb. Die im Betrieb auftretenden Sc lassen sich zurückführen auf vier Ursachen: Ungeei Baustoffe, fehlerhafte Bearbeitung der Baustoffe, unz mäßige Bauart sowie unzulässige Beanspruchung fehlerhafte Behandlung im Betrieb. Die letzte Ursach namentlich in kleinen Betrieben ohne genügende I sichtigung der Bedienung, bei weitem am häufigste sind z. B. zahlreiche ernste Störungen bei Rohrleit und Wärmekraftmaschinen durch Wasserschläge beob worden, ebenso durch zu hohe Dampftemperaturen eisen wird oft mit hochüberhitztem Dampf in Berü gebracht) und Drücke. Bei Kesseln sind ernste B digungen und Explosionen oft die Folgen schlechter S wasserverhältnisse und ungenügender Reinigung der flächen von Flugasche und Kesselstein. Zahlreiche, licherweise wegen des kleinen Wasserinhalts meist zi harmlose Explosionen entstehen auch bei den Backöf die Perkinsrohre oft ungereinigtes Wasser enthalte bei den sehr hohen Drücken und Temperaturen der Kesselsteinbildung ungleichmäßigen und hohen sprüchungen ausgesetzt sind. („Engineering“ 12. 1927 S. 208) [N 749 d]

Gußeisen mit flüssigem Roheisenzu

Das Gußeisen für die Zylindergußstücke der Ford wagen besteht aus einer Mischung von 50 bis 60 vH eisen aus dem Hochofen und 40 bis 50 vH Gußeis dem Kuppelofen. Die beiden flüssigen Eisensorten in einem Mischer normaler Bauart gemischt. In Gie nenwagen wird das Gemisch 20 t-Elektroöfen zugefü denen die Temperatur der Schmelze von rd. 1100 ° rd. 1500 °C gesteigert wird. Das so erzeugte Gu enthält 1,8 vH Silizium und 0,06 bis 0,08 vH Sc („The Engineer“ 12. August 1927 S. 176) [N 749 e]

Antitrustbewegung in Amerika

Die Vereinigten Staaten von Amerika, „das Volk der Welt“, überwachen mehr als irgendein Land (wenn man heute von Rußland absieht) die schaftliche Freiheit des einzelnen im Interesse des G wohles. Daher hat in ihnen auch die Anti-Trustbewegu men angenommen, die uns zum Teil unglaublich ersc

Augenblicklich beschäftigt die amerikanischen G besonders die Frage der Beziehungen zwischen der Staates Steel Corp., der General Motors Corp. und de du Pont de Nemours Co. Eine besondere Kommissi eingesetzt worden, um die möglicherweise ungeset Beziehungen zwischen diesen drei Gesellschaften decken. Man darf auf die Ergebnisse dieser Unters und noch mehr auf die daran von staatswegen eingel Maßnahmen gespannt sein. („The Iron Age“ 4. Augu S. 283) [N 749 f]

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Neue Wilhelmstr. 4, bezogen werden. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 3501)

Hochspannungstechnik. Von Arnold Roth. Berlin 1927, Julius Springer. 534 S. m. 437 Abb. Preis 31,50 ℳ.

Mit der Vergrößerung der Stromversorgungsnetze und der Erhöhung der Betriebsspannungen wächst die Bedeutung der Hochspannungsfragen. Das war der Anlaß dazu, daß der Verfasser des vorliegenden Buches seine Erfahrungen und die Ergebnisse seiner Forschungen der Öffentlichkeit zugänglich machte. Obwohl die Arbeiten auf diesem Gebiet noch ständig im Fluß sind, so daß keine abschließende lückenlose Darstellung möglich ist, kann man das Erscheinen des Buches nur begrüßen; denn es bringt neben Anregung zu neuen Forschungen dem Hochspannungsingenieur die Mittel zur Lösung der Aufgaben, die ständig an ihn herantreten. Der Verfasser behandelt die Theorie des elektrischen Feldes, bespricht die Isolierstoffe der Hochspannungstechnik und kommt dann auf die Fragen der Schwingungen in Leitungsnetzen. In diesem Zusammenhang werden auch die Schutzvorrichtungen der Anlagen und die Verfahren zu ihrer Prüfung behandelt. Ein umfangreiches Verzeichnis des Schrifttums gibt einen guten Überblick über die neuen Veröffentlichungen über Hochspannungsfragen. [E 635] Parey

Die Eigenschaften elektrotechnischer Isoliermaterialien in graphischen Darstellungen. Von U. Retzow. Berlin 1927, Julius Springer. 250 S. m. 330 Abb. Preis 24 ℳ.

Dr. Retzow will sein Buch als „aus Technik und Wissenschaft heraus — für die Praxis bestimmt" wissen. Die 330 Schaubilder, die sich auf ausgeführte Versuche stützen, sind in drei Hauptabschnitte gegliedert: A. Die Eigenschaften fester und faseriger Isolierstoffe, B. Die Eigenschaften flüssiger und erstarrter Isolier- und Ausgußmassen und der Lacke, C. Die Eigenschaften gasförmiger Isolierstoffe. Innerhalb jedes dieser Abschnitte werden zunächst die elektrischen Beanspruchungen behandelt, dann die sonstigen Eigenschaften, wie spezifisches Gewicht, Wärmeausdehnung und -leitung usw.

In den Abschnitten D und E ist die benutzte, sehr umfangreiche Literatur angegeben, auf die in den Abschnitten A und C teils bei den einzelnen Schaubildern, teils summarisch am Ende jedes Unterabschnittes hingewiesen ist. Es ist sehr zu empfehlen, daß bei einer Neuauflage des Werkes besonders das alphabetische Stoffverzeichnis gründlich erweitert wird, da die jetzt vorliegende Form dem Charakter des Buches als Nachschlagewerk nicht entspricht. [E 488] A. Schob

Aufgaben aus der Elektrotechnik. Von Rob. Mayer. 2. T.: Wechselstromtechnik. 2. Aufl. Leipzig und Wien 1927, Franz Deuticke. 207 S. m. 116 Abb. Preis 7 ℳ.

Der Schwerpunkt des Buches liegt bei den 91 Beispielen mit Lösungen der wesentlichsten Rechnungen der Wechselstromtechnik. Der eigentliche Text ist nur kurz; er umfaßt in knapper Form die theoretischen Grundlagen. Das Buch wird innerhalb des Aufgabenkreises, den ihm der Verfasser selbst stellt, beim Studium und bei Wiederholungen, gute Dienste leisten. [E 628] Pa.

Siemens-Jahrbuch 1927. Herausgeg. von der Siemens & Halske A.-G. und den Siemens-Schuckertwerken, G. m. b. H., Berlin 1927, VDI-Verlag. 472 S. m. Abb. Preis 12,— ℳ, für VDI-Mitglieder 10,80 ℳ.

Die Siemens-Werke lassen hiermit den ersten ihrer jährlichen Berichte über ihre Fortschritte und Entwicklungsarbeiten auf verschiedenen Gebieten erscheinen. Das Buch ist mehr als der Bericht einer einzelnen Firma, denn die Stellung der Siemens-Werke und ihr umfangreicher Aufgabenkreis bedingen, daß sich in ihren Arbeiten die neueste Entwicklung der Elektrotechnik ganz allgemein ausdrückt, nicht nur im Rahmen der Arbeiten der Siemens-Werke.

Aus dem Inhalt, zu dem bekannte Fachleute beigetragen haben, können auszugsweise nur nachstehende Arbeiten erwähnt werden: Hohlseile und Kabel für hohe Spannungen, die Elektrifizierung Irlands, die Funkengrenze bei Gleichstrommaschinen, Pupinkabel, Schnelltelegraphie, klanggetreue Fernübertragung und Großlautsprecher, neue Meßgeräte, Entdeckung zweier neuer Elemente (Masurium und Rhenium), Oberflächenveredelung von Metallen, betriebstechnische Verbesserungen, Fließarbeit, Fortschritte der spanabhebenden Formung u. a. m. Schon dieser Auszug zeigt, wie mannigfaltig die Fragen sind, die in dem Jahrbuch behandelt werden.

Zu Anfang des Buches zeigen einige geschichtlich bemerkenswerte Briefe von Werner Siemens Fragen der Elektrotechnik aus dem Jahre 1877. Die kommenden Siemens-Jahrbücher sollen noch mehr aus den ersten Jahren der Elektrotechnik bringen, damit das Bild der Entwicklung möglichst geschlossen wird. Wenn diese Jahrbücher auf der gleichen Höhe bleiben wie der vorliegende erste Band, so wird die Bücherreihe ein bemerkenswerter Beitrag zur Geschichte der Elektrotechnik sein.

Das gut ausgestattete, mit Abbildungen und Schaltbildern reich versehene Jahrbuch gibt dem Leser nicht nur ein Bild der Entwicklung der Elektrotechnik und ihrer Grenzgebiete im letzten Jahre, sondern darüber hinaus zahlreiche Anregungen; es kann deshalb bestens empfohlen werden. [E 745] Parey

Bridge Architecture. Von Wilbur J. Watson. New York 1927, William Helburn. 288 S. mit 200 Abb. Preis 17,50 $.

Mit dem vorliegenden Prachtband, der insgesamt 200 Abbildungen besonders hervorragender Brückenbauwerke der ganzen Welt vom Altertum bis zur Neuzeit enthält, soll dem Leser ein Begriff gegeben werden von den künstlerischen Wirkungen, die solche Bauwerke in ihrem Gesamtaufbau wie durch Einzelheiten auf den Beschauer ausüben, wenn der Erbauer diesen Anforderungen gerecht geworden ist. Diese Absicht ist dem Herausgeber voll und ganz geglückt, die Auswahl ist vorzüglich getroffen. Im ergänzenden Text werden verschiedene der abgebildeten Brücken noch eingehend erläutert. Schwierigere Fachausdrücke sind hierbei vermieden, so daß auch der auf diesem Gebiet weniger Heimische schnell mit dem Buche vertraut wird.

Druck des Textes und Wiedergabe der Abbildungen sind erstklassig. Es bereitet einen wirklichen Genuß, das Buch zu durchblättern. Um so mehr ist der wenigstens für deutsche Verhältnisse außerordentlich billige Preis hervorzuheben. [E 751] Sd.

Flugschriften der Deutschen Landwirtschaftlichen Gesellschaft, 16. H.: **Die Behandlung landwirtschaftlicher Maschinen.** Von Prof. Holldack. 5. Aufl. Berlin 1927, Deutsche Landwirtschaftliche Gesellschaft. 68 S. m. 28 Abb. Preis 1,35 ℳ.

Der großen Masse der Landwirte ist die Maschine bis auf den heutigen Tage etwas Wesensfremdes geblieben, obwohl das Zeitalter der Technik auch für die Landwirtschaft grundlegende Veränderungen und besonders eine stark erweiterte Maschinenanwendung hervorgerufen hat. Die meisten Maschinen werden nur während einer sehr kurzen Betriebsdauer gebraucht; ist ihre „Saison" vorüber, werden sie oft in eine Ecke — selten in einen Schuppen — gestellt, wo sie in Wind und Wetter rosten, bis sie im nächsten Frühjahr gebraucht werden. Es ist klar, daß so behandelte Maschinen ihren Dienst versagen müssen und endlose Ausbesserungen erfordern. Dazu kommt meist eine falsche Behandlung und Führung der Maschinen im Gebrauch.

Es wäre unbillig, von dem Landwirt, der einen sehr vielseitigen Betrieb zu leiten hat, auch noch eingehende Maschinenkenntnis zu verlangen. Um so dankbarer wird er sein, wenn ihm von berufener Seite eine Anleitung in die Hand gegeben wird, die ihm sehr viel Geld für Neuanschaffungen, sehr viel Ärger für Ausbesserungen und vor allem sehr viel Zeit für seine Wirtschaft erspart. Die Schrift von Prof. Holldack sollte ein jeder Landwirt, jeder Aufseher und Maschinenführer bei sich tragen. Es ist kein Heft im trockenen Gelehrtenton, sondern von einem Praktiker, der selbst alle Freuden und Leiden des Betriebsleiters kennt, für den Landwirt geschrieben, der kein technischer Fachmann ist. Nur der wirkliche Praktiker kann jeder Maschine ihre Tücken so ablauschen und für alle möglichen Leiden und Fehler in einer so überaus praktischen, klaren Übersicht Abhilfe schaffen, wie Prof. Holldack in diesem Buche. Auch für den Unterricht in allen landwirtschaftlichen und gärtnerischen Schulen dürfte es ein besonders willkommenes Hilfsmittel sein. [E 390] Brauer

Handbuch der Experimentalphysik. Herausgeg. von W. Wien und F. Harms. 14. Bd.: Kathodenstrahlen. Von P. Lenard und A. Becker. Kanalstrahlen. Von Wilhelm Wien. Leipzig 1927, Akademische Verlagsanstalt. 788 S. m. 352 Abb. Preis 72 ℳ.

Bei der Erforschung der elektrischen Erscheinungen mit Hilfe der Geißlerschen Röhre und ihrer Abarten hat man eine Reihe von Lichterscheinungen gefunden, und es war in den letzten Jahrzehnten eine Hauptaufgabe der theoretischen und praktischen Physik, die verschiedenen Erscheinungen voneinander zu trennen, um ihr Wesen gesondert erforschen zu können. Im vorliegenden Werke wird

über die Versuche berichtet, die zur Klärung der Vorgänge bei der Kathoden- und Kanalstrahlung von verschiedenen Forschern vorgenommen worden sind. Von den von Hittorf im Jahre 1869 entdeckten Kathodenstrahlen weiß man, daß sie aus Teilchen der Urmaterie (Elektronen) bestehen, die sich auch im luftleeren Raume mit großer Geschwindigkeit fortbewegen. Lenard hat diese Strahlen im Jahre 1892 durch ein Fenster aus der Röhre herausgeleitet und so für reine Versuche zugänglicher gemacht. Dabei fand er u. a. das wichtige Gesetz, daß das Absorptionsvermögen verschiedener Stoffe für Kathodenstrahlen der Masse dieser Stoffe verhältnisgleich ist. Außerdem fand man, daß das Verhältnis $\frac{e}{m}$ (Ladung zu Masse) bei den Strahlteilchen unveränderlich ist. Diese und andre Erscheinungen sind zur Grundlage der Elektronen- und Quantentheorie sowie der Relativitäts- und Atomtheorie geworden. Lenard steht allerdings auf dem Standpunkt, daß die heute angegebenen Atommodelle die Erscheinungen bei den Kathodenstrahlen nur mangelhaft wiedergeben, und daß gerade das Aufeinanderwirken von Elektronen und Atomen durch diese Modelle im einzelnen nur wenig dargestellt wird.

Bei den von Goldstein im Jahre 1898 entdeckten Kanalstrahlen, die von der Anode ausgehen und aus positiv und negativ geladenen Atomen und Molekülen bestehen, liegen die Verhältnisse wohl noch verwickelter als bei den Kathodenstrahlen.

Diese kurzen Angaben mögen für einen Hinweis auf die Bedeutung des vorliegenden Werkes genügen.

[E 501] W. S.

Willkür oder mathematische Berechnung beim Bau der Cheopspyramide? Von K. Kleppisch. München und Berlin 1927, R. Oldenbourg. 38 S. m. Abb. Preis 1 *M.*

Seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts sucht eine Reihe von Leuten zu beweisen, daß die alten Ägypter den gewaltigen, 147 m hohen Steinhaufen der Cheopspyramide nur aus dem Grunde erbaut haben, um mathematische Beziehungen zu verewigen. Während es früher die Zahl π und astronomische Werte sein sollten, sucht Kleppisch zu zeigen, daß der bereits bei vielen Gelegenheiten hineingedeutete goldene Schnitt in den Oberflächen der Pyramide zum Ausdruck kommt, indem sich die Grundfläche zur Mantelfläche wie diese zur Gesamtfläche verhält.

Man versteht nicht recht, warum sich die Erbauer aus diesem Grunde eine so mühselige Arbeit gemacht haben sollten und möchte annehmen, daß die Pyramide unvollendet geblieben wäre, wenn tatsächlich der goldene Schnitt die Ursache ihrer Entstehung gewesen sein sollte. Näher liegt die Annahme, daß der damalige Herrscher mit seinem Bau öffentlich ein Denkmal seiner Macht geben wollte.

[E 632] Dr. W. Schmidt

Elektrische Widerstandschweißung und -erwärmung. Von A. J. Neumann. Berlin 1927, Julius Springer. 193 S. m. 250 Abb. Preis 17,50 *M.*

Kohle-Koks-Teer, 15. Bd.: **Über den esthländischen Ölschiefer „Kukkersit".** Von Helmut W. Klever und Karl Mauch. Halle a. d. S. 1927, Wilhelm Knapp. 60 S. Preis 5,20 *M.*

Principles of metallurgy of ferrous metals. Von Leon Cammen. 2. Aufl. New York 1926, The American Society of Mechanical Engineers. 145 S. m. 34 Abb. Preis 2 $.

Die Herstellung der Blattfedern. Von T. H. Sanders. Deutsche Übersetzung von A. Cecerle. Berlin 1927, Julius Springer. 245 S. m. 182 Abb. Preis 27 *M.*

Die Metallhüttenpraxis in Einzeldarstellungen, 1. Bd.: **Der Zinkdestillationsprozeß.** Von W. Holtmann. Halle a. d. S. 1927, Wilhelm Knapp. 99 S. m. 28 Abb. Preis 7,40 *M.*

Der Lauf von Eisenbahnfahrzeugen **durch Gleiskrümmungen.** Von J. Jahn. Berlin 1927, Verlag der Verkehrswissenschaftlichen Lehrmittelgesellschaft m. b. H. bei der Deutschen Reichsbahn. 151 S. m. 27 Abb. Preis 10 *M.*

Die hundertjährige Eisenbahn. Von Artur Fürst. Berlin 1927, Deutsche Buchgemeinschaft G. m. b. H. 309 S. m. vielen Abb. Preis 7,50 *M.*

Handbuch der Brauerei- und Kellerei-Maschinenindustrie. Herausgeg. von H. Schulze-Hesse. Berlin 1927, Atlas-Verlag Dr. Alterthum & Co. 312 S. Preis 18 *M.*

Jahrbuch für die Gewässerkunde Norddeutschlands, 4. Bd. 4. H.: **Beiträge zur Grundwasserkunde.** Von Werner Koehne. Berlin 1927, E. S. Mittler & Sohn. 24 S. m. 6 Abb. Preis 5 *M.*

Beihefte zum Gesundheits-Ingenieur, 2. R., 3. H.: **Die Entsandung städtischer** Abwässer. Von G. Ehnert. München und Berlin 1927, R. Oldenbourg. 31 S. m. Abb. Preis 4,50 *M.*

Autotechnische Bibliothek, 81. Bd.: **Die Licht- und Anlasseranlagen.** Von Luth Westerkamp. Berlin 1927, Richard Carl Schmidt & Co. 144 S. m. 116 Abb. Preis 3,50 *M.*

Die Entwicklung der Naturtechnik. Von J. Friedr. Hartung. Obersalzbrunn (Bez. Breslau) 1927, H. Dieterich & Co. 308 S. m. 56 Abb. Preis 28 *M.*

Archiv für Geschichte der Mathematik, der **Naturwissenschaften und der Technik.** Herausgeg. von Julius Schuster. 10. Bd., 1./2. H. Juli 1927. Leipzig, F. C. W. Vogel. 240 S. Preis 15 *M.*

Aus Natur und Geisteswelt, 14. Bd.: **Das deutsche Handwerk** in seiner kulturgeschichtlichen Entwicklung. Von Eduard Otto. 6. Aufl. Leipzig und Berlin 1927, B. G. Teubner. 133 S. m. 23 Abb. Preis 2 *M.*

Quälgeist Haftpflicht. Die Haftpflichtfragen des täglichen Lebens und ihre Bedeutung. Von Walter Bohlmann. 2. Aufl. Berlin-Wilmersdorf 1927, Verlag „Deutsche Versicherungs-Presse". 134 S. Preis 3,50 *M.*

Was müssen Käufer und Verkäufer elektrischer Arbeit von der Phasenverschiebung und ihrer Bekämpfung **wissen?** Von Gustav W. Meyer. Bodenbach a. E. und Schö... 1927, Meyers Technischer Verlag. 182 S. m. 74 Abb. Preis 5 *M.*

Das Arbeitsrecht Deutschlands, 9. Bd.: **Das Arbeitsgerichtsgesetz vom 23. Dezember 1926.** Von Paul Wölbling. Berlin und Wien 1927. Spaeth & Linde. 324 S. Preis 7...

Schweizer Schriften für rationelles Wirtschaften, 2. Bd.: **Konjunkturforschung und Wirtschaftsrationalisierung.** Von Friedr. Bernet. Zürich 1927, Hofer & Co. 52 S. m. Abb. Preis 3 Fr.

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 71 SONNABEND, 3. SEPTEMBER 1927 NR. 36

Akustische Lotverfahren, Geräte und Erfahrungen

Von Dr. E. Lübcke, Berlin-Siemensstadt

Das akustische Lot als wertvolles Hilfsmittel der neuzeitlichen technischen Schiffsführung — Zurückführung der Tiefenmessung auf eine Zeit- oder Winkelmessung — Vorzüge und Nachteile der praktisch verwendeten Verfahren und Geräte

In der Schiffsführung benutzt man heute alle Fortschritte der Technik, um den Schiffsort zu jeder Zeit möglichst genau festlegen zu können. Früher war man hierzu auf die Sonne und die Gestirne angewiesen. Jetzt gehören bereits der Kreiselkompaß mit Selbststeuerer und Kursschreiber sowie die Funk-Peilanlagen zur Ausstattung jedes großen Fahrgastschiffes. Von den Wasserschallanlagen[1]) macht man bei Annäherung an die der Küste vorgelagerten Feuerschiffe weitgehenden Gebrauch. Das Lot, das Gerät zur Messung der Meerestiefe, wurde bis vor kurzem zur Ortung nur in besonderen Fällen benutzt, da die gebräuchlichen Formen des Handlotes und des Thomson-Lotes nicht genügend handlich waren. Erst das letzte Erzeugnis der Wasserschalltechnik, das akustische Lot, gibt der Schiffsführung ein brauchbares Lotgerät. Mit ihm wird man eine Tiefenkarte der Meere herstellen und zur Ortung ausnutzen können.

Die heute gebräuchlichen Schallote kann man in drei Gruppen einteilen: Bei der ersten Gruppe dient die Laufzeit einer Schallwelle als Tiefenmaß, bei der zweiten wird der beidohrige Richtungseindruck zum Loten verwendet und bei der dritten Gruppe schließt man aus der Fallzeit eines mit gleichmäßiger Geschwindigkeit sinkenden Körpers auf die Tiefe. Dabei wird ein Schallzeichen selbsttätig ausgelöst, wenn das Fallot den Meeresgrund erreicht hat.

Akustische Lote nach dem Zeitmeßverfahren

Ein deutsches Patent auf ein Schallot der ersten Gruppe wurde dem Amerikaner Eells bereits 1907 erteilt. Von einer praktischen Ausführung ist nichts bekannt. In Deutschland gebührt A. Behm das Verdienst, als erster das Echo im Wasser im Lichtbild aufgenommen und zur Tiefenbestimmung benutzt zu haben.

Für eine genaue Bestimmung der Tiefe aus der Laufzeit des Schalles muß die Schallgeschwindigkeit im Wasser an dem Untersuchungsorte bekannt oder berechenbar sein. Für eine Überschlagsrechnung kann man die Schallgeschwindigkeit in Seewasser zu etwa 1500 m/s annehmen. Man sieht daraus, daß der Schall im Wasser große Strecken in kurzen Zeiten durchläuft, also die Lotungen in sehr kurzer Zeit ausgeführt werden können; bei den Tiefen in der Nähe der Küste in Bruchteilen einer Sekunde. Diese kurzen Lotzeiten sind kennzeichnend für das Echolot, bringen aber auch viele technische Schwierigkeiten mit sich, da der Zeitunterschied vielfach auf 0,001 s (d. h. 0,75 m Wassertiefe) genau zu messen ist.

Die Arbeitsweise des Echolotes ist in Abb. 1 dargestellt. Von der Schallquelle a dringt der Schall in Form von Kugelwellen in das Wasser, der an der Stelle i den Boden treffende Anteil wird so zurückgeworfen, daß er den Empfänger e zurückkommt. Der durch $b_1 + b_2$ bezeichnete Weg ist der kürzeste, auf dem der zurückgeworfene Schall den Empfänger e erreicht. Für den direkten Schall ist als kürzester Weg der über f möglich. Beim Schallabgang wird die Zeitmeßvorrichtung des Anzeigegerätes g ausgelöst und bei der Ankunft des Echos abgebremst. Die Schallgeschwindigkeit c nimmt man für den ganzen Weg als unveränderlich an. Ist $2d$ die Entfernung von Sender a und Empfänger e und h ihr Abstand von der Wasseroberfläche, dann ist die gemessene Laufzeit $t = 2\,b/c$, die gelotete Tiefe

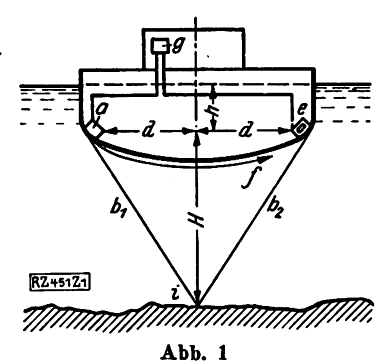


Abb. 1
Anzeigegerät für die Zeitmessung

a Schallquelle (Sender)
b_1, b_2 Weg der Schallwellen
$2d$ Entfernung zwischen Sender und Empfänger
e Empfänger
f kürzester Weg der gebeugten Schallwelle
g Anzeigegerät für die Zeitmessung
H gelotete Tiefe
h Abstand des Senders und des Empfängers von der Wasseroberfläche
i Auftreffpunkt der Schallwellen auf dem Meeresboden

$$H = \sqrt{b^2 - d^2} \quad \text{oder} \quad H = \sqrt{0{,}25\,c^2\,t^2 - d^2}$$

und die Gesamttiefe

$$T = h + H = h + \sqrt{0{,}25\,c^2\,t^2 - d^2}\,.$$

Bei $c = 1500$ m/s ist

$$T = h + \sqrt{560\,000\,t^2 - d}\ \text{[m]}\,.$$

d entspricht der halben Schiffsbreite; ist $d = 5$ m, so kann man diesen Wert bereits bei Tiefen über $H = 25$ m vernachlässigen, da er weniger als 0,5 m ausmacht, bei $d = 10$ m erst bei $H = 100$ m. Um die Tiefe bis auf 0,50 m zu messen, muß der Zeitunterschied t bis auf 0,000 67 s genau bestimmt werden. Bei einer Lottiefe von 10 m ist $t =$ rd. 0,014 s. Diese Zahlen geben einen Anhalt für die an das Anzeigegerät bei dem Zeitmeßverfahren gestellten Anforderungen.

Als Schallquelle kann entweder ein Knall, ein Ton oder ein Ultraton benutzt werden.

Echolote mit Knallsender

Echolote von A. Behm[1a]). Behm wollte ursprünglich die Lautstärke des Schalles messen und aus ihrer Abnahme bei der Ausbreitung den Schallweg und damit die Tiefe bestimmen. Hier waren die Schwierigkeiten wegen der Verluste beim Rückwurf, die als weitere Unbekannten hinzukommen, so groß, daß er sehr bald auch zum Zeitmeßverfahren überging. Als Schallquelle benutzt Behm einen Knall. Dieser wird bei den neuesten Geräten mit

[1]) E. Lübcke, Z. Bd. 64 (1920) S. 805. und die neuesten Wasserschallapparate und ihre Anwendungen. Leipzig 1926, Hachmeister & Thal.

[1a]) Vergl. A. Behm, Ann. d. Hydrographie, Bd. 49 (1921) S. 241, Bd. 50 (1922) S. 289. — Bruno Schulz, Ann. d. Hydrographie, Bd. 52 (1924) S. 254 u. 289.

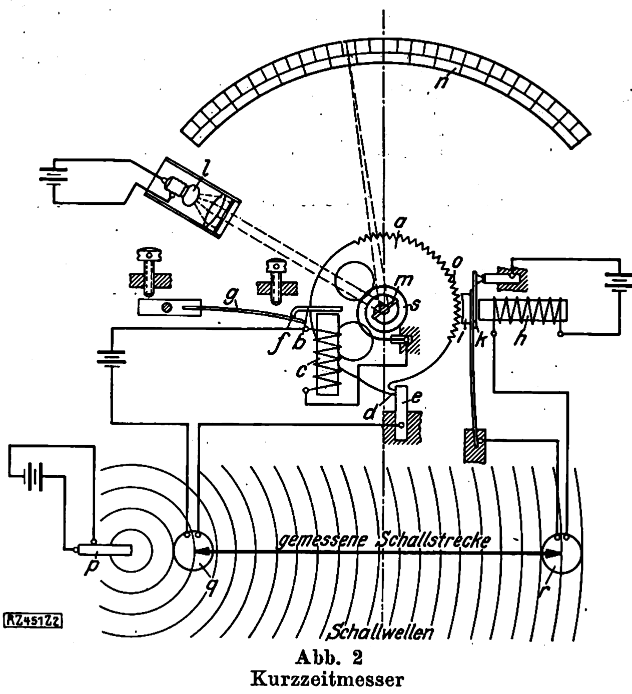


Abb. 2
Kurzzeitmesser

a ausgewuchtete Scheibe
b Eisenanker
c, *h* Elektromagneten
d Nase
e Anschlag
f Ankerhaken
g Blattfeder
i Bremsbacke
k Anker
l Glühlampe
m Spiegel
n Teilung
o geriffelter Bremsrand der Scheibe *a*
p Geber (Patrone)
q, *r* Mikrophone
s Spiralfeder

Patronen von 8 g Ladung und etwa 10 mm Dmr. erzeugt, die von der Brücke aus in einer Rohrleitung zu einer Abschußvorrichtung gleiten. Die Patrone *p*, Abb. 2, wird elektrisch abgeschossen und zerknallt etwa 2 bis 3 m unter der Wasseroberfläche. Die Knallwelle erregt zuerst das Mikrophon *q* und nach der Rückkehr vom Meeresboden das Mikrophon *r*. Zwischen beiden Mikrophonen befindet sich der Schiffskörper, der die unmittelbare Schallwelle vom Mikrophon *r* fernhält. Der dem Schmidtschen Federzeitmesser der Ballistik nachgebildete Kurzzeitmesser[2]) ist in Abb. 2 in der Anfangstellung gezeigt. Er besteht aus einer genau ausgewuchteten, um ihre Achse in Rubinen drehbaren Scheibe *a*, auf der ein Eisenanker *b* sitzt. Der Mikrophonstrom im Elektromagneten *c* zieht den Eisenanker *b* an, bis die Nase *d* der Scheibe gegen den Anschlag *e* stößt. Zugleich wird die Abschnellfeder *g* durch den Haken *f* gespannt. Bei Erregung des Mikrophons *q* durch die abgehende Knallwelle wird der Strom so weit geschwächt, daß die Feder *g* die Scheibe *a* dreht, bis das Echo das Mikrophon *r* erreicht, den Strom im Elektromagneten *h* des Bremsstromkreises schwächt und die Bremsbacke *i* gegen den geriffelten Rand *o* der Scheibe *a* drückt. Der auf der Scheibenachse sitzende Spiegel *m* verschiebt den Lichtzeiger dann von der Nullage aus auf der Teilung *n*. Der Abgangs- und Bremsstromkreis sind so geschaltet, daß bei Stromschwächung die Elektromagneten *c* und *h* stromlos werden. Die Teilung muß den Verhältnissen an Bord des Schiffes und der Stärke der Feder entsprechend geeicht werden.

Mit diesem Kurzzeitmesser sind von A. Behm eine Reihe von Bauarten für verschiedene Wassertiefen ausgebildet worden. Nach den vorliegenden Messungen reicht die Knallstärke einer 8 *g*-Patrone noch hin, um bei 100 m Wassertiefe den Bremsstromkreis auszulösen. Bei größeren Tiefen muß man entweder das photographisch aufzeichnende Lot oder das Ohrlot benutzen. Bei diesem wird der Kurzzeitmesser beim Abschuß ausgelöst und durch einen vom Beobachter bedienten Kontakt angehalten, wenn das Eintreffen des Echos am Mikrophon *r* abgehört wird. Bei größeren Tiefen läßt Behm die Scheibe mehrmals umlaufen.

[2]) Vergl. Z. Bd. 67 (1923) S. 195.

Der Kurzzeitmesser allein mißt bis auf 1/10000 s [ge]nau[3]), hat also eine für praktische Bedürfnisse mehr ausreichende Genauigkeit. Es kommen aber für das [Lot]verfahren noch einige andre Fehlerquellen in Frage; ändert sich die Echostärke mit der Tiefe und mit der [Be]schaffenheit des Meeresgrundes. Bei starken Schwank[un]gen können Zeitunterschiede von 1/100 s auftreten. Fe[rner] ist noch die Lage des Knallortes zu dem Abgangsemp[fän]ger *q* und die Fahrt des Schiffes von Einfluß auf das [Lot]ergebnis, da die Patrone erst etwa 1 s nach dem Abs[chuß] zerknallt. Verlegt man den Knallort hinter das Au[s...]mikrophon *q*, dann treten nur Zeitunterschiede von 1/[...] auf. Unabhängig von beiden genannten Fehlerquellen [wur]den bei einer Entfernungsmessung in der Wagere[chten] zwischen 20 und 500 m Abstand der Mikrophone A[bwei]chungen vom Mittelwert von nur etwa 1/1000 s beobac[htet].

Bei dem Gebrauch an Bord treten jedoch größere [Ab]weichungen auf, so daß man die Genauigkeit zu höch[stens] 5 bis 10 vH annehmen darf. Das Behm-Lot zeichnet [sich] durch geringes Gewicht, besonders für den Sender, [aus]. Es ist deshalb besonders für Flugzeuge und Lufts[chiffe] geeignet[4]). Das Äußere des neuesten Behm-Lotes, mi[t dem] in Luft und in Wasser Messungen in 0,5 s Abstand [mög]lich sind, zeigt die Abb. 3. Der Lichtzeiger spring[t] nicht auf einen festen Wert, wie bei dem gewöhnl[ichen] Kurzzeitmesser, sondern beim Ansprechen des Ab[gangs]mikrophons bewegt sich ein Lichtfleck, mit dem Aug[e ver]folgbar, auf der Teilung. Bei Erregung des Echoempf[ängers] findet eine plötzliche Ablenkung des Fleckes statt, Abb. 4, der Fleck führt dann noch eine Reihe von Sc[hwin]gungen aus, die mit der Messung selbst nichts zu tun [haben]. Zu beobachten bleibt hier der erste Einsatz der Able[nkung].

Echolot der italienischen Marine. [Bei] diesem nur für große Tiefen geeigneten Lote[5]) dien[t eine] in etwa 7 bis 10 m Tiefe elektrisch abgefeuerte Bomb[e mit] 2 kg Trinitrotoluol als Schallquelle. Man erhält dam[it bei] 4500 m Tiefe noch ein dreifaches Echo. Die Tiefe [wird] aus dem Zeitabstand zweier aufeinanderfolgender [Echos] bestimmt. Man arbeitet mit einem Empfänger, dessen S[trom]schwankungen mit Röhren verstärkt, durch ein Tele[graphen]relais gleichgerichtet und auf einen Papierstreifen [...]

[3]) Vergl. H. Stenzel, Werft, Reederei, Hafen Bd. 7 (1926).
[4]) Vergl. A. Behm, Beiheft 13 z. Z. f. Flugtechnik und Mot[orluft]schiffahrt 1926.
[5]) Vergl. G. Cicogna, Rivista Marittima, 1924 S. 657, 1925 [...]

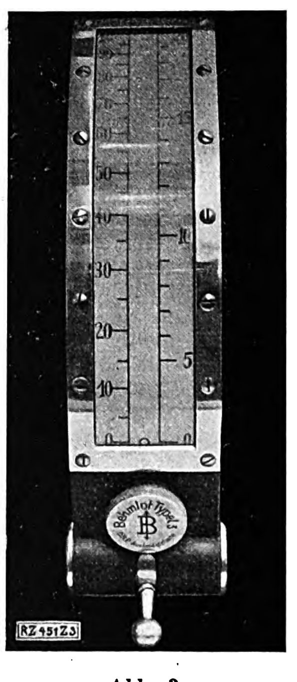


Abb. 3
Behmlot L 3 für Flugzeuge
(Type V des Wasserlotes)



Abb. 4
Wanderung des Li[cht]fleckes beim Behm[lot]
Type L 3

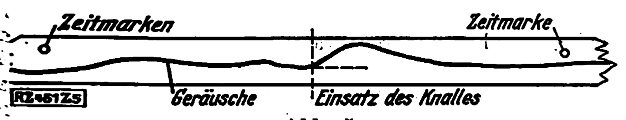


Abb. 5
Aufzeichnung des Echolotes der italienischen Marine

hnet werden, der mit 17 cm/s Geschwindigkeit abläuft. stets vorhandenen Störgeräusche ergeben eine Abweig von der Nullinie, über die sich die Explosion lagert. Die zeichnung entspricht etwa der Abb. 5. Den Zeitpunkt Knalleinsatzes erhält man mit beträchtlicher Genauig- wenn man den Punkt wählt, wo die Kurve von der gente an den ungestörten Verlauf abweicht.

Der Zeitunterschied zwischen den einzelnen Echos ist auf etwa $^1/_{100}$ s zu bestimmen. Die Zahl der Lotungen durch den Preis für jede Bombe beschränkt. Die während der Überfahrt nach Südamerika an Bord „San Marco" vorgenommenen Messungen auf 2500 bis m Tiefe stimmen mit den benachbarten Kartenangaben überein. Wegen der Größe der Sprengladung ist das ahren für die Handelsschiffahrt nicht geeignet.

Echolote mit Tonsender

Als Schallquelle dient bei dieser Art akustischer Lote Tonsender, der Schall genügender Intensität an das er abzugeben gestattet. Die zur Aufnahme benutzten änger und Empfangseinrichtungen können genau auf endefrequenz (1050 oder 1200 Hertz) abgestimmt wer- Störungen durch andere Geräusche können das Meß- nis deshalb kaum beeinflussen. Meist benutzt man Telephon zum Abhören des Echos. Um einen Schall Frequenz 1000 Hertz im Wasser als Ton zu empfin- sind infolge physiologischer Eigenschaften des mensch- n Gehörorgans 10 Schwingungen in 1 s erforderlich, eine Einschaltzeit des Senders von wenigstens $^1/_{100}$ s[6]). n unter 15 m lassen sich also mittels Abhörens über- t nicht ermitteln. Mit absoluter Sicherheit arbeiten Apparate erst von 50 m ab und dann bis zu den en Tiefen. Geringere Tiefen sind nur mit selbsttätig tenden Anzeigegeräten unter Ausschaltung des Ab- ns zu messen.

Tiefenmesser von Fessenden. Die ein- ste Anordnung ist von dem Amerikaner Fessenden[7]) geben. Er benutzt den von ihm gebauten Oszillator ender[8]) und gewöhnliche Wasserschallempfänger. Die zeit wird mit einer mit bekannter, unveränderlicher hwindigkeit umlaufenden Scheibe *a* bestimmt, die von Motor *b* angetrieben wird, Abb. 6. Die Scheibe *a* Isolierstoff trägt einen Kontaktstreifen *c*. Der r *d* wird also erregt, wenn *c* unter den Bürsten *e* Das Echo hört man im Telephon *f*, wenn durch den n *c* die Bürsten *g* verbunden werden und der induk- angekoppelte Empfänger *h* gerade von dem Echo ge-

Vergl. E. Lübcke, Z. f. techn. Phys. Bd. 2 (1921) S. 51.
Vergl. R. A. Fessenden, Amer. Pat. 1 217 585.
Vergl. Z. Bd. 59 (1915) S. 967.
Vergl. E. Lübcke, D.R.P. 351 190.

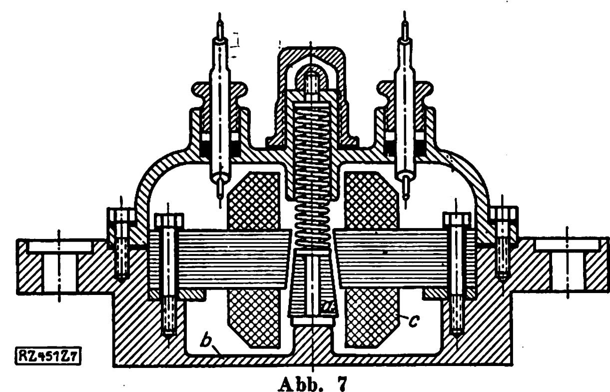


Abb. 7
Der Tonsender des Lotes der britischen Admiralität
a Hammer *b* Stahlmembran *c* Elektromagnet

troffen wird. Die Zeit, die der Schall vom Sender *d* über den Meeresboden zum Empfänger *h* braucht, entspricht dem Winkel zwischen dem feststehenden Bürstenpaar *e* und den beweglichen Empfängerbürsten *g*, der durch den Zeiger *i* auf der Teilung *k* angezeigt wird. Die Bürsten *g* werden durch den Handgriff *l* in die Empfangstellung gebracht.

Bei dieser Einrichtung können Fehler dadurch entstehen, daß der Schall mehrmals zurückgeworfen wird, oder daß man eine zu geringe Tiefe mißt, wenn der Schall erst nach Vollendung einer ganzen Umdrehung der Scheibe *a* den Empfänger erreicht. Man muß dann entweder die Scheibe mit verschiedenen Geschwindigkeiten umlaufen lassen oder den Sender während einer Anzahl von Umläufen abschalten können. Man muß sorgfältig darauf achten, daß das erste Eintreffen des Echos der Tiefe entspricht. Erfahrungen mit diesem Lot sind nicht veröffentlicht. Aus dem Fessenden-Lot sind drei weitere Lote entwickelt worden, nämlich das Lot der britischen Admiralität, das Signallot und das Atlaslot oder Fathometer.

Die Echolotmaschine der britischen Admiralität. Der Schall wird durch einen besonderen Sender erzeugt, der aus einer von einem Hammer *a* mit Federkraft angeschlagenen Stahlmembran *b* von 12,5 cm Dmr. besteht, Abb. 7. Der Hammer *a* wird durch den Elektromagneten *c* gespannt, dessen Erregerstrom bei der für die Handelsschiffahrt von der Firma Henry Hughes & Son, London, hergestellten Maschine dreimal in 1 s etwa $^1/_{400}$ s lang unterbrochen wird. Der Membranton ist 1250 Hertz, er wird von einem nach W. Bragg gebauten aperiodischen Mikrophon aufgenommen. Die Arbeitweise des Lotapparates zeigt die Abb. 8.

Zur Vermeidung von elektrischem Übersprechen und Störungen im Empfang sind die Kontaktscheiben für Sender und Empfänger getrennt. Die Empfängerbürsten *a* werden mit dem Griff *b* an der Teilung *c* eingestellt. Die aus Metall bestehende Scheibe *d* schließt das Telephon so lange kurz, bis das Isolierstück *e* die Verbindung unterbricht. Auch der Senderstrom wird durch ein Isolierstück *f*

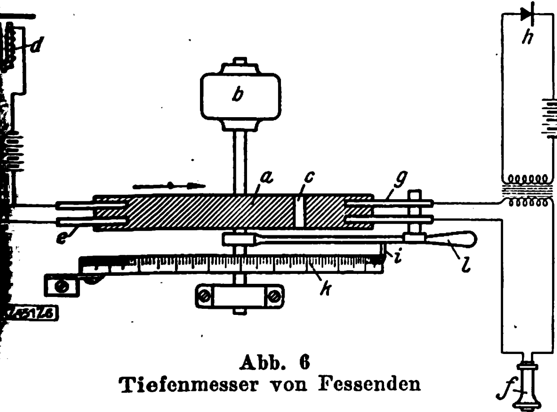


Abb. 6
Tiefenmesser von Fessenden

a Kontaktscheibe aus Isolierstoff
b Motor
c Kontaktstreifen
d Sender
e Bürsten dazu
f Telephon
g Bürsten dazu
h Empfänger
i Zeiger
k Teilung
l Handgriff

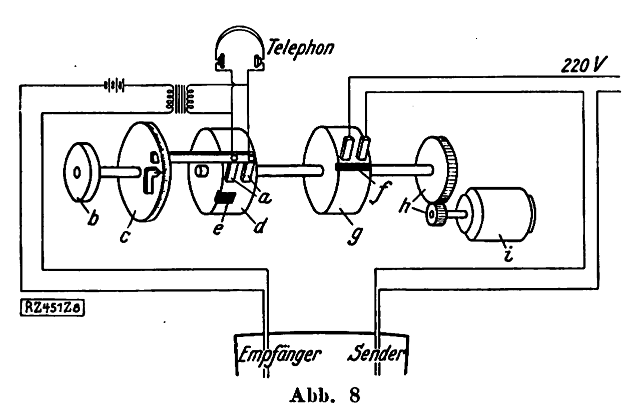


Abb. 8
Arbeitsweise des Lotes der britischen Admiralität

a Empfängerbürsten
b Griff
c Teilung
d Metallscheibe
e, *f* Isolierstücke
g Walze
h Zahnrädervorgelege
i Motor

auf der Walze *g* unterbrochen. Beide Walzen laufen synchron und werden über das Zahnrädervorgelege *h* von dem Motor *i* angetrieben, dessen Drehzahl von 1800 Uml./min durch einen besonderen Regler mit großer Genauigkeit eingehalten wird. Um die Senderstromunterbrechung zu beschleunigen, ist außerdem noch eine Unterbrechungsstelle unmittelbar auf der Motorachse befestigt.

Die Verdrehung der Tiefenteilung wird außer an der Scheibe des Lotapparates noch selbsttätig auf einer beleuchteten Teilung angezeigt, so daß der wachhabende Offizier jederzeit die Tiefe so lange ablesen kann, wie ein zweiter Beobachter die Echos abhört. Die Tiefenteilung geht bis 250 m. Ablesungen unter 15 m sind nicht möglich.

Den Vergleich einer Lotreihe mit dem Thomson-Lot zeigt Abb. 9, die Abweichungen sind nicht groß, doch sind die akustisch bestimmten Tiefen im allgemeinen um 2 bis 3 vH zu klein. Dieses ist wahrscheinlich auf Fehler in der Annahme über die Schallgeschwindigkeit zurückzuführen. Auch für große Tiefen ist der Apparat brauchbar, wie eine von D. „Dominia" auf einer Reise nach der Westküste Nordamerikas durch den Panamakanal ausgeführte Meßreihe seiner Zeit ergeben hat. Sie enthält täglich eine Reihe Lotungen auf 400 bis 7200 m Meerestiefe.

Das Signallot. Das von der Signal-Gesellschaft, Kiel, gebaute Lot entspricht dem von Fessenden angegebenen. Es ist auf dem deutschen Forschungsdampfer

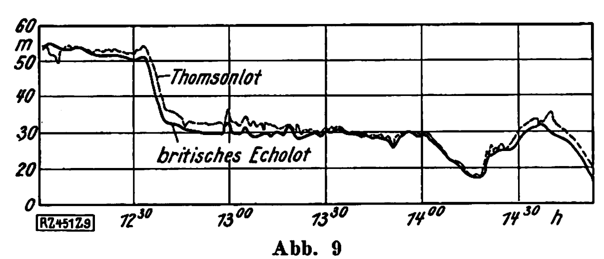


Abb. 9
Vergleich einer Lotreihe des Thomsonlotes und des britischen Echolotes

„Meteor" hauptsächlich zur Bestimmung der großen Tiefen angewandt worden und arbeitet erst von 50 m Wassertiefe an und dann mit einer Genauigkeit von etwa 10 m. Die Schallquelle ist der Signal-Magnetsender, Abb. 10, der eine Schallenergie von etwa 350 W an das Wasser abgeben kann. Auf der Membran *a* sitzt ein Tisch *b* aus lamelliertem Eisen mit der Wechselstromwicklung *c*. Der Anker des Magneten *d* bildet die Masse eines mechanischen Schwingungssystems, dessen Elastizität durch die Stahlrohre *e* und *f* dargestellt wird. Der im Sendergehäuse eingebaute Kondensator dient zum Phasenausgleich des Wechselstroms von 500 Hertz in Spannungsresonanzschaltung.

Durch die Kopplung eines mechanischen und elektrischen Schwingungsgebildes erhält man eine günstige Energieabgabe über einen Frequenzbereich von 50 Hertz, so daß auch bei Umlaufschwankungen des Stromerzeugers annähernd die gleiche Schallintensität abgestrahlt wird. Die Tonhöhe des Senders ist 1050 Hertz. Auf dieselbe Frequenz sind auch die Empfänger abgestimmt. Diese neuesten Signalempfänger sind so stark gebaut, daß sie ohne Schwierigkeit in die Bordwand des Schiffes eingesetzt werden können. Die Membran hat etwa 10 bis 12 cm Dmr.

Das Atlaslot oder das Fathometer. Als Schallquelle dient ein besonderer, ebenfalls auf die Frequenz 1050 Hertz abgestimmter Sender von 31,5 cm Dmr. und 7 cm Höhe, der außenbords befestigt wird. Die Empfänger besonderer Bauart sind im Doppelboden des Schiffes angeordnet, um den vom Meeresboden zurückgeworfenen Schall besonders gut aufzunehmen. Bis zu Tiefen von 200 m arbeitet die Lotanlage ganz selbsttätig. Den Aufbau dieses von den Firmen Atlaswerke, A.-G., Bremen, und Submarine Signal Corporation, Boston, gebauten Lotapparates zeigt Abb. 11. Der Motor *m*, dessen Umlaufzahl mit dem Drehzahlmesser *a* stets gleich erhalten wird, läßt die Kontaktscheibe *b* viermal in der Sekunde umlaufen.

Das Segment *c* schaltet bei jedem Umlauf den an die Bürsten *d* angeschlossenen Sender in der Nullstellung ein.

Abb. 10
Signal-Magnetsender

a Membran
b Tisch aus lamelliertem Eisen
c Wechselstromwicklung
d Magnetanker
e, *f* Stahlrohre

RZ451Z10

Der Empfänger arbeitet über einen abgestimmten 4-Röh Verstärker auf ein Relais, das den Stromkreis *e* eins tet. Der Umformer *f* läßt über die Schleifringe synchron umlaufendes Heliumröhrchen *h* aufleuchten. Stelle des Aufleuchtens wird an der Teilung *i* in der richtung *k* abgelesen. Diese liegt bei gleichbleib Tiefe viermal in der Sekunde an derselben Stelle, is dauernd leicht abzulesen. In der Außenansicht des apparates, Abb. 12, erscheint der Lichtzeiger bei auf der inneren Teilung. Das Lot arbeitet von 10 m an genau und selbsttätig bis 200 m mit einer Ablesegen keit von 1 m.

Bei größeren Tiefen wird mit dem links sicht Handgriff ein Vorgelege eingeschaltet. Der Sende beitet jetzt nur in Abständen von 1,5 s. Die Tiefe auf der äußeren Teilung bis 1200 m durch einen uml den weißen Lichtzeiger angegeben. Der Echoem wird mit einem Kopfhörer festgestellt. Bei Tiefen 1200 m wird durch einen Druck auf den Knopf unten die Schallabgabe so lange unterbrochen, bis Echo gehört wird. Die Zahl der ganzen Umläufe zum Empfang ist zu zählen und zu der Ablesung der 1200 *n* zuzuzählen. Bis 200 m Tiefe hat man eine dau Anzeige. Daß man auf diese Weise noch Bodenun heiten beobachten und zur Ortbestimmung ausnutzen zeigt das vom D. „Columbus" auf der Fahrt von S hampton nach Cherbourg am 6. Mai 1926 aufgenom Profil des Kanals, Abb. 13. Die gestrichelte Linie spricht den Angaben der Seekarte. Dieses Lot, we ganz selbsttätig arbeitet und so zuverlässig gebaut ist die Sicherheit des Arbeitens stets gewährleistet ist, ents allen Ansprüchen, die in der praktischen Navigatio Tiefen von 10 bis 200 m gestellt werden, also bei

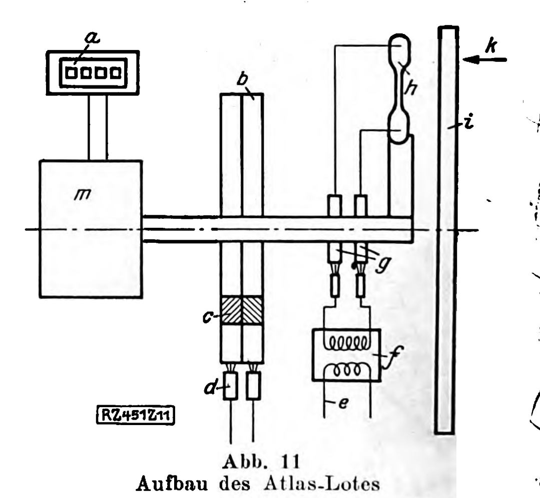


Abb. 11
Aufbau des Atlas-Lotes

a Drehzahlmesser
b Kontaktscheibe
c Segment
d Bürsten im Senderkreis
e Empfängerstromkreis
f Umformer
g Schleifringe
h Heliumröhre
i Teilung
k Blickrichtung
m Motor

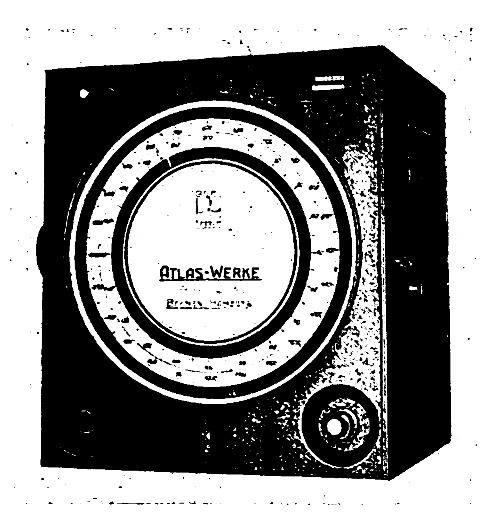


Abb. 12
Außenansicht des Atlas-Lotes

äherung an die Küste auftreten. Bis zu den größten ommenden Tiefen ist Hörempfang möglich.
Das Atlaslot hat sich auch auf der Reise des Vermessschiffes „Meteor" ausgezeichnet bewährt. Gleich- mit dem im vorhergehenden beschriebenen Signal- es regelmäßig in Abständen von 20 min benutzt wor- Bei zerklüftetem Boden ist häufiger gelotet worden. die ozeanographische Vermessung des südatlantischen ns sind im Verlaufe von zwei Jahren etwa 67 000 Lo- n ausgeführt worden.

Echolote mit Ultratonsender

Ultratöne sind Schallschwingungen oberhalb 20 000 , die über der Hörgrenze des menschlichen s liegen. Die Wellenlänge ist in Luft kleiner als n, in Wasser kleiner als 7 cm. Diese kurzen Wellen en in der Luft durch Absorption stark geschwächt; ihre Schwächung ist in Wasser etwa 100mal kleiner, und bei einer Frequenz von 70 000 Hertz hat man auf 10 km eine Energieschwächung um ein Drittel. Größere Entfernungen kommen bei Echoloten kaum vor, so daß man die Ultratöne für Lotzwecke benutzen kann.

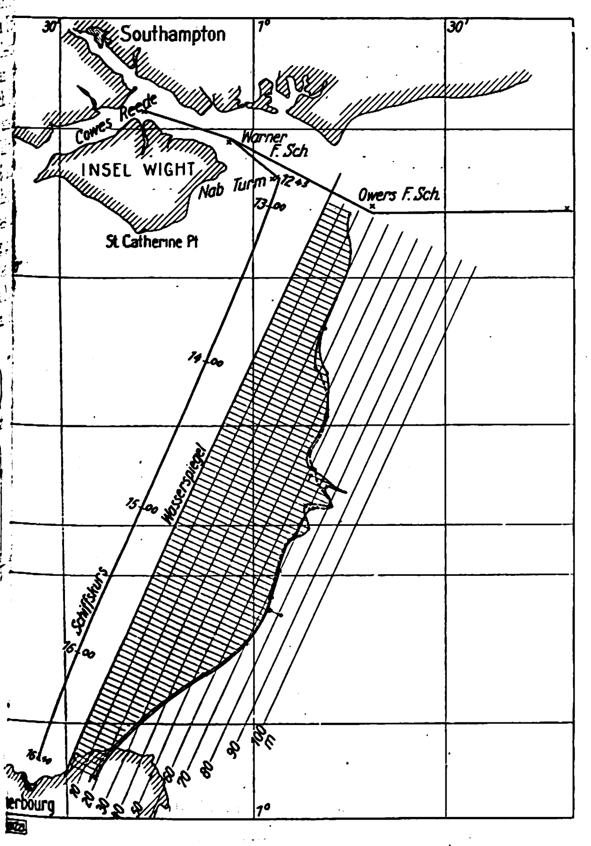


Abb. 13
Profil des Ärmelkanals zwischen Southampton und Cherbourg

Das Langevin-Florisson-Lot. Die Anwendung der Ultratöne für Echolote haben die Franzosen Langevin und Chilowsky vorgeschlagen. Die Apparate werden von der Société de Condensation et d'Applications méchaniques in Paris hergestellt. Zur Erregung der hohen Frequenzen wird der piezoelektrische Effekt von Quarzstücken benutzt. Dieser besteht nach Curie darin, daß ein Druck auf eine senkrecht zur sogenannten elektrischen Achse geschnittene Quarzplatte eine elektrische Ladung an den beiden Schnittflächen hervorruft und umgekehrt, so daß durch eine elektrische Ladung der Quarz zusammengedrückt wird. Beim Anlegen von Wechselspannung kann man den Quarz zu Schwingungen anregen, deren Amplitude bei Übereinstimmung der elektrischen Frequenz mit der mechanischen Eigenfrequenz des Quarzes brauchbare Größen von 10^{-5} cm erreicht.

Die Quarzplatten sind 2 mm dick und füllen mosaikartig den Kreis *a* in Abb. 14 von 10 cm Dmr. Zwei Stahlplatten *b* und *c* von je 3 cm Dicke sind beiderseitig aufgekittet. Die Platte *c* bildet den Abschluß gegen das Wasser, während die obere Platte *b* in Luft schwingt und die eine Stromzuführung trägt. Die andre Zuleitung führt durch den Körper. Der Sender wird durch ein Bodenventil aus dem Schiff herausgeschoben. Die Sendefrequenz von 37 500 Hertz entspricht einer elektromagnetischen Welle von 8000 m Länge.

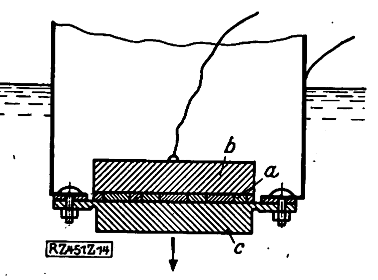


Abb. 14
Skizze des Langevin-Florisson-Senders
a Quarzplatten
b, *c* Stahlplatten

Zur Erregung dieses aus den beiden Stahlplatten als Belegungen und dem Quarz als Isolator bestehenden Kondensators benutzt man einen Hochfrequenzsender, wie er in der drahtlosen Telegraphie üblich ist. Am besten hat sich hier der Stoßfunkensender bewährt. Hiermit kann man leicht einen Wellenzug von $^1/_{1000}$ s Dauer aussenden. Zu bemerken ist noch, daß hohe Spannungen von einigen Tausend V erforderlich sind. Man baut deshalb die elektrische Hochfrequenzerzeugung unmittelbar neben dem Schallsender ein und braucht dann nur eine kurze, sehr gut isolierte Zuleitung zum Sender. Zum Empfang des Echos benutzt man auch den Sender, da der piezoelektrische Effekt umkehrbar ist.

Die Ultratonschwingungen werden durch einen Röhrenempfänger, ähnlich dem für Radiowellen, in hörbare Frequenzen umgewandelt oder auf einen elektromagnetischen Oszillographen von Dubois geschaltet. Durch einen genau umlaufenden Motor wird erreicht, daß der Sender jede Sekunde einmal eingeschaltet wird. Gleichzeitig läuft ein Lichtanzeiger auf einer Teilung. Da der elektrische Empfänger dauernd auf den Schallsender geschaltet ist, gibt er zunächst die Schallaussendung und dann das Echo wieder. Beides sieht man auf der Teilung. Die Einsätze beider Ausschläge geben die Lottiefe *u* in Abb. 15. Eine Lupe dient zur genauen Beobachtung des alle Sekunde wiederkehrenden Lichtfleckes. Ist die Tiefe unbekannt, so kann man mit Hilfe eines Telephons schnell den Einsatz des Echos finden. Das Langevin-Florisson-Lot ist in der vorliegenden Form in allen Einzelheiten mit großer Sorgfalt durchkonstruiert[10]). Es arbeitet schon bei den geringsten Tiefen von wenigen Metern unter dem Sender einwandfrei.

[10]) Vergl. Bureau Hydrographique International, Monaco, Publication speciale Nr. 3, Oktober 1924 und Nr. 14, August 1926.

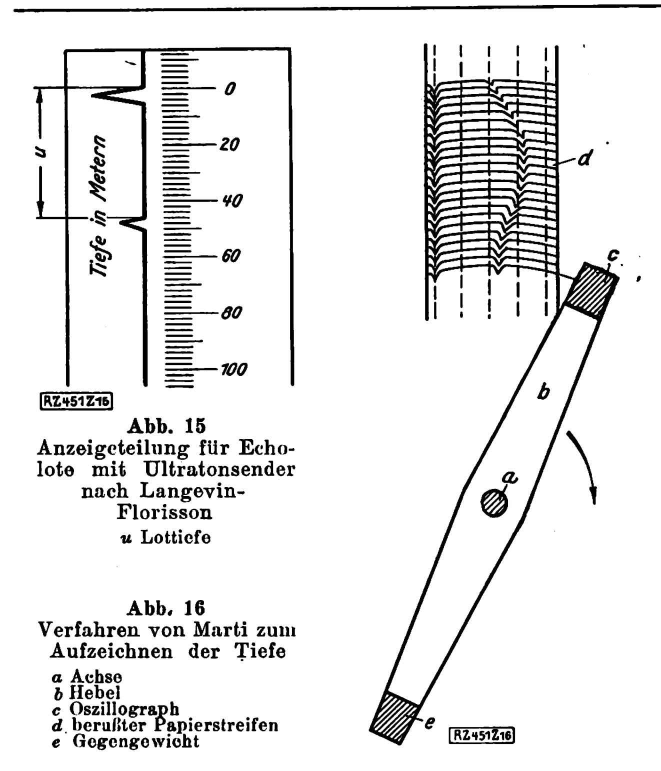


Abb. 15
Anzeigeteilung für Echolote mit Ultratonsender nach Langevin-Florisson
u Lottiefe

Abb. 16
Verfahren von Marti zum Aufzeichnen der Tiefe
a Achse
b Hebel
c Oszillograph
d berußter Papierstreifen
e Gegengewicht

Lotapparat nach M. Marti. Dieser benutzt auch die Langevinsche Sende- und Empfangseinrichtung, nachdem er die ursprüngliche Lotung mit Knallen aufgegeben hatte. Statt des optischen Anzeigeapparates hat er ein zeichnerisches Verfahren entwickelt, das einmal alle 3 oder 5 s die Ablesung der Tiefe erlaubt, außerdem aber noch das aufgenommene Profil des Meeresbodens aufzeichnet, Abb. 16; hierzu dreht sich um die Achse a der Hebel b mit gleichbleibender Geschwindigkeit. Dieser trägt an den Enden einen kleinen Oszillographen c, der seine Ausschläge senkrecht zur Bewegungsrichtung auf einen berußten Papierstreifen d aufzeichnet. e ist ein Gegengewicht.

Auf dem Papier sieht man den Einsatz der Schallabgabe und des Echos. Der Papierstreifen ist für Tiefen von 9 bis 200 m, für Handelsschiffzwecke 80 mm breit, für Vermessungszwecke 150 mm. Ein Modell für große Tiefen ist in der Entwicklung. Das Berußen des Papieres und das Fixieren der Rußschicht geht selbsttätig vor sich, Abb. 17. Der Streifen a wickelt sich von der mit der Feder b gebremsten Trommel c ab. Die Flamme d berußt das Papier. Die Rollen e_1, e_2, e_3, e_4 dienen zur Führung, f_1, g_1 und f_2, g_2 besorgen über h, i_1 und i_2 einen gleichmäßigen Vorschub. k entspricht der Hebelachse a der Abb. 16. Der Hebel b gleitet oberhalb l über den Papierstreifen. m enthält eine alkoholische Schellacklösung für das Fixieren der Rußschicht. Das Martische Verfahren ist eine sehr wertvolle Ergänzung des Langevin-Lotes. Die Tiefe soll mit einer Genauigkeit von 1 vH aufgezeichnet werden. Einzelheiten über ausgeführte Lotungen sind nicht bekannt.

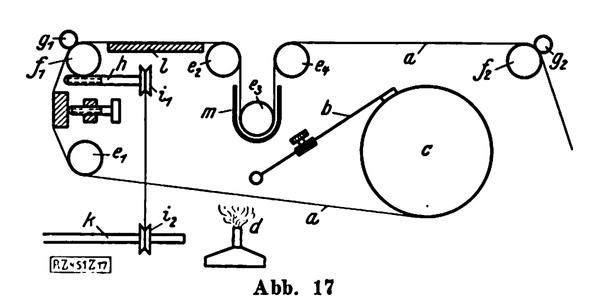


Abb. 17
Führung des Papierstreifens beim Martilot

a Papierstreifen
b Bremsfeder
c Trommel
d Rußflamme
e_1 bis e_4 Führungsrollen
f_1, g_1, f_2, g_2, h, i_1, i_2 Vorschubgetriebe
k Hebelachse
l Unterlage für den Schreibhebel
m Gefäß für Schellacklösung

Verwendung des Richtunghörens zum Loten

Bei dem gewöhnlichen Hören in Luft kann man [...] Richtung einer Schallquelle gewohnheitsgemäß lei[...] feststellen, indem man den Kopf solange dreht, bis [...] Schallquelle in der Symmetriebene des Kopfes liegt. N[...] Untersuchungen von v. Hornbostel und Wer[...]heimer[11]) hat man in diesem Falle keinen Zeitunt[...]schied zwischen dem Eintreffen desselben Schallreizes [...] beiden Ohren. Bildet die Richtung zur Schallquelle [...] der Blickrichtung den Winkel α, Abb. 18, dann best[...] die Beziehung $\frac{AC}{AB} = \sin\alpha$. AC entspricht dem Z[...]unterschied in der Erregung beider Ohren und die Gr[...]linie AB ist für Luft ein Festwert von 21 cm. Es ist [...] jedem Zeitunterschied ein subjektiver Richtungseind[...] gesetzmäßig zugeordnet.

Beim Empfang von Wasserschall erhält man di[...]ben Verhältnisse wie in Luft, wenn man den Abstand [...] beiden Empfänger A und B im Verhältnis der Scha[...]schwindigkeiten in Wasser und Luft von 4,3 vergrö[...] Man erhält so etwa 90 cm Abstand. Beide Empfä[...] haben gesonderte Stromkreise und erregen die Telep[...] t_1 und t_2. Zwischen diesen und den Ohren o_1 und o[...] Beobachters sind zunächst gleich lange Luftwege e[...]schaltet. Das rechte Ohr o_2 wird zuerst erreicht. [...] hat einen Richtungseindruck von etwa 30° rechts. [...]

Um diesen Seiteneindruck in den Mitteneindruck [...]zuführen, wird der Schallwegunterschied in W[...] $AC = 4{,}3\,d$ durch den Luftschallwegunterschied d [...]geglichen. Der Mitteneindruck läßt sich mit eine[...]nauigkeit von 1 cm Luftschallweg- oder $^1/_{33\,000}$ s Zeit[...]schied festlegen. Das menschliche Gehörorgan ist [...] ein ausgezeichneter Kurzzeitmesser. Das beid[...] Richtunghören, ist von der amerikanischen Marin[...] erst für akustische Lotungen benutzt worden[12]).

Das Winkelmeßverfahren, Abb. 19. [...] diesem sind im Vorschiff zwei Empfänger e_1 und [...] geeignetem Abstand angeordnet. Das von der S[...]schraube ausgehende Geräusch wird vom Meeres[...] zurückgeworfen und die Richtung des Echos mittels [...] Kompensators festgelegt. Bei einer mittleren E[...]nung der Empfänger von der Schraube 2 a ist die [...] $t = a \operatorname{tg} \alpha$. Hierbei ist ein ebener Meeresgrund vo[...]gesetzt. Ist er geneigt, so ist die Neigung dadur[...] messen, daß man Sender und Empfänger vertausch[...] die Winkelmessung wiederholt.

---

[11]) Vergl. E. M. v. Hornbostel und M. Wertheimer[...] Akad. d. Wissensch. Bd. 20 (1920) S. 338.

[12]) Vergl. H. C. Hayes, Proc. Amer. Philos. Soc. Bd. [...] S. 371, Marine-Review New York, Bd. 22 (1922) S. 411, Journ. F[...] Institute, Bd. 197 (1924) S. 323.

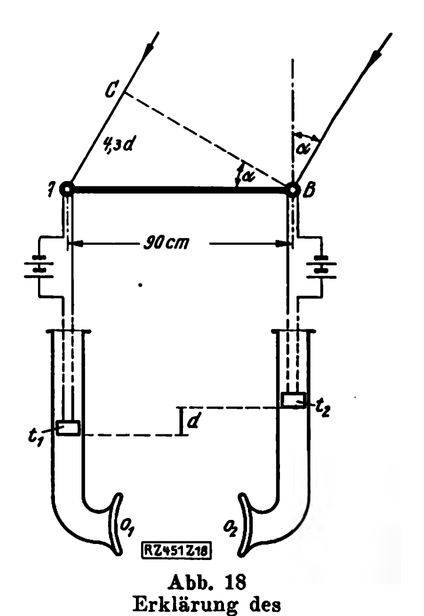


Abb. 18
Erklärung des Richtunghörens
t_1, t_2 Telephone o_1, o_2 Ohren

Die Genauigkeit des Verfahrens liegt bis zu Tiefen Sender- und Empfängerabstandes $2a$ innerhalb 3 vH, iber hinaus nimmt sie ab; ebenso auch für geringe e unterhalb $0{,}2a$. Bei kleinen Tiefen kann man je- mit einem verkleinerten a arbeiten. Das Verfahren ilso bei 100 m Länge zwischen Sender und Empfänger zwischen 10 und 100 m Tiefe mit Erfolg anwendbar. wird für größere Tiefen durch das Verfahren der llstöße abgelöst, setzt aber in beiden Fällen einen in Einstellung des subjektiven Richtungseindrucks ge- lten Beobachter voraus.

Verfahren der Schallstöße. Die Wir- sweise dieses in Deutschland und Amerika[13]) gleich- g angegebenen Verfahrens ist in Abb. 20 bis 24 er- rt. Der Sender s schickt in bestimmten Zeitabstän- kurze Schallstöße aus. In der Nähe des Senders ist Empfänger e_1 und in der Entfernung l der Emp- er e_2 angebracht. Beide Empfänger sind mit getrennten phonen verbunden. In Abb. 20 ist der Zeitunter- d zwischen dem Eintreffen zweier aufeinander fol- er Schallstöße so groß, daß man keinen Richtungs- ruck, sondern ein deutliches Nacheinander der Er- ng wahrnimmt.

Verkürzt man den Zeitabstand zwischen den ein- n Schallstößen allmählich, so erhält man einen Rich- eindruck, Abb. 21. Die Schallquelle scheint rechts gen. Mit zunehmender Zahl der Schallstöße in der de ergibt sich ein Mitteneindruck, Abb. 22, dann eindruck, Abb. 23. Einen weiteren Mitteneindruck t man, Abb. 24, wenn der Schallstoßabstand halb so ist wie in Abb. 22. Bei Lotungen liegt die Strecke l wagerecht, sondern entspricht dem Schallweg zum esboden und zurück. Der Abstand l ist jetzt np, wo c die Schallgeschwindigkeit, p der Zeit- schied zwischen den einzelnen Schallstößen und n ahl der Schallstöße ist, die sich zwischen Sender und änger befinden. Für Abb. 22 ist $n = 1$, für Abb. 24 . Verändert man die Frequenz der Schallstöße und beobachtet beim Übergang von dem Zeitab- p_1 auf p_2 a-mal den Mitteneindruck, dann ist

$$l = c\,n\,p_1 = c\,(n \pm a)\,p_2 .$$

man für die Zeitabstände p die entsprechenden Fre- zen $f = \frac{1}{p}$ ein, dann wird $l = \frac{c\,a}{f_2 - f_1}$.

Abgesehen von dem beidohrigen Mitteneindruck zur tellung der Gleichzeitigkeit läuft die Lösung der age auf eine genaue Bestimmung der Frequenzen d f_2 hinaus. Für diese Frequenzbestimmung hat es einen geeigneten Apparat angegeben: Von einem mäßig umlaufenden Motor wird eine Kreisscheibe a 50 cm Dmr. angetrieben, Abb. 25. Das Rädchen b

[13]) Vergl. W. Kunze, Phys. Zs. Bd. 22 (1921) S. 649.

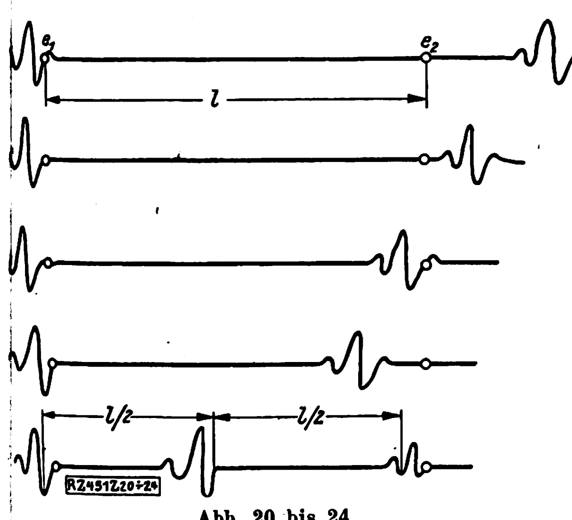


Abb. 20 bis 24
Verfahren der Schallstöße

e_1, e_2 Empfänger s Sender

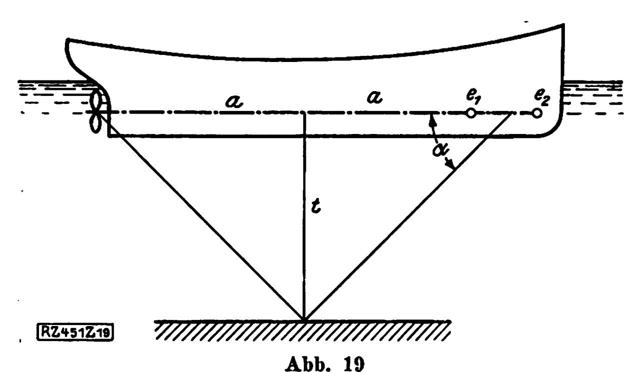


Abb. 19
Gerät für das Winkelmeßverfahren

$2a$ mittlere Entfernung der Empfänger e_1 und e_2 von der Schraube, t Tiefe des Meeresbodens

wird von ihr durch Reibung mitgenommen; dieses kann durch einen Schlitten c mit der Schraubenspindel d auf seiner Drehachse e in einer genau meßbaren Entfernung s vom Kreismittelpunkt o eingestellt werden. Auf der Achse e sitzen noch die Zahnräder z_1 und z_2, die eine Aussparung und zehn Aussparungen haben, in die bei jedem Umlauf die Federn f_1 und f_2 einspringen, einen Schallsender einschalten und so je nach Wahl einen oder zehn Schallstöße bei einem Umlauf veranlassen. Ist r der Halbmesser des Rädchens b, t die Umlaufzeit der Scheibe a, und $p = q/k$, wo q die Umlaufzeit des Rädchens und k die Kontaktzahl bei einem Umlauf ist, dann wird $l = \frac{c\,n\,t\,r}{k\,s}$. Die unbekannte ganze Zahl n kann man durch Änderung der Drehzahl von f_1 auf f_2 aussondern, wenn man den Abstand s_1 auf s_2 vergrößert. Es enthält die Gleichung

$$l = \frac{c\,t\,r\,a}{2\,k\,(s_2 - s_1)}$$

mithin nur bekannte Größen.

Mit dem Apparat von Hayes kann man alle vorkommenden Tiefen von 73 m an sehr genau feststellen. Bei 3600 m ist die Einstellgenauigkeit ± 0,6 m, also sicher viel größer als die Unsicherheiten, die aus der als bekannt eingeführten Schallgeschwindigkeit c folgen. Der Apparat ist zuerst auf der Fahrt des amerikanischen Zerstörers „Stewart" nach Gibraltar vom 22. bis 29. Juni 1922 zur Aufnahme eines Querprofils des Nordatlantischen Ozeans bei 215 Lotungen benutzt worden. Im November 1922 haben zwei andere amerikanische Schiffe an der kalifornischen Küste mit 5000 Lotungen ein Gebiet von etwa 100 000 km² bis zur 3600 m-Linie in 38 Tagen vermessen.

Freilote

Bisher wurden nur akustische Lote betrachtet, bei denen der ganze Weg vom Schiff zum Meeresboden und als Echo zum Schiff zurück von einer Schallwelle zurückgelegt wird. Es sind dieses alles Echolote, bei denen aus dem

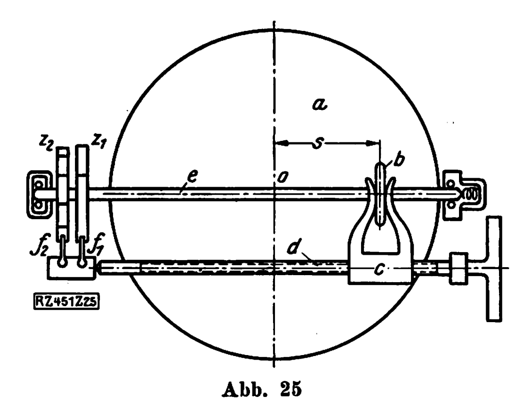


Abb. 25
Apparat zur Frequenzbestimmung von Hayes

a Kreisscheibe, b Reibrad, c Schlitten, d Schraubenspindel, e Drehachse, f_1, f_2 Federn, o Kreismittelpunkt, z_1, z_2 Zahnräder

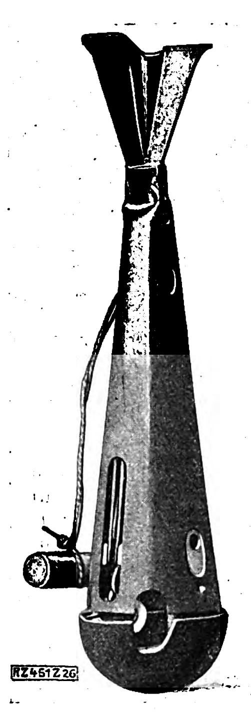


Abb. 26
Frei- oder Fall-Lot

Echo auf die Tiefe geschlossen wird. Bei der zweiten Art akustischer Lote spielt der Schall nur eine mehr nebensächliche Rolle: er dient nur zur Anzeige, daß ein vom Schiff versenkter Lotkörper den Meeresboden erreicht hat. Die Zeit, die zwischen dem Auftreffen auf der Wasseroberfläche und dem Zerknallen vergeht, ergibt bei gleichbleibender Fallgeschwindigkeit ohne weiteres die Wassertiefe. Auf diesem Gedanken beruht die Wirkungsweise des Frei- oder Fallotes, das im Jahre 1916 A. Wendler in Erlangen patentiert, in den letzten Jahren von Settegast bei der Signal-Gesellschaft, Kiel, ausgebildet wurde und jetzt von den Atlaswerken, Bremen, vertrieben wird. Es besteht aus einem stromlinienförmigen Körper von 150 mm Länge und 106 g Gewicht, Abb. 26, und hat am oberen Ende zwei Schwanzflossen, die die Stetigkeit des Falles im Wasser sichern und bei der Herstellung zur Einstellung der Sinkgeschwindigkeit von 2 m/s dienen.

Die untere, halbkugelige Kappe von 35 mm Dmr. ist beweglich, sie löst beim Auftreffen auf dem Grund einen Hebel aus, der ähnlich wie die Abschußvorrichtung eines Gewehres einen mit einer Feder gespannten Schlagbolzen freigibt, wodurch eine mit 0,2 g Knallquecksilber geladene Patrone zerknallt. Auf weitgehenden Schutz gegen vorzeitige Auslösung ist großer Wert gelegt. Die Hauptsicherung ist ein Vorstecker im Schlagbolzen, der erst kurz vor dem Gebrauch, wenn sich das Freilot bereits in einem zum Abwurf benutzten Stahlblechrohr befindet, mit dem links in der Abbildung sichtbaren Knebel herausgezogen wird. Dann sind der Schlagbolzen und die Auslösekappe noch durch Fließpapierstreifen gesichert, die sich erst im Wasser auflösen.

Das Lot wird z. B. von der Brücke nach Leeseite geworfen, eine Stoppuhr in dem Augenblick in Gang gebracht, wo das Lot die Wasseroberfläche durchschneidet, im Moment des Zerknalls, den man in geringen Tiefen bis 25 m gewöhnlich ohne weiteres hört oder bei sehr schlechtem Wetter und größeren Tiefen mit der gewöhnlichen Wasserschall-Empfangsanlage feststellt, hält man die Uhr an. Die abgelesene Sekundenzahl entspricht der halben Tiefe. Die Zeit, die der Schall für den Weg vom Meeresgrunde zum Empfänger braucht, ist stets zu vernachlässigen. Man macht damit für alle Wassertiefen einen gleichbleibenden Fehler von 0,13 vH.

Bereits nach 30 cm Weg im Wasser hat sich eine gleichbleibende Geschwindigkeit eingestellt[14]), hierbei ist vorausgesetzt, daß das Freilot an der Wasseroberfläche die Geschwindigkeit null hat. Dieses ist in der Praxis nicht der Fall, man wirft das Lot aus größerer Höhe. Läßt man jetzt eine Stoppuhr vom Abwurf an laufen, dann sind von der aus der Sekundenzahl bestimmten Tiefe, je nach der Abwurfhöhe, 2 bis 4 m (bei 5 bis 20 m über dem Wasserspiegel) abzuziehen.

Bei diesem auf Grund eingehender Versuche bei der deutschen Marine eingeführten Lotgerät kann man bis 50 m Tiefe mit einem Fehler unter 5 vH rechnen, bei größeren Tiefen — es sind Lotungen auf über 500 m Tiefe gemacht — wird er noch geringer. Bei diesen hat es jedoch den Nachteil, daß eine ziemlich lange Zeit bis zum Zerknall vergeht, so daß sich das Schiff inzwischen von dem Ort, wo das Freilot geworfen wurde, ein beträchtliches Stück entfernt hat.

[14]) Vergl. H. Stenzel, Werft, Reederei, Hafen, Bd. 7 (1926) S. 117.

Einfluß der Wasser- und Bodeneigenschaften

Bei den Echoloten ist die Zeit zwischen dem Abs[illegible] den und dem Empfang des Schallsignals das Maß für [illegible] Tiefe, wobei eine stets gleiche Schallgeschwindigkeit v[illegible] ausgesetzt ist. Diese Annahme trifft jedoch nicht gen[illegible] zu, sondern die Schallgeschwindigkeit ändert sich mit [illegible] Temperatur, dem Salzgehalt und dem Druck. Der [illegible] wachs an Schallgeschwindigkeit beträgt für 1 °C e[illegible] 3,5 m (2,3 vT) und für 1 vT Salzgehalt nur 1,1 m (e[illegible] 0,7 vT), ist also gering, so daß die unberichtigten E[illegible] tiefen ein gutes Bild der Bodengestaltung geben. [illegible] nautische Zwecke wird es sogar zweckmäßig sein, nur d[illegible] rohen Echotiefen anzugeben, soweit man voraussetzen k[illegible] daß sich die Geschwindigkeit auf dem größten Teil [illegible] Weges nicht ändert. Für genaue Tiefenangaben müssen [illegible] Änderungen der Schallgeschwindigkeit berücksich[illegible] werden. Nach Maurer[15]) kann man die Schallgeschw[illegible] digkeit im Seewasser berechnen nach der Formel:

$$c = 1445 + 4{,}46\,t - 0{,}0615\,t^2 + (1{,}2 - 0{,}015\,t)(S - 35),$$

wo t die Temperatur in °C und S den Salzgehalt i[illegible] bedeuten.

Die Verhältnisse sind in den einzelnen Me[illegible] gebieten verschieden. Schumacher[16]) berechnet [illegible] fünf Meeresteile die mittleren Schallgeschwindigk[illegible] für die Tiefe. In äquatorialen und subtropischen Z[illegible] findet zuerst eine Abnahme und erst von 1500 bis 30[illegible] Tiefe eine Zunahme der Schallgeschwindigkeit statt. [illegible] Nordatlantik, Mittelmeer und Polargebiet wächst [illegible] Schallgeschwindigkeit mit der Tiefe, im Polargebie[illegible] stärksten. Man erhält unter Zugrundelegung der E[illegible] schaften des Wassers an der Oberfläche bei akusti[illegible] Lotverfahren zu geringe Tiefen, während mit einem D[illegible] lot die Tiefen grundsätzlich zu groß gemessen wer[illegible] beide Werte weichen um 3 bis 4 vH voneinander ab. [illegible] die wahre Tiefe zu bekommen, muß man daher die Echolottiefe um etwa 1 bis 2 vH vergrößern.

Genaue Angaben wird man erst nach einer Durcha[illegible] tung der mit dem Forschungsdampfer „Meteor" ge[illegible] nenen Meßergebnisse machen können. Dieser wurde [illegible] seine kürzlich beendete Forschungsreise, Abb. 27, [illegible] einem Behmlot, einem Atlaslot und einem Signallot [illegible] gerüstet, ohne sie wäre es nach Angabe von Spieß [illegible] möglich gewesen, die Forschungsarbeit den an Ort [illegible] Stelle angetroffenen Verhältnissen und Fragen a[illegible] passen[17]). Abb. 27 zeigt den Verlauf der Fahrt. [illegible] ihr wurden fast täglich die Echolotungen durch D[illegible] lotungen nachgeprüft und dabei die physikali[illegible]

[15]) Vergl. H. Maurer, Ann. d. Hydrographie, Bd. 52 (192[illegible]) und 220.
[16]) Vergl. A. Schumacher, Ann. d. Hydrogr., Bd. 52, (192[illegible])
[17]) Vergl. F. Spieß, Ann. d. Hydrographie, Bd. 54 (1926) S. 7.

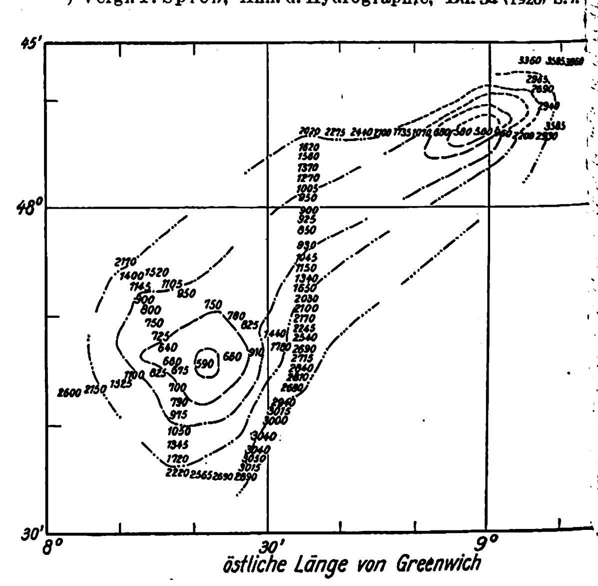


Abb. 28
Vermessung mit akustischen Mitteln. Die hiermit entd[illegible] Meteorbank.

nschaften des Wassers en verschiedenen Tiegen gemessen. Den auf einer Vermessung akustischen Lotmitteln Abb. 28. Durch Abn von Zickzackkurven le die „Meteor"-Bank ckt und ihre Ausdehvon 600 m Breite und m Länge in einem einschließlich der ere Stunden beanchenden Drahtlotungen legt.

rungen mit den deutn akustischen Loten

Die meisten Erfahrunüber akustische Lote er Forschungsdampfer eor" auf seiner 2¼jäh- Fahrt gewinnen könwurden doch auf der 0 Seemeilen langen t rd. 67 000 Echolotunvorgenommen. Der Behierüber lautet im ug[18]):

„Die Grundlage für die ischen Lotungen bilie Echolotapparate der lgesellschaft Kiel und Atlaswerke Bremen. z der dauernden Beanchung der Lotapparate en sie Vorzügliches. akustische Lotprohm im zweiten Jahre Expedition hat nicht aufrechterhalten werkönnen, sondern ist r erweitert worden.

Kleine technische Verrungen, wie Verlän- des Sendetons bei en Tiefen und Einlten eines zweiten kreises im Signallot, ten dazu, das Loten bei wierigen Empfangsvernissen leichter und erer zu gestalten. Auch Loten kleiner Tiefen dem Atlaslot wurde bessert. Es wurden ch entsprechende Empflichkeitseinstellung der pfänger Tiefen bis zu is 8 m gelotet.

Das Signallot gestattet besonders gut, den Meeboden gewissermaßen zutasten. Aus der Art r Wiederholung des hos kann man auf die dengestaltung schließen.

Abb. 27
Reisekarte des „Meteor" vom 16. April 1925 bis 2. Juni 1927, gedruckt in der Marineleitung

i ebenem Boden wiederholt sich das Echo in gleichen eßbaren Abständen, bis zu fünfmal hörbar, bei einem rk bewegten Meeresboden kommen die Echos in uneichen Abständen angerollt und überschlagen sich. Man nn also aus dem Echo auf einen in der Nähe befindhen Anstieg oder Abfall schließen.

Die Versuche mit dem Behmlot, Type II, wurden planmäßig fortgesetzt. Das Ergebnis war jedoch wenig zufriedenstellend. Die mit dem Behmlot, Type IIa, angestellten Versuche sind günstiger ausgefallen. Es wurden Lotungen bis 120 m erreicht. Jedoch ist die Streuung in den Angaben so groß, daß eine praktische Anwendung infolge des ungenügenden Genauigkeitsgrades bisher nicht in Frage kam.

Die Freilote haben sich bei geringen Tiefen als brauchbar erwiesen." [B 451]

[18]) v. Recum, Z. Ges. f. Erdkunde 1927 Heft 3 S. 156.

Die Rohgummiaufbereitung

Von W. C. G. Mewes, Somarang (Java)

Die bisher üblichen Verfahren — Pressen und Zerstäuben des Rohgummis — Verschiffen der rohen Gummimilch — Inlandverarbeitung

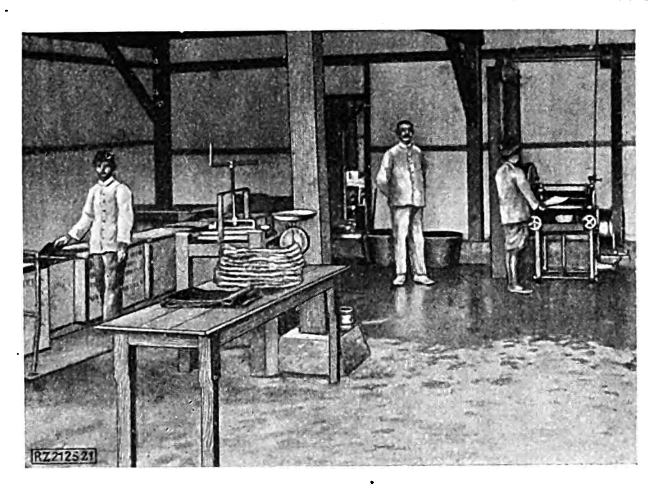
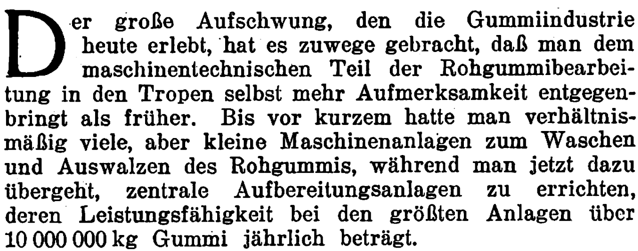


Abb. 1
Sheet-Herstellung



Abb. 2
Crêpe-Herstellung



Der große Aufschwung, den die Gummiindustrie heute erlebt, hat es zuwege gebracht, daß man dem maschinentechnischen Teil der Rohgummibearbeitung in den Tropen selbst mehr Aufmerksamkeit entgegenbringt als früher. Bis vor kurzem hatte man verhältnismäßig viele, aber kleine Maschinenanlagen zum Waschen und Auswalzen des Rohgummis, während man jetzt dazu übergeht, zentrale Aufbereitungsanlagen zu errichten, deren Leistungsfähigkeit bei den größten Anlagen über 10 000 000 kg Gummi jährlich beträgt.

Der Arbeitsgang der früheren Anlage für Plantagengummi war bekanntlich wie folgt:

Zur Gummierzeugung wurden fast ausschließlich die Hevea-Gummibäume benutzt. Hiervon wird die Gummimilch (Latex genannt) durch Anschneiden der Rinde gewonnen und in Schalen, die an den Bäumen befestigt sind, aufgefangen. Die Latex wird dann zur Fabrik gebracht und, da ihr Gummigehalt schwankt, zuerst auf einen mittleren Gehalt mit Wasser gemischt. Hierauf setzt man ein Koaguliermittel hinzu, wie z. B. Essigsäure, Ameisensäure usw., und erreicht hierdurch, daß die Latex gerinnt, d. h. die festen Gummibestandteile schlagen sich nieder, während die Serumflüssigkeit darüber abgeschieden wird. Der so gewonnene Gummikuchen wird dann mit einfachen Mangeln auf 3 bis 4 mm Dicke ausgewalzt, Abb. 1, und die so erzeugten Streifen werden in einem Trockenhaus unter Einwirkung von Rauch getrocknet. Der Rauch macht den Gummi haltbar und gibt ihm eine gelbe, durchsichtige Farbe. Das Erzeugnis, das nach diesem Arbeitsvorgang hergestellt ist, kommt unter dem Namen Sheet auf den Weltmarkt.

Ein andres, älteres Verfahren ist, die frischen Gummikuchen mit Hilfe von schweren Hartgußwalzen fein auszuwalzen, Abb. 2, und dabei mit Wasser den Gummi zu durchspülen. Man erhält dann Bänder bis zu 1 mm Dicke, die in den einfachen Lufttrockenhäusern getrocknet werden. Das fertige Erzeugnis, ein kreppartiges, weißgelbes, undurchsichtiges Band von ungefähr 300 mm Breite, wird dann als Crêpe auf dem Markt verkauft.

Heute, wo der Jahresbedarf der amerikanischen Gummifabriken gewaltig gestiegen ist, verlangt man vor allem eine Rohgummisorte mit völlig gleichbleibenden Eigenschaften. Ferner will man diese urwüchsigen und verhältnismäßig teuren Arbeitsverfahren durch bequemere und billigere ersetzen.

Der erste Weg war, daß mehrere Pflanzungen sich zusammentaten, und daß man die frischgefüllten Gummikuchen unter einer schweren hydraulischen Presse entwässerte. Der Preßblock wurde dann mit Jute um[...] und kam so zum Versand. Da der Gummi trotz [...] Pressung noch viel Wasser enthielt, gingen die beigem[...]ten Eiweißstoffe während der Reise in Fäulnis über [...] verbreiteten einen so schlechten Geruch, daß man Sch[...]rigkeiten hatte, die Ware zu versenden und zu verarbe[...] Man kann durch Zugabe von Chemikalien dieses [...] abschwächen, aber man muß auch dann eine geringe [...]schlechterung des Gummis in den Kauf nehmen. Die a[...]kanischen Fabriken verarbeiten dieses Erzeugnis des[...] nicht mehr, und soweit sich feststellen läßt, findet [...] Verarbeitung nur noch für eine italienische Fabrik [...]

Der neueste Trockenvorgang dagegen ist die [...]stellung von Sprayed-Rubber oder Staubgummi, bei [...] ungefähr die gleichen Verfahren benutzt werden wie [...] der Herstellung von Trockenmilch nach Krause. [...]bei wird die Latex durch eine schnell drehende Sc[...] fein zerstäubt und fällt mit einem warmen Luftstrom [...]sammen hernieder. Auf diesem Wege wird der Gumm[...]trocknet und legt sich flockenartig nieder. Das Verfa[...] selbst und das Erzeugnis ist durch ein amerikanis[...] Patent von Hopkinson geschützt und wird heut[...] Sumatra, Java und Singapore benutzt.

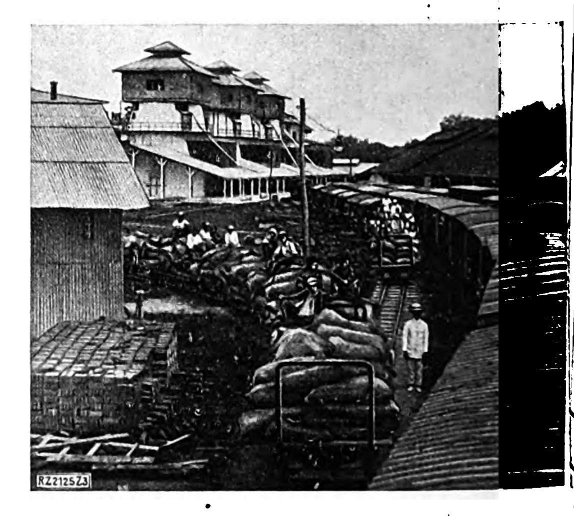


Abb. 3
Anlage mit drei Türmen in Boenoet zur Herstellung von Staubgummi

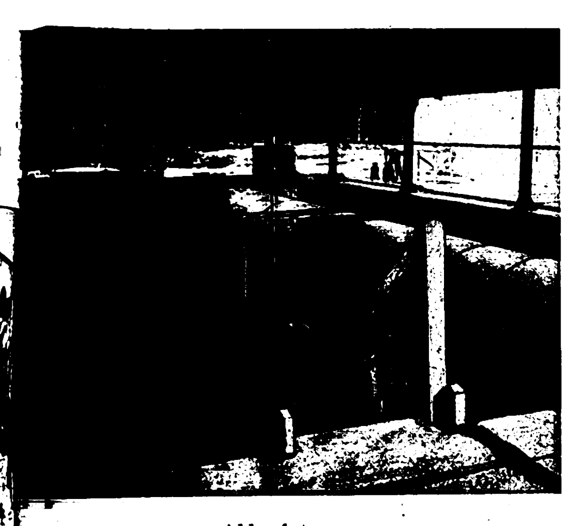


Abb. 4
...mpfangstelle für Latex in der Fabrik in Boenoet

...ie größte Anlage dieser Art hat Boenoet auf ...atra; sie gehört der United States Rubber Plantations, Abb. 3 gibt die Anlage mit drei Trockentürmen ...er. Jetzt ist man dabei, sie auf acht Türme zu ver...ern. Die Fabrikorganisation ist nach amerikanischem ...er vorbildlich durchgeführt und zeigt, daß auch Groß...ebe in den Tropen ohne weiteres möglich sind.

...ie Gummimilch wird in Kesselwagen zur Fabrik ...acht, gewogen und der Gummigehalt bestimmt; sie ... dann in große Vorratsbehälter, Abb. 4. Um ein ...rühes Gerinnen zu verhindern, wird ein kleiner Zusatz ...Ammoniak beigemischt. Von diesen Behältern wird ...Luft die Flüssigkeit nach den Türmen gedrückt. Das ...pen mit Kolben- oder Kreiselpumpen ist unmög... da hierdurch ein Teil der Latex gerinnt und bald ...Pumpen verstopft. Oben in den Türmen sind Vorrat- ...Meßbehälter angebracht, und von hier fließt die Latex ...er Zerstäuberscheibe. Schematisch zeigt Abb. 5 den ...au eines Turmes. Die Zerstäuberscheibe selbst hat ...fähr 450 mm Dmr.; sie wird von einem Elektromotor ...trieben und macht 2850 Uml./min. Diese Einrichtung ...leicht auswechselbar und hängt in einem Turm von ... 9 m Höhe und 10 m² Grundfläche. Der Turm besteht ... Beton. Oberhalb der Scheibe *b*, Abb. 5, wird warme

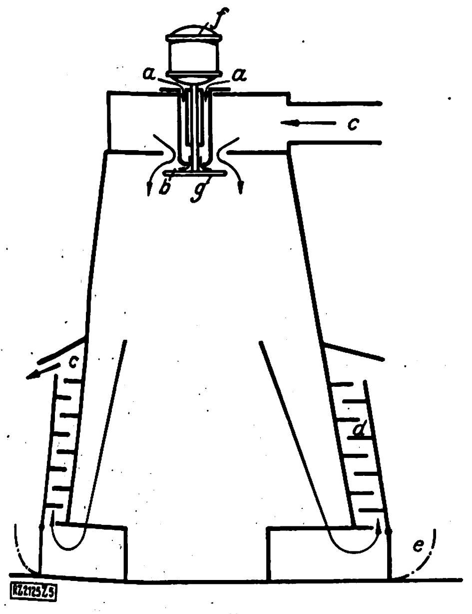


Abb. 5
Zerstäuberturm

a Latex-Einlauf *b* Warme Luft mit Latex *c* Warme Luft
d Gummi-Staubfänger *e* Klappe für den Entleerboden
f Elektromotor *g* Zerstäuberscheibe

Luft von etwa 350 °C zugeführt, und beim Fallen werden die Latextropfen durch sie getrocknet. Die warme Luft entweicht unten mit ungefähr 200 °. Die mitgerissenen Gummiteilchen werden durch Stoßplanken zurückgehalten.

Der Boden des Turmes steht auf Rollen, und wenn eine bestimmte Menge Gummi durchgesetzt ist, wird er herausgezogen und der flockenartige weiße Gummischnee wird dann in Ballen von rd. 500 × 500 × 450 mm³ im warmen Zustande gepreßt. Dieser Vorgang erfordert sehr wenig Kraft, und zur Bedienung eines Turmes von ungefähr 300 kg trocknem Gummi stündlicher Leistung werden drei Arbeiter gebraucht. Der Gummi, den man so gewonnen hat, ist durch keinerlei Chemikalien verunreinigt, und man behauptet, daß die Zug- und Verschleißfestigkeit hierdurch bedeutend steigt. Man hat Zahlen erreicht, wonach die Zugfestigkeit von Crêpegummi 140 kg/cm² beträgt, während sie bei Staubgummi 220 kg/cm² erreichen soll. Die Zahlen sind aber sehr vorsichtig aufzunehmen, und es läßt sich nicht eindeutig feststellen, welche Verbesserung wirklich erzielt wird.

Vorläufig können diese Anlagen nur für Großbetriebe benutzt werden, doch ist man dabei, auch eine Lösung für kleinere Anlagen zu finden.

Im Jahre 1923 ging man auch dazu über, die Latex selbst zu verschiffen, um sie in Amerika für die Gummierung von Geweben unmittelbar zu benutzen. Auch sprach man davon, die Latex für die Papierfabrikation, für die Farbenherstellung usw. zu verwenden. Die Latex wurde in großen Tanks gesammelt und unter sorgfältigem, langsamem Rühren mit Ammoniak gemischt, so daß die Flüssigkeit für den langen Weg haltbarer gemacht wurde. Die Latex wurde dann durch Druckluft in Tankschiffe übergepumpt. In der letzten Zeit hört man sehr wenig davon, und es ist wohl anzunehmen, daß der Preis der Beförderung eine große Rolle spielt, da ⅔ der Latex Wasser sind.

Eine äußerst wichtige Stellung nimmt heute auch der von der inländischen Bevölkerung selbst erzeugte Rohgummi ein. Der Inländer hat natürlich keine großen Maschinen zur Verfügung. Er kann nur ein Halberzeugnis herstellen, das vor dem Versand nach Amerika oder Europa nochmals verarbeitet werden muß. Der Inländer benutzt nicht nur Säuren zum Koagulieren, sondern vielfach auch Alaun, gegorenes Kokosnußwasser oder Urin. Er walzt dann mit einer Flasche oder mit einer kleinen Mangel die Kuchen aus und hängt sie zum Vortrocknen auf. Diese Kuchen enthalten im Mittel 25 bis 30 vH Wasser und Schmutz. In diesem Zustande werden sie von den chinesischen Gummihändlern aufgekauft und zum größten Teil nach Singapore verschifft. Hier werden sie gesondert, durch schwere Walzwerke mit geriffelten Walzen zerrissen und unter Zufügung von Wasser gewaschen. Das Erzeugnis wird dann ähnlich wie Crêpe ausgewalzt, nur daß die Bänder viel dicker sind. Die Bänder werden dann in einem Trockenhaus getrocknet, was bis zu vier Wochen dauern kann, und kommen dann als grau-weißliche Blanket-Crêpebänder auf den Markt

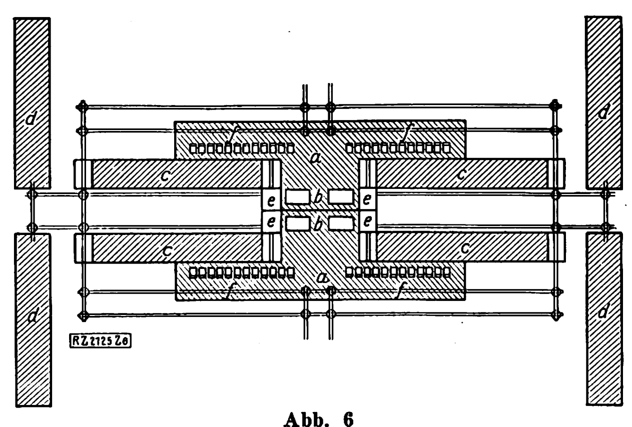


Abb. 6
Gummifabrik für die Verarbeitung von inländischem Gummi
Leistung 40 t in 24 h

a Maschinenraum *b* Motorraum *c* Vortrockner
d Trockenhaus *e* Wassertank *f* Gummiwalzen

Es gibt Fabriken, die über 100 Walzwerke haben und die mehr als 1000 PS verbrauchen. Daraus geht wohl am besten hervor, welche große Rolle der inländische Gummi heute spielt.

Auch in Niederländisch-Indien ist man jetzt dabei, große zentrale Fabriken zu errichten. Die Fabrik, Abb. 6, ist vorgesehen mit 48 Walzwerken; sie hat einen Vortrockner, auf dem zuerst die Hauptmengen des eingeschlossenen Wassers aus den Crêpebändern entfernt werden. Danach werden die Bänder in einem Trockenhaus fertig getrocknet. Mit dieser Anlage soll es möglich sein, in 24 h 30 bis 40 t marktfähigen Gummis herzustellen.

Wie schon anfangs erwähnt wurde, ist die Rohgummibearbeitung in einem Entwicklungszustand, und es läßt sich noch nicht sagen, welche Wege künftig eingeschlagen werden. Einmal ist man dabei, die bekannten Maschin zu verbessern und zu vervollkommnen, und es gibt he schon Maschinen, die Sheets vollkommen selbsttätig h stellen. Auf der andern Seite sucht man nach ei neuen Lösung. Es werden Versuche angestellt mit Elektroosmose, und man hat gefunden, daß man du Zufügung eines Elektrolyten zur Latex den festen Gu ausfällen kann. Alle diese Versuche sind aber in Praxis noch nicht erprobt worden, und es bleibt ab warten, ob sie die bekannten Arbeitsverfahren verdrän können. Es muß überdies damit gerechnet werden, daß üblichen Handelsmarken seit vielen Jahrzehnten auf Weltmarkt bekannt sind, und daß so leicht kein and Arbeitsverfahren das alte übliche Auswalzverfahren Sheets oder Crêpe wird verdrängen können. [B 212

Versuchstriebwagen der Straßenbahn von Springfield

Der Straßenbahn-Wagenbau hat lange Jahre technischen Stillstands hinter sich gehabt, bevor in den letzten Jahren, insbesondere durch den Wettbewerb des Kraftomnibusses angeregt, eine Reihe wertvoller technischer Neuerungen eingeführt wurden. Diese liegen wesentlich auch auf dem Gebiete der Formgebung insgesamt und der inneren Ausstattung, die gegenüber dem Wettbewerb des Kraftomnibusses besonders rückständig geblieben waren.

Ein neuerdings von der Straßenbahn in Springfield (Massachusetts, Ver. Staaten von Amerika) in Dienst gestellter Versuchstriebwagen stellt ein kennzeichnendes Beispiel für die Richtung dieser Entwicklung in den Vereinigten Staaten dar. Der Vorliebe für den Kraftomnibus verdankt diese Versuchsbauart schon äußerlich ihre Anlehnung an dessen Bauformen. Die Führerstand-Stirnwände des Wagens sind denen des Kraftomnibusses sinngemäß angenähert: der ganze Führerstand mit seinen Geräten liegt in einem Vorbau, dessen seitliche und vordere Glaswand wie die Windschutzscheiben eines Kraftwagens schräg gestellt sind. Neben einem ausgezeichneten Rundblick gewährt diese Anordnung dem Führer die vom Kraftwagen her bekannte Freiheit gegen Blendung durch die Beleuchtung des Wagens und andrer Fahrzeuge.

Der Wagen ist vierachsig mit zwei Drehgestellen, deren Bauart wesentliche Neuerungen aufweist. Die gewalzten Vollscheibenräder von 660 mm Dmr. laufen in Kegel-Doppelrollenlagern auf einer Achse mit Ausgleichgetriebe und werden über eine untenliegende Schnecke von den am Drehgestellrahmen aufgehängten beiden Motoren einzeln angetrieben. Dadurch ist das ganze Motorgewicht gefedert und das ungefederte Gewicht auf den Achsen weitgehend vermindert worden. Außerdem konnten wegen des großen Übersetzungsverhältnisses von 1 : 10, das sich in der Schnecke leicht konstruktiv unterbringen läßt, schnelllaufende und daher leichte Motoren verwendet werden.

Die Achsen werden durch untenliegende, mit ihren Enden zwischen Gummiblöcken geführte Blattfedern gestützt. Der aus gebogenen U-Trägern bestehende Drehgestellrahmen wird gegen das Wagenuntergestell nochmals durch Schraubenfedern abgefangen, die bis zu Dreiviertelbesetzung des Wagens wirksam sind und sich dann selbsttätig ausschalten. Die Räder haben Innenbackenbremsen und an den Radscheiben angeschraubte Bremstrommeln. Das Gesamtgewicht eines Drehgestells beträgt betriebfertig 2560 kg und verteilt sich auf zwei Motoren mit 385 kg, zwei Radsätze mit 1400 kg, den Drehgestellrahmen mit 740 kg sowie Wellen und Kupplungen mit 35 kg.

Das Untergestell des Wagens besteht aus Stahl, mit Ausnahme der Duralumin-Querträger, während für die Kastensäulen noch Holz mit Verstärkungswinkeln aus Leichtmetall verwendet worden ist. Man findet hier also die Bauweise, die auch für die Berliner Omnibusse der Aboag als die wirtschaftlichste Lösung gefunden worden ist. Diese Kasten werden in den eigenen Werkstätten der A aus Eschenholz hergestellt. Die Bekleidung des W kastens besteht aus Leichtmetallblechen, die 200 mm das Untergestell herabreichen und dadurch eine Sch bilden, die die elektrische Ausrüstung unter dem W kasten und die beweglichen Teile des Drehgestelles zu e großen Teile wirksam abdeckt. Das Dach besteht aus dernholz und ist mit Deckenleinen bespannt. Die Länge des Wagens beträgt 13 m. Durch die gedrängte art des Drehgestells war es möglich, mit 820 mm bodenhöhe auszukommen, so daß nur eine Eintrittstu forderlich war.

Die Führerstand-Windschutzscheibe ist mit einem trischen Fensterwischer und einem Sonnenschutzdach gerüstet; vor der Stirnwand ist ein normaler Kraftw Stoßfänger angebracht. Der Wagen enthält 45 Sitzp und zwar 16 querstehende Doppelsitze, ledergepolster klappbaren Rückenlehnen, vier Längsbänke für je drei sende und je einen Drehsessel in jedem Führerstand, w einer jeweils für einen Fahrgast zur Verfügung steht. weichend von dem bisherigen allgemeinen Gebrauch hat auch der Führer einen bequemen Ledersessel mit Rü lehne, und er führt den Wagen ganz wie ein Kraftw lenker.

Die vier Motoren von je 35 PS Stundenleistung w ferngesteuert; im Führerstand befindet sich eine 24 V-S walze, deren Kurbel in einer senkrechten Ebene g wird; der Strom wird zwei hintereinander geschal 12 V-Batterien entnommen. Diese Batterien sind i Stromkreise für die Beleuchtung und den Luftverdi eingeschaltet und werden daher mit aufgeladen, sobal Verdichter läuft oder die Beleuchtung eingeschaltet Aus den Batterien werden auch die Notlampen gespeis daß keine Öllaternen mehr für diesen Zweck erforde sind.

Auch die Druckluftbremse und die Druckluft-Türsch einrichtungen haben elektrische Fernsteuerung. An D luftleitungen befindet sich im Führerstand also nur die Manometer. Sämtliche Luftleitungen bestehen aus L metallrohren. Die Notbremse wird durch einen Hand ähnlich wie beim Kraftwagen betätigt, der jeweils nur nächstliegende Drehgestell abbremst. Das Gesamtge des Wagens ist mit 10 600 kg sehr niedrig und u außer 5120 kg für die beiden vollständigen Drehge Untergestell und Wagenkasten mit 3530 kg, Sitze 790 kg, Fußboden mit 90 kg, elektrische Heizung mit 13 elektrische Ausrüstung im Wagenkasten mit 270 kg Luftbremse mit 450 kg.

Für die Untersuchung des Wagens ist ein weitgehe Programm aufgestellt worden, das auch das Messen Fahrgeräusches umfaßt, auf dessen Verminderung bei Konstruktion besondere Aufmerksamkeit verwandt wo ist. Die Herstellungskosten dieser neuen Wagenba liegen, Bau einer größeren Zahl vorausgesetzt, nur unwesentlich über denen der normalen vierachsigen Stra bahntriebwagen gleicher Leistung. [N 439] G

Die Müllverbrennung nach dem Kriege

Von Baurat Otto Uhde, Hamburg

Erste Anfänge — Herdofen — Schachtofen — Einführung maschineller Fördermittel — Vorschubtreppenrost — Schachtofen mit Ausdrückmaschine — Erzeugnisse — Aussichten

Abb. 1
Müllverbrennungsanstalt Alter Teichweg in Hamburg

Ältere Verfahren der Müllverbrennung

Unter den kommunaltechnischen Aufgaben nimmt die Beseitigung des Mülls eine besondere Stellung ein. da bis heute die Frage, welcher Weg hier einzu-
agen sei, noch nicht grundsätzlich geklärt ist.

In England, dem Lande des brennstoffreichen Mülls, eitigt man das Müll durch Verbrennen. Auf dem Fest-
d entschloß man sich erst recht spät hierzu, und zwar rst im Jahre 1893/94, unter dem Druck des Cholera-
res in Hamburg[1]). Das englische Müll hat in der gel einen Heizwert von 3000 bis 4000 kcal/kg, während n beim Müll auf dem europäischen Festland mit Heiz-
rten von 1200 bis 1500 kcal/kg und darunter zu rechnen . Man konnte daher mit dem vom Festlande stammen-
n Müll im englischen Herdofen, den man zunächst auch f dem Festland anwandte, nicht dieselben günstigen gebnisse erzielen wie mit englischem Müll. Bei manchem ll deutscher Städte mußte sogar ein fremder Brenn-
off zugesetzt werden, um das Müll überhaupt zu ver-
rennen. Der englische Herdofen arbeitet mit einer niedri-
n Brennstoffschicht und z. B. einer Rostanstrengung n 200 kg/h Müll auf 1 m² Rostfläche[2]), was einer Wärmeleistung von 600 000 bis 800 000 kcal/h für englisches Müll und von 200 000 bis 300 000 kcal/h für deutsches Müll auf 1 m² Rostfläche entsprechen würde. In dieser geringeren Wärmeleistung mit dem vom Festlande stammenden Müll liegt nun der Mißerfolg des Herdofens auf dem Festland.

Es lag daher nahe, daß man zuerst in Deutschland, und wohl auf Grund der Hamburger Erfahrungen, dazu kam, den Schachtofen mit hoher Verbrennungsschicht zum Verbrennen von Müll zu verwenden. Man erwartete, im Schachtofen höhere Rostanstrengungen und dementsprechend höhere spezifische Wärmeleistungen zu erreichen. Versuchsanlagen, die in Hamburg und an andern Orten gebaut wurden, bestätigten diese Erwartungen, und damit begann nunmehr auch in Deutschland eine lebhaftere Entwicklung der Müllverbrennung. Es entstanden verschiedene Konstruktionen nach dem Schachtofen-Verfahren, die in einer Reihe deutscher Städte zur Ausführung gelangten. Als größte dieser Anlagen wurde im Jahre 1911/12 die Müllverbrennungsanstalt Alter Teichweg in Hamburg errichtet[3]).

In diese Entwicklung brachte der Krieg einen Stillstand, und nach dem Kriege konnte man sich aus verschiedenen Gründen nur allmählich auf sie zurückfinden.

[1]) F. Andreas Meyer, „Die städtische Verbrennungsanstalt für fallstoffe am Bullerdeich in Hamburg", 1901.
[2]) Verhandlungen des ersten Kongresses für Städtewesen, Düssel-
rf 1912, II. Band, S. 67.

[3]) „Hamburg und seine Bauten" 1914.



Abb. 2 und 3

Schnitt A-B

Der Heizwert des Mülls war unter der Not der Nachkriegszeit und durch die immer mehr zunehmende Verwendung von Braunkohlenpreßlingen im Hausbrand noch niedriger geworden als vor dem Kriege, und während vor dem Kriege gesundheitliche Gesichtspunkte wohl in erster Linie ausschlaggebend für die Errichtung einer Müllverbrennungsanlage gewesen waren, verlangte man nun von ihr

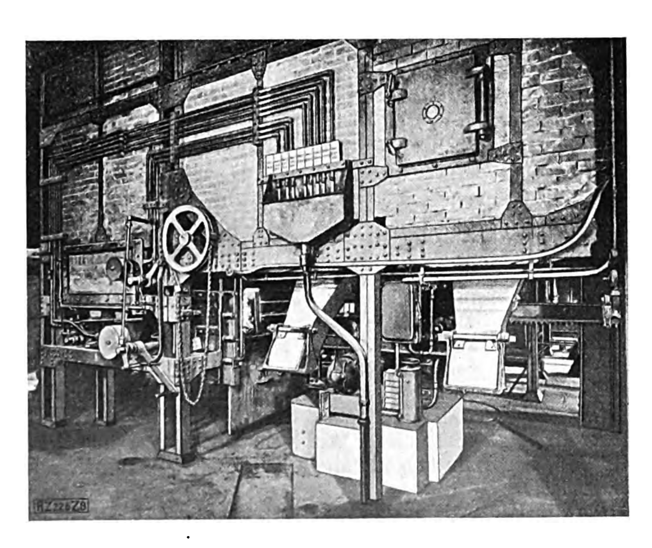


Abb. 8
Ansicht des Müllverbrennungsofens, gegen die Ausdrückmaschine gesehen

auch eine gewisse Wirtschaftlichkeit. Diesem Ve[illegible] konnten aber die Vorkriegsanlagen nicht gerecht [illegible] da ihr Betrieb noch mit zu viel Handarbeit verknü[illegible] daher zu teuer war. Man nahm daher zunächst alt[illegible] wie die landwirtschaftliche Verwertung des Mül[illegible] Sortieren in wiederaufarbeitbare Bestandteile und [illegible] wieder auf. Diese Pläne haben aber bis heute n[illegible] wirklichen Ergebnissen geführt, sie haben aber jed[illegible] den Gedanken, das Müll durch Verbrennen zur [illegible] erzeugung auszunutzen und zu leicht verkäu[illegible] Erzeugnissen nach gesundheitlichen und wirtscha[illegible] Gesichtspunkten umzuformen, nicht zur Ruhe k[illegible] lassen. Man strebt vielmehr weiter danac[illegible] Rostanstrengung oder den Durchsatz der Ofeneinhe[illegible] weiter zu steigern, und zwar einmal in der Erw[illegible] daß dann das seinem Heizwert nach noch schlech[illegible] wordene Müll wieder leichter zu verbrennen sei, un[illegible] weil sich die Maschinen, die für den Ersatz der [illegible] arbeit zur Förderung des Mülls zum Ofen und der [illegible] stände aus dem Ofen erforderlich werden, leichter [illegible] machen. Zwei Wege sind in dieser Richtung eing[illegible] gen worden.

Neuere Verfahren

Der eine Weg ist der, daß man einen [illegible] l e i s t u n g s - V o r s c h u b t r e p p e n r o s t . für di[illegible] brennung des Mülls anwendet. Er wurde zum ers[illegible] in der Müllverbrennungsanlage von Berlin-Schönebe[illegible] geführt, die im Jahre 1920/21 errichtet und technisc[illegible] gut durchgearbeitet worden ist. Dieser Rost hat [illegible] im Laufe der Jahre, insbesondere für das an Braun[illegible] asche reiche Wintermüll, wie es in Schöneberg [illegible] nicht die Hoffnungen erfüllt, die man an ihn ge[illegible]

Abb. 2 bis 7
Schachtofen mit Ausdrückmaschine

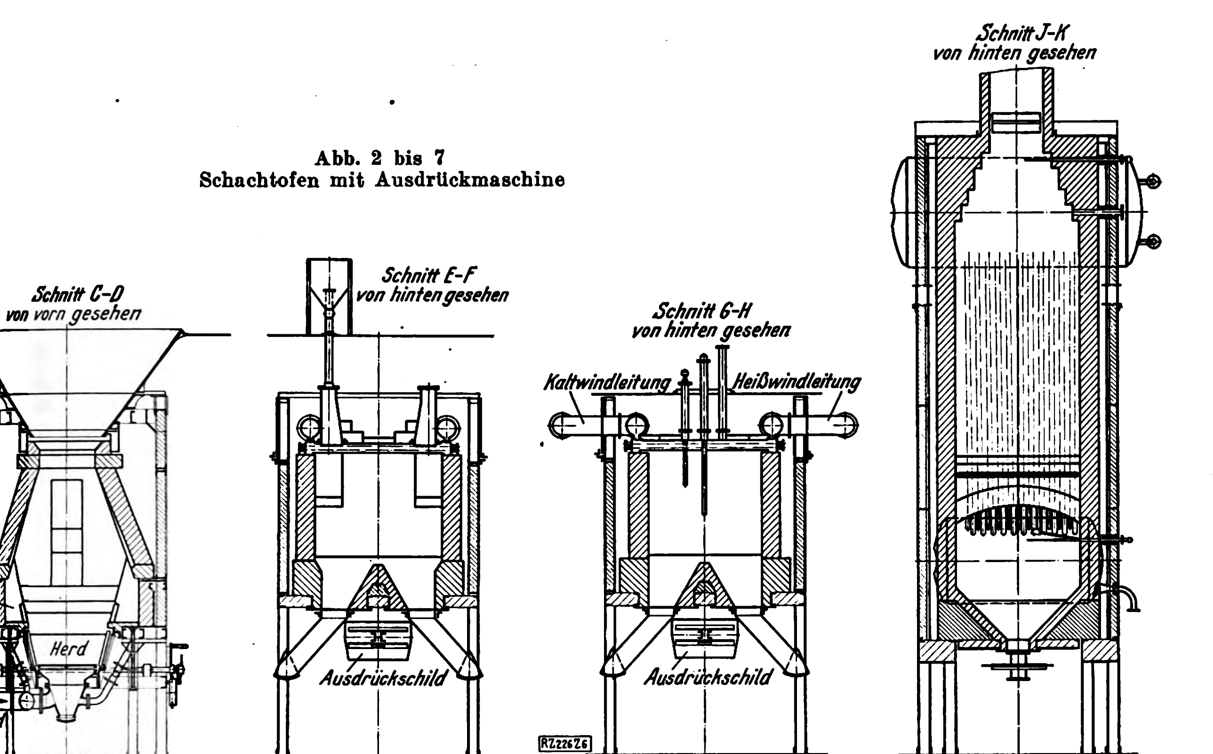


Abb. 4 **Abb. 5** **Abb. 6** **Abb. 7**

Dies liegt in erster Linie daran, daß der Vorschub-
wagerechte Fortpflanzung des Feuers voraussetzt, die
sondere beim Braunkohlen-Aschenmüll seiner Brenn-
armut und seiner geringen Wärmeleitfähigkeit wegen
gewährleistet ist.

Der andre Weg geht von dem erprobten Schacht-
aus und erreicht die Steigerung der Rostanstrengung
maschinelle Austragung der Ver-
nnungsrückstände vom Ofenherd. Über diesen
soll nun im nachstehenden eingehender berichtet wer-
da er in der Müllverbrennungsanstalt Alter Teichweg
mburg zu besonderen Ergebnissen geführt hat, aus
sich mit einer gewissen Zuverlässigkeit ein Bild
die Aussichten, die die Müllverbrennung bieten kann,
men läßt.

In Abb. 1 ist ein Querschnitt der Müllverbrennungs-
lt Alter Teichweg dargestellt. Dieser zeigt eine Ofen-
it in Verbindung mit einem vereinigten Einflammrohr-
hrohrkessel. Zwölf solcher Ofeneinheiten, von denen
h nur vier mit den genannten Kesseln ausgerüstet sind,
nebeneinander aufgestellt.

1925 wurde nunmehr eine der Ofeneinheiten, die noch
n Kessel hatte, durch einen Ofen mit einer Ausdrück-
hine von der Art, wie sie im größeren Maßstabe bei
öfen gebraucht werden, ersetzt, und dieser Ofen
hzeitig mit einem Steilrohrkessel versehen. Abb. 2
7 zeigen die Konstruktion dieses Ofens nebst Kessel
Abb. 8 eine Ansicht des Ofens nebst Ausdrück-
hine, von der Seite gesehen. Hiernach unterscheidet
der neue Ofen, abgesehen von der Ausdrückmaschine
dem Kessel, nur wenig von den andern Öfen der An-
Der Betrieb verläuft ebenfalls ähnlich wie in den
rn Öfen. Da jedoch die Ausdrückmaschine die Rück-
de restlos vom Rost entfernt, so muß auf irgendeine
und Weise dafür gesorgt werden, daß auf dem Rost
nendes Müll zur Entzündung der neuen Be-
ckung zurückbleibt. Das geschieht auf zweierlei Weise.
mal sind die Seitenwände des Ofens mit nischenartigen
ten versehen. In diesen Nischen liegt ein Teil der
lladung, der zur Zeit der Schlackenausdrückung so weit
in Brand gekommen ist, daß er, auf den gereinigten Rost gezogen, dort die anschließend frisch aufgegebene Beschickung zündet. Zweitens wird beim Herausschieben des Schlackenkuchens in den Ofenhals ein Gerät eingeführt, das eine gewisse Menge der an der Oberfläche des Kuchens noch heftig glühenden Rückstände zurückhält. Das Gerät wird beim Zurückholen des Ausdrückschildes von diesem mitgenommen und streift hierbei die zurückgehaltene Glut auf den Rost ab. Das zuletzt genannte Verfahren hat sich am besten bewährt.

Der Ofen ist seit Januar 1926 im Betrieb. Die Rauchgaszustände zwischen Ofen und Kessel weisen, wie das Schaubild, Abb. 9, zeigt, eine gute Gleichförmigkeit auf. Im Parallelbetrieb mit den übrigen elf Öfen wurde festgestellt, daß, wenn beispielsweise in jedem Ofen 30 t in 24 h durchgesetzt werden, der neue Ofen mit demselben Müll (braunkohlenaschenreiches Wintermüll) etwa

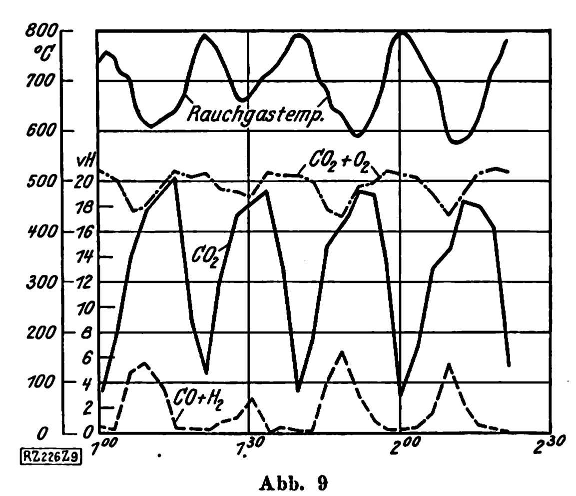


Abb. 9
Rauchgaszustände des Inferno-Ofens mit Schlackenausdrückung

Temperatur und Zusammensetzung der Rauchgase vor dem Kessel. Aufgenommen am 20. 3. 26. Temperatur mit Platin-Platinrhodium-Thermoelement. Rauchgasanalyse mit Orsat-Apparat von Jul. Pintsch.

[1] Goger, „Die Müllverbrennungsanlage in Berlin-Schöneberg", herausgegeben im Auftrage des Bezirksamtes.

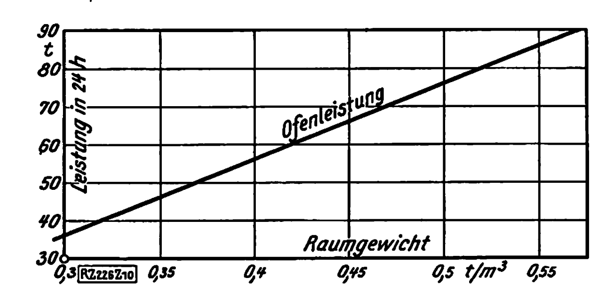


Abb. 10
Abhängigkeit der Ofenleistung vom Raumgewicht des Mülls für den Inferno-Ofen von 1,2 m² Rostfläche mit Schlackenausdrückung

80 t in 24 h leistet. Es hat sich hierbei fernerhin auch herausgestellt, daß, was früher schon vermutet wurde, die Ofenleistung für Müllarten von niedrigem Heizwert von dem Raumgewicht des Mülls abhängig ist, Abb. 10. Im übrigen ist es bisher immer noch nicht gelungen, aus der Analyse und dem Heizwert von Müllproben den Ofendurchsatz zuverlässig zu ermitteln. Man ist hierzu bei unbekannten Müllarten immer noch auf den Versuch mit großen Müllmengen angewiesen.

Die Betriebsbeobachtungen haben außerdem ergeben, daß mit der genannten Leistung von 80 t in 24 h die Grenze der möglichen Leistung noch nicht erreicht ist, da die vorhandene Beschickeinrichtung nicht leistungsfähig genug ist, um die erforderlichen Müllmengen heranzubringen, und da die ausgedrückten Verbrennungsrückstände mit den vorhandenen Einrichtungen nicht schnell genug fortgeschafft werden können. Beides läßt sich aber durch geeignete technische Maßnahmen ändern. Da außerdem feststeht, daß eine Vergrößerung der Rostfläche, die bei den obigen Öfen 1,2 m² beträgt, auf etwa das Doppelte keine technischen Schwierigkeiten macht, so kann man nunmehr mit Ofeneinheiten bis zu 200 t Tagesleistung rechnen. Für solche Einheiten machen sich aber die maschinellen Hilfsmittel, da ihre Abmessungen unabhängig von der Leistung der Ofeneinheit nahezu dieselben bleiben, natürlich erst recht bezahlt.

Der Betrieb des Steilrohrkessels hat bisher ergeben, daß der Steilrohrkessel anscheinend nur bei sehr aschenreichem Müll dem Rauchrohrkessel überlegen ist, da sich bei ihm durch geeignet angeordnete Aschenbläser die Röhren leichter und schneller reinigen lassen als beim Rauchrohrkessel. Bei aschenarmem Müll scheint dagegen beim Steilrohrkessel die Verdampfung ungünstiger zu sein als beim Rauchrohrkessel, vermutlich weil die Rauchgase beim Steilrohrkessel größere Abkühlungsflächen berühren als beim Rauchrohrkessel, was naturgemäß bei dem geringen Wärmegehalt der Rauchgase ins Gewicht fällt.

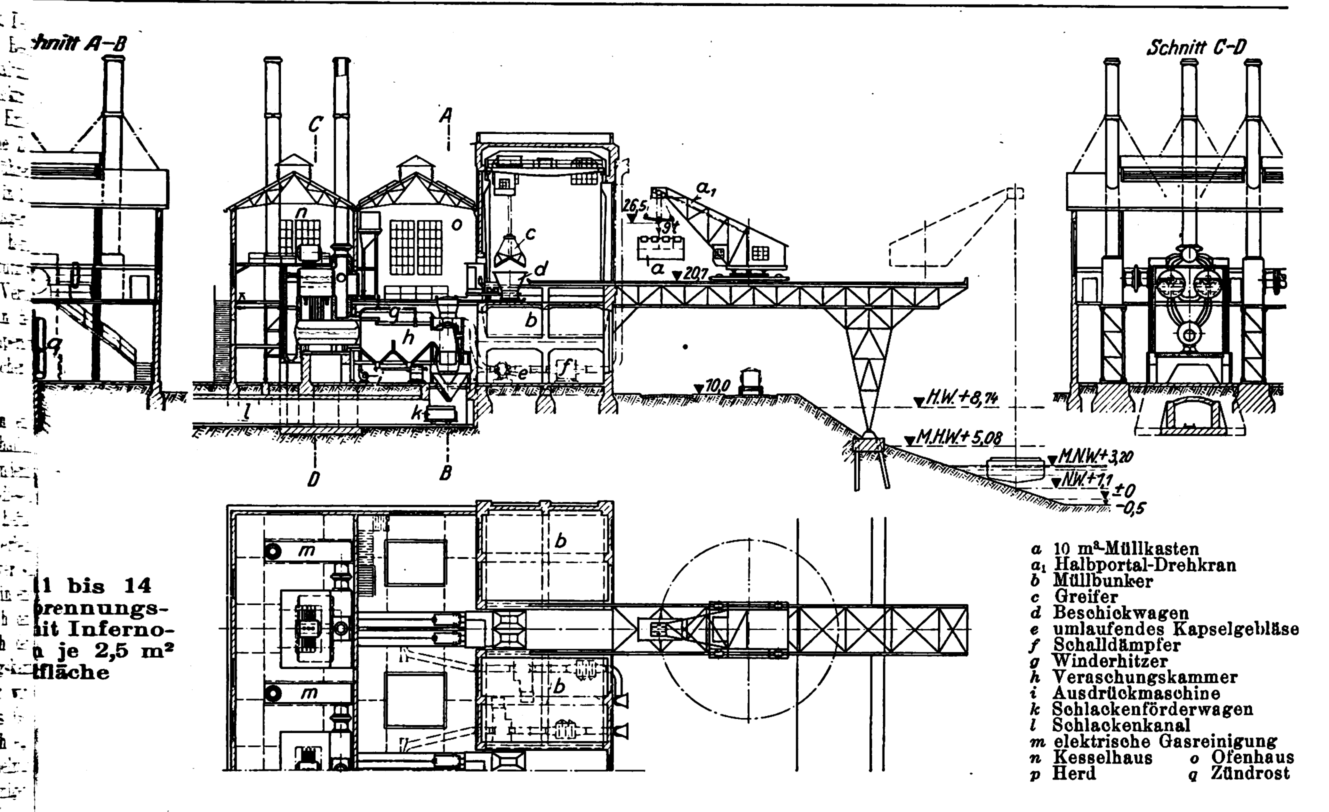
Die gewonnenen Erfahrungen haben nunmehr zu dem Entwurf einer Müllverbrennungsanlage geführt, die unter Verwendung eines Schachtofens von 2,5 m² Rostfläche überall da, wo das möglich ist, Maschinenarbeit an Stelle von Handarbeit vorsieht. In Abb. 11 bis 14 ist diese Anlage dargestellt. Der Entwurf stammt von der Lurgi-Gesellschaft für Wärmetechnik, Frankfurt a. M., und der Ofen führt die Bezeichnung Inferno 2,5. Der Ofenschacht ist ähnlich konstruiert wie bisher. In der Schlackenbildungszone besteht er aus einem wassergekühlten Eisenmantel und darüber aus Schamotte. Die Sohle des Schachtes bildet eine Düsenrostplatte von 2,5 m² gesamter und etwa 0,05 m² freier Rostfläche. An Stelle der Beschickung von der Mitte aus ist der Schacht mit zwei seitlichen Beschicktrichtern versehen, die bei gleicher Konstruktionshöhe leistungsfähiger sind.

Das Müll wird in Trommeln von 10 m² nutzbarem Inhalt auf Kraftwagen an die Anlage herangebracht. Die Trommeln *a* werden mittels eines Halbportaldrehkranes a_1 vom Untergestell des Kraftwagens abgehoben, nach dem im Ofenhaus gelegenen Bunker *b* gebracht und dort durch Schrägstellen entleert. Aus dem Bunker wird das Müll mittels eines Greiferkranes *c* einem Beschickwaden *d* zugeführt, der zur Aufnahme des Mülls mit zwei Taschen von je etwa 2,5 m³ Inhalt ausgerüstet ist. Der Beschickwa bringt das Müll nach den seitlichen Beschicktrichtern Ofenschachtes. Durch die Einschaltung des Besc wagens ist es möglich, die Beschicktrichter unabh vom Greiferkran sofort nach ihrer Entleerung wied füllen und damit die Ofengicht ohne Zeitverlust ga zu schließen. Die Beschicktrichter führen das Müll in den Schacht ein, daß es in diesem in 1 bis 1,5 m Sc höhe nahezu wagerecht geschichtet lagert. Die frisch schickung wird durch die noch in heftiger Glut b lichen Rückstände entzündet. Unterstützt wird die Zü außerdem durch die hocherhitzte Verbrennungsluf sofort nach erfolgter Beschickung in die Mülladun geblasen wird. Oft reicht die Temperatur der Ve nungsluft bei sehr leicht verbrennlichen Müllarten allein zum Zünden des Mülls aus.

Die Verbrennungsluft wird von einem umlau Kapselgebläse *e* über einen Schalldämpfer *f* au Freien herangeholt, durch einen Winderhitzer *g* na Düsenrostplatte gedrückt und durch diese in das Mü geführt. Hier bewirkt der in vielen heftigen Strahle blasende heiße Wind außer der Verbennung des eine Absonderung der feinen, schwer schmelzbare standteile des Mülls, die ähnlich wie in einer durch wasser betätigten Setzmaschine durch den Wind a Mülladung herausgehoben und nach der an den schacht anschließenden Veraschungskammer *h* werden. Die absondernde Wirkung wird hierbei stützt durch die Schwingungen des Gebläsewinde einem Kapselgebläse an und für sich eigen sind. die Absonderung der schwer schmelzbaren Besta wird der Ofenschacht mehr oder weniger entlastet, es sind in ihm nunmehr nur noch das Grobmüll u leicht schmelzbaren Feinmüllteile zu verbrennen; dem wird die Bildung einer reinen, gut gesi Schlacke erleichtert. Der Druck des Gebläsewindes, dem Rost gemessen, beträgt dementsprechend zu einer jeden Beschickung etwa 400 bis 500 W.-S., u sinkt mit zunehmender Absonderung des Feinmüll fortschreitender Verschlackung des übrigen Müll 300 bis 350 mm W.-S.

Die von der Veraschungskammer aufgenom schwer schmelzbaren Feinmüllteilchen verglimmen wie die Grude auf dem Grudeherd zu einer feinen Durch die Glimmhitze wird der an der Decke der aschungskammer angeordnete Winderhitzer *g* g Dieser besteht aus einer Anzahl balkenartiger, gußei Teile, die die Kammer überspannen. In die gußei Körper sind schmiedeiserne Rohre eingegossen, du die Verbrennungsluft strömt. Ein solcher Winde ist nicht nur verhältnismäßig unempfindlich gegen schmutzungen durch die Flugasche, sondern er stell in Verbindung mit der Veraschungskammer einen beträchtlichen Wärmespeicher dar.

Der Vorgang im Ofenschacht verläuft bei Müll wie sie auf dem Festlande vorhanden sind, von 100 1500 kcal/kg Heizwert und mittlerer Verbrennlichkeit rungsgemäß in etwa 20 min. In dieser Zeit wird Müll verbrannt und zu einer je nach der Zusam setzung des Mülls mehr oder weniger harten, porigen Schlacke zusammengesintert; die Schlacke ausgetragen und die nächste Füllung wieder a geben. Das Ende einer jeden Beschickung wird erkannt, daß sich auf dem Ofenherd ein Schlackenku von etwa 400 bis 500 mm Höhe gebildet hat und da CO_2-Gehalt der Rauchgase absinkt. Es ist dann Zei Gebläsewind abzustellen und die Schlacke auszutr Der im Innern und an der Oberfläche noch glüh Schlackenkuchen wird durch eine Ausdrückmaschine einen den Windkasten des Düsenrostes umhülle Schlackenrumpf ausgestoßen, und hierbei wird durch Abstreifgerät eine gewisse Menge Glut von der Oberfl des Kuchens zur Entzündung der nächsten Beschick auf dem Rost zurückgehalten. Die anfallende Schl macht etwa 45 bis 50 vH der jeweiligen Müllmenge Gewicht nach aus. Im Schlackenrumpf gibt die Schl noch einen Teil ihrer Wärme durch Strahlung und K vektion an die durch den Windkasten strömende, be



...1 bis 14 ...brennungs- ...it Inferno- ...n je 2,5 m² ...fläche

...e Verbrennungsluft ab. Die Schlacke wird alsdann ... einen Auslauf des Schlackenrumpfes in einen ...kenförderwagen k von etwa 3 m³ Inhalt abgezogen, ...aschinell durch den unter dem Ofen verlaufenden ...kenkanal l ins Freie befördert und hier in den Roh...kenbunker entleert wird. In diesem werden die im ...noch glühenden Schlacken angenäßt und die flüch... Schwefelverbindungen der Schlacken durch das hier...tstehende Kohlensäure-Luft-Dampf-Gemisch zerstört.

...om Rohschlackenbunker wird die Schlacke nach ge...d langer Ablagerung mittels Greiferkranes zu einer ...kenbrecher- und Siebanlage befördert, in der sie ...einen Steinbrecher zerkleinert, durch einen Magnet...er von Eisenteilen und magnetischen Schlacken ...oxydoxydulschlacken und Magnetkies) befreit und ...nem Schüttelsieb nach Korngröße gesichtet wird. Die ...hochwertige Schlacke wird dann, nach Korngrößen ...nt, mittels Greiferkranes auf das Lager gebracht, ...nd ein Magnetgreifer das Alteisen und die magne... Schlacke ebendorthin befördert.

...Während nun die Müllverbrennung in der Regel 24 h ...ge arbeitet, ist die Schlackenbrecher- und Siebanlage ...messen, daß sie den gesamten Anfall an Rohschlacken ...h aufarbeiten kann. Es wird dadurch erreicht, daß ...gend Zeit zur Verwitterung der Rohschlacken in ihren ...ern verbleibt.

...Durch die Veraschungskammer ziehen nun außerdem ...ei der Verbrennung des Mülls im Ofenschacht ent...nden Rauchgase ab, die, soweit erforderlich, unter Einfluß der Temperatur der Veraschungskammer in ...r noch eine Nachverbrennung erfahren. Hierzu ist ...r Stirnwand des Ofenschachtes gegenüber dem Rauch...bzug (Feuerbrücke) eine Luftdüse angeordnet. Die ...hgase treten dann, von den gröbsten Flugaschen be... aus der Kammer in einen unmittelbar in die Kammer ...inragenden Flammrohrkessel ein, an dessen anderm ...e sie sich in einer Rauchkammer (der ersten Rauch...mer) auf zwei darüber liegende Rauchrohrkessel ...eilen. Der erforderlichen Heizfläche entsprechend sind ...i Rauchrohrkessel notwendig, da der immerhin noch ...handene Gehalt der Rauchgase an feinen Aschen recht ...ze Rauchrohre verlangt, damit die Aschen leicht und ...nell während des Betriebes aus den Rohren entfernt ...rden können, und da der Wärmeübergang aus mäßiger ...hitze in einer großen Zahl kurzer Rohre günstiger ist als in einer entsprechend kleineren Zahl langer Rohre. In der ersten Rauchkammer liegt auch der Dampfüberhitzer, Bauart Heizmann, der gegen Veraschung ebenfalls verhältnismäßig unempfindlich ist.

Außerdem sind in der Stirnwand der ersten Rauchkammer vor der Stirn der Rauchrohrkessel vier Aschenbläser zum Reinigen der Rauchrohre angebracht. Die Rauchgase werden am Ende der Rauchrohrkessel wieder durch eine Rauchkammer (die zweite Rauchkammer) gesammelt und am Kopf dieser Kammer bei aschenarmem Müll unmittelbar, bei aschenreichem Müll über eine elektrische Gasreinigungsanlage m, durch einen mit Kieselgursteinen ausgekleideten Blechschornstein ins Freie geführt. Die Stirnwand der zweiten Rauchkammer ist mit eisernen Türen ausgerüstet, die derart angeordnet und bemessen sind, daß jedes Rauchrohr von hier aus mit einem Hechtkopf gefegt werden kann. Zu diesem Zweck sind auch die Rauchrohrkessel erheblich höher über dem Flammrohrkessel angeordnet, als dies sonst üblich ist.

Das Blasen mit dem Aschenbläser ist je nach dem Staubgehalt der Rauchgase alle 6 bis 24 h, das Reinigen mit dem Hechtkopf jeden Tag bis alle 14 Tage erforderlich. Von der Anordnung eines Ekonomisers ist abgesehen worden, da die wärmearmen Abgase diese Kapitalanlage und den Platzbedarf nicht rechtfertigen. Der Zug wird durch mondsichelförmige, gegenläufige Halbschieber mit Schneckenantrieb am Fuße des Schornsteins geregelt. Mit solchen Schiebern läßt sich der Zug besser als mit irgendeiner andern Einrichtung einstellen, was bei der Empfindlichkeit der Müllverbrennung gegen die Zug- und Druckverhältnisse der Verbrennungsgase von besonderer Bedeutung ist. Dadurch, daß im übrigen jeder Ofen sein eigenes Gebläse und seinen eigenen Schornstein hat, ist es möglich, den durch die ständigen Änderungen der Müllzusammensetzungen verursachten Betriebschwankungen sehr leicht und sicher ohne verwickelte, oft nicht übersehbare, Betriebsbeobachtungen zu folgen und so eine stetige und befriedigende Verbrennung des Mülls zu erreichen.

Die Menge der anfallenden Flugasche schwankt zwischen 5 und 20 vH des Müllgewichtes. Ihre absolute Menge hängt in jedem Falle außerdem noch von der Temperatur der Verbrennungsluft ab. Bei Windtemperaturen über 300 °C sinkt der Flugaschengehalt der Rauchgase recht erheblich. Die Hauptmasse der Flugasche wird in der Veraschungskammer zurückgehalten, der Rest bei

aschenarmem Müll in der ersten und zweiten Rauchkammer und bei aschenreichem Müll außerdem noch in der elektrischen Gasreinigungsanlage. Alle diese Abscheidestellen haben je einen Sammelrumpf, aus dem die Flugasche bei aschenarmem Müll alle 24 h, bei aschenreichem Müll alle 6 h mittels einer mit Saugluft betriebenen Entaschungsanlage abgesogen und nach einem eisernen Sammelbehälter auf dem Flugaschen-Lagerplatz befördert wird. Aus diesem Sammelbehälter wird dann die Asche mittels einer Förder- und Mischschnecke unter Abkühlen durch Luft und Wasser und unter Annässen mit einem Wassergehalt von 10 bis 15 vH ausgetragen. Die Flugaschen sind sehr gutartig, da sie nur selten gröbere, scharfe und zusammengesinterte Teile enthalten. Sie eignen sich daher sehr gut zur Förderung durch Druckluft.

In den Fällen, wo noch ein Müll verbrannt werden soll, dessen eigener Heizwert nicht mehr ausreicht, um die Entzündung des Mülls herbeizuführen, oder wo das Müll zwar einen hohen Heizwert hat, aber schwer verbrennlich ist, oder in den Fällen, wo mehr Dampf erzeugt werden soll, als dem Heizwert des Mülls entspricht, empfiehlt es sich, auf den Winderhitzer eine Brennstaubfeuerung einwirken zu lassen, wozu sich die Veraschungskammer ausgezeichnet eignet. Man nutzt auf diese Weise den Brennstoff besser aus, als wenn man ihn dem Müll zur Aufbesserung des Heizwertes beimischt. Auch eine Ölfeuerung kann man, den gleichen Zwecken dienend, an dieser Stelle anbringen und betreiben. Da es sich hierbei um die Steigerung der Anfangstemperatur der Rauchgase handelt, so ist eine Vergrößerung der Kesselheizfläche zur vollständigen Ausnutzung der Abhitze meist nicht erforderlich.

Aussichten der Müllverbrennung

In der erwähnten Müllverbrennungsanlage am Alten Teichweg in Hamburg sind für den eigentlichen Verbrennungsbetrieb — Müllkranbetrieb, Ofenbetrieb, Kesselbetrieb, Schlackenförderung und Aufbereitung, Flugaschenförderung und Platzbetrieb — etwa 0,5 Arbeitschichten auf 1 t Müll nötig. Für die vorstehend beschriebene Anlage dagegen ist der Arbeiterbedarf zu 0,2 Arbeitschichten auf 1 t Müll errechnet worden. Es wäre also durch die Mechanisierung des Betriebes eine erhebliche Ersparnis an Arbeitskräften erreicht. Für die Deckung der Betriebkosten steht der Erlös aus den Erzeugnissen der Müllverbrennung zur Verfügung. In Teilen des Müllgewichtes werden gewonnen: Schlacke 45 bis 50 vH, Alteisen 1 vH, Magnetschlacke 0,7 vH, Flugasche 5 bis 20 vH, Dampf 0,25 bis 1,5 kg auf 1 kg Müll, Warmwasser 10 bis 15 m^3 Wasser von 50° C in 1 h für eine Ofeneinheit.

Die gebrochene und gesiebte Schlacke bildet einen vorzüglichen Wegebau- und Betonrohstoff. Sie liefert einen sehr zähen, schalldämpfenden Beton von geringem Wärmeausdehnungsvermögen und niedrigem Raumgewicht, und zwar bei geringerem Zementverbrauch als für Beton aus Kies oder Steinschlag von gleicher Druckfestigkeit. Die Schlacke ist daher restlos zu guten Preisen — 50 bis 60 vH des Preises von Kies oder Steinschlag — verkäuflich.

Das Alteisen ist, je nach der Konjunktur, zu Preisen von 30 bis 50 vH des jeweiligen Schrottpreises verkäuflich. Wenn es in Paketen verkauft wird, werden höhere Preise erzielt, jedoch lohnt sich dies nur bei sehr großem Anfall von Alteisen.

Die Magnetschlacke ist ihres Sulfid- und Eisengehaltes wegen zur Mörtelbereitung nicht geeignet. Sie muß daher auch als Schädling aus der eigentlichen Schlacke sorgfältig abgesondert werden. Sie ist zur Zeit noch nicht verkäuflich.

Für die Flugasche gilt zur Zeit fast noch das gleiche. Sie wird bisher nur in der Landwirtschaft als Bodenverbesserungsmittel benutzt und ihre feinsten Bestandteile in ganz geringen Mengen als Heilmittel gegen Furunkulose und Gicht. Im übrigen dient sie zu Geländeaufhöhungen, wozu sie sich ganz ausgezeichnet eignet. Ihre Zusammensetzung ist, wie aus mehreren Analysen der Hamburger Müllflugaschen hervorgeht, verhältnismäßig gleichförmig. Seit einigen Jahren ist durch Versuche festgestellt, daß sich aus der Flugasche ohne Verwendung eines Bindemittels nach einem Versteinungsverfahren von Prof. Dr. Schönhöfer, Braunschweig, ein sehr druckfester Stein und Beton[4a]) herstellen läßt. Das Verfahren wird von Schönhöfer als „Kunststeinherstellung nach dem Wechverfahren"[5]) bezeichnet. Es ist wissenschaftlich bestätigt durch die Arbeiten von Prof. Kegel in Freiburg über „Die Brikettierung der Braunkohle"[6]). Beide Produkte vertragen auch eine Magerung durch Feinkornschlacke bis zum Mischungsverhältnis 1 : 1, sind jedoch nicht witterungsbeständig. Nach dem gleichen Verfahren läßt sich die Flugasche auch leicht und ohne große Kosten zu Knorpel agglomerieren. Es wäre also möglich, die Flugasche zu schmelzen und aus ihr Schlackenpflastersteine nach der Art der Mansfelder herzustellen. Dabei wäre denkbar, den Eisengehalt der Flugasche durch das Alteisen und die Magnetschlacke anzureichern und neben der Schlacke noch Roheisen zu gewinnen. Ferner kann vermutet werden, daß die von der elektrischen Gasreinigung abgeschiedenen Flugaschen unmittelbar in der Landwirtschaft als Düngemittel absetzbar sind.

Die Verwertung des Dampfes und Warmwassers hängt von den örtlichen Verhältnissen ab. Man wird immer bestrebt sein müssen, den Dampf an ein Elektrizitätswerk oder an eine Industrie mit ähnlichem dauerndem Dampfbedarf abzugeben. In diesen Fällen wird man mit Dampfpreisen von 3 bis 5 ℳ/t bei freier Rückgabe des Kondensats rechnen können. Da der Heizwert des Mülls nur sehr schwierig festzustellen ist, und da dieser dauernd unter dem Einfluß der verschiedensten Wirtschaftsfaktoren des täglichen Lebens schwankt, so ist die Angabe einer Verdampfzahl ohne Großversuch sehr erschwert, zumal da diese außerdem noch von dem Grade der Verbrennlichkeit und der Fähigkeit des Mülls zur Schlackenbildung abhängt. Man wird daher immer gut tun, nach Möglichkeit noch gewerbliche und industrielle Abfälle, soweit diese noch einen Heizwert haben oder Schlackenbildner sind, beispielsweise Schlacken von Elektrizitäts- und Gaswerken, von Gießereien usw., zur Erhöhung der Dampfausbeute und zur Erleichterung des Ofenganges heranzuholen, wobei in der Regel damit gerechnet werden kann, daß diese Abfälle kostenlos an die Müllverbrennungsanstalt abgegeben werden. Bei Anwendung von Zusatzfeuerungen, wie beispielsweise der weiter vorn erwähnten Brennstaubfeuerung, ist nicht unbedingt mit einem wirtschaftlichen Vorteil zu rechnen, nämlich dann nicht, wenn für die Zusatzbrennstoffe die üblichen Preise bezahlt werden müssen.

Nach allem ist also der Gedanke, das Müll durch Verbrennung zu beseitigen, auch in wirtschaftlicher Hinsicht aussichtsreich. Daher sollte die Müllverbrennung wieder, wie einst in der Vorkriegzeit, als der gegebene Weg zur Beseitigung des Mülls angesehen werden, zumal da damit den kommunalen Organen ein Mittel zur Vernichtung der Schmutzstoffe des Haushaltes in die Hand gegeben wird, das die schärfste Nachprüfung in gesundheitlicher Hinsicht ermöglicht. [B 226]

[4a]) Baukörper aus Steingrus und irgendeinem Mörtel.
[5]) Tonindustrie Nr. 92 u. 93 (1925) und Nr. 75 (1926).
[6]) Braunkohle Nr. 9 (1903) und Nr. 19 (1926).

Erfahrungen mit dem Kabelbagger

Von Dr.-Ing. Behring, Schwiecheldt, Kreis Peine

Beschreibung der Einzelteile, der Aufstellung und des Betriebes eines radial fahrbaren Kabelbaggers leichter Bauart — Ausführungsmängel; durch sie hervorgerufene und übliche Betriebsunterbrechungen — Leistungen, Geschwindigkeiten des Schürfkübels und Kosten des Gerätes, seines Auf- und Abbaues und Betriebes — Verwendungsbereich des Kabelbaggers

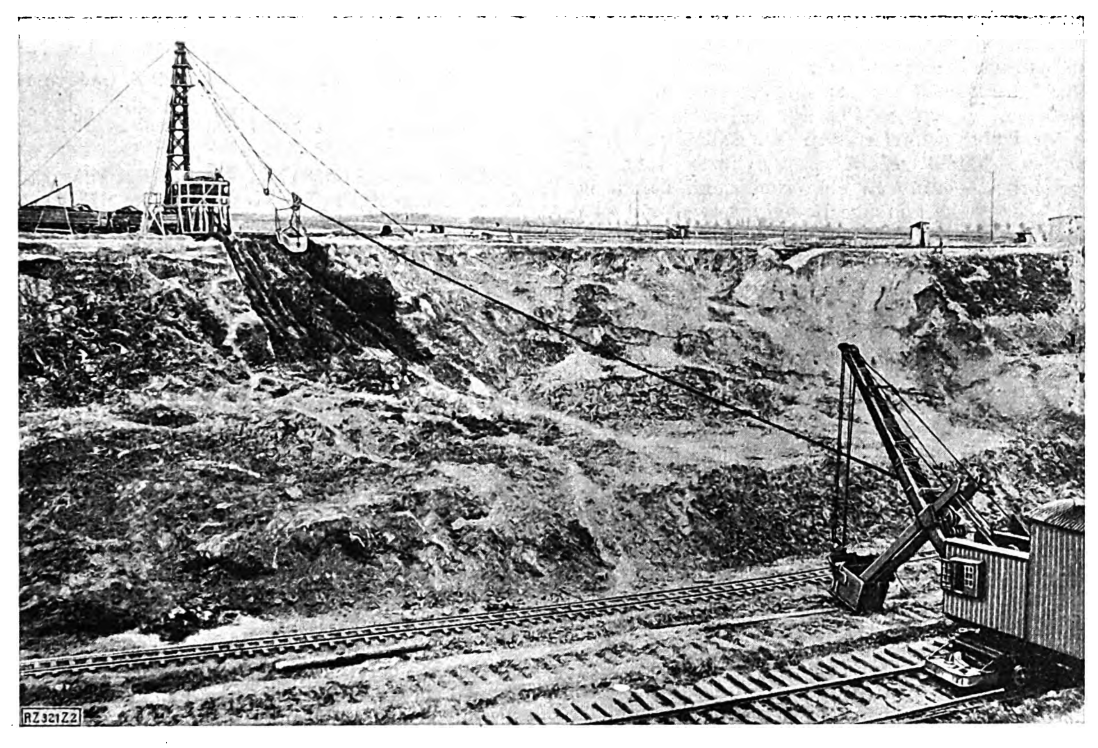


Abb. 1
Kabelbagger im Betrieb beim Kanalbau

In Los V des Weser-Elbe-Kanals, in der Gemarkung Schwiecheldt, Kreis Peine, rutschten in den Jahren 1922/26 die frisch hergestellten Kanaleinschnittböschungen in außerordentlich großem Umfange, oft bis zur 12 m tief eingeschnittenen Kanalsohle, ab[1]).

Der gerutschte Boden, mehr als 300 000 m³, wurde durch Löffelbagger und mittels Handarbeit unter Verwendung von Muldenkippern, Gurtförderern und Bremsberganlagen ausgehoben und auf eine Ablagerungsfläche gefahren. In einer großen Rutschung wurde anfangs 1926 zum Aushub von 11 400 m³ Boden ein radial fahrbarer Kabelbagger leichter Bauart eingesetzt, dessen Hauptteile von der Firma Dipl.-Ing. Riedig, Dresden, geliefert wurden. Diese Baggerart ist in Amerika schon vielfach, in Deutschland aber erst seit kurzer Zeit in einigen Abraumbetrieben angewendet worden. Adolf Bleichert & Co., Leipzig, z. B. hat eine Anzahl parallel fahrbarer Kabelbagger mit Spannweiten bis 300 m und theoretischen Leistungen bis 150 m³/h für Abraumbetriebe geliefert.

[1]) Goetzke, „Neuere Erfahrungen bei Erdarbeiten" Zentralblatt der Bauverwaltung Bd. 44 (1924) S. 117 u. 125 u. Bd. 45 (1925) S. 441 u. f.

Die Lieferung Riedigs umfaßte das etwa 100 m lange Tragkabel (halbverschlossenes Seil mit 35 mm Dmr., 6,7 kg/m Gewicht, 10 000 kg/cm² Festigkeit), den Schürfkübel aus Flußstahl von 1,5 m³ Fassungsvermögen mit Laufkatze und Kettengehänge, das Kabelhubseil nebst vierfach eingeschertem Flaschenzug, das Kübelzugseil, die Abspannseile für den feststehenden Turm, die Umführungsrollen und Befestigungsmittel für die Seile, den Anschlagkloben und die beiden Trommelwinden. Der 18 m hohe hölzerne Turm, der hölzerne Schütt-Trichter und die Spannschlösser für die Ankerseile wurden von der bauausführenden Firma Philipp Holzmann, A.-G., Frankfurt a. M., auf der Baustelle angefertigt.

Allgemeine Beschreibung des Kabelbaggerbetriebes

Die Aufstellung und Arbeitsweise des Kabelbaggers ist aus Abb. 1 und 2 ersichtlich. Das eine Ende des Tragkabels war mit dem vierfach eingescherten Flaschenzug an dem im Gelände verankerten 18 m hohen Turm, das andre Ende an einem auf der Kanalsohle fahrbaren Löffelbagger von 2 m³ Inhalt befestigt. Der im Gelände stehende Schütt-Trichter, unter dem die Förderzüge mit Kasten-

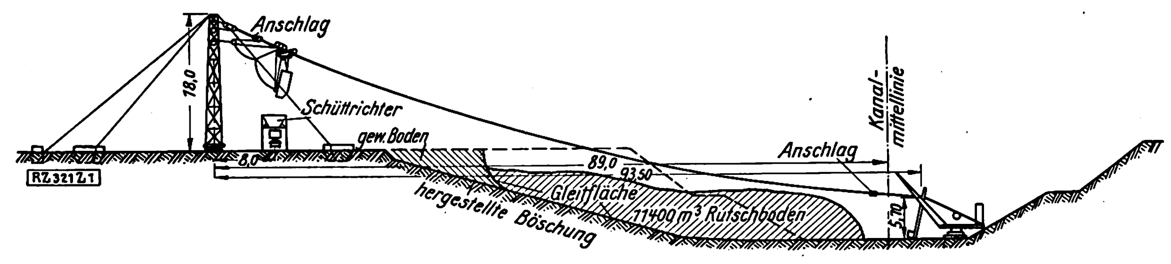


Abb. 2
Anordnung des Kabelbaggers



kippern für 4 m³ durchfahren konnten, war um den Turm herum verschiebbar. Die Winden nebst Lokomobile wurden seitlich vom Turm aufgestellt.

Der Bagger arbeitete in folgender Weise: Sobald der an der Laufkatze angehängte Schürfkübel seinen Inhalt in den Schütt-Trichter ausgekippt hatte, ließ der Windenführer die Bremse von der Zugseiltrommel los, und die Katze mit dem Kübel rollte infolge ihres Gewichtes auf dem Tragkabel abwärts. Gleichzeitig wurde durch Loslassen der Trommel für das Kabelhubseil das Tragkabel soweit gesenkt, bis der Kübel den zu baggernden Boden erreicht hatte. Dann wurden beide Seilbewegungen durch Bremsen stillgesetzt, und die Zugseiltrommel mit dem von der Lokomobile getriebenen Vorgelege für die Aufwärtsbewegung gekuppelt. Der Kübel schürfte dann den Boden und füllte sich. Sobald der Kübel gefüllt war, wurde auch die Trommel für das Kabelhubseil eingerückt und damit das Tragkabel und der Kübel aus dem Boden gehoben und zwar so hoch, daß der Kübel nicht an den oberen Rand des Schütt-Trichters stieß; dann wurde die Bewegung des Tragkabels abgeschaltet. Durch das Ziehen am Zugseil gelangte schließlich der Kübel über den Schütt-Trichter; das vor der Laufkatze auf dem Tragkabel laufende Wanderlager stieß an einen auf dem Tragkabel — zwischen Trichter und Turm — verschraubten Anschlag und bewirkte damit das Kippen und Entleeren des Kübels. Gleichzeitig mit dem Kippen des Kübels wurde vom Windenführer die Zugseiltrommel ausgekuppelt. Dann begann das Spiel von neuem.

Im Mittel wurde ein Zug von siebzehn 4 m³-Wagen in 2 h beladen. Zur Förderung des Bodens auf die 3,5 km entfernte Kippe genügten daher eine Lokomotive und dreißig 4 m³-Wagen. Wenn die Lokomotive nicht am Kabelbagger war, wurden die Wagen am Schütt-Trichter durch zwei Arbeiter verschoben.

Einzelteile des Kabelbaggers

Der Schürfkübel mit Laufkatze und Entladevorrichtung[2]) ist in Abb. 3 dargestellt. Der Kübel ist mit der Kette *a* drehbar um die Rolle *b* an der Laufkatze aufgehängt. Das Zugseil zieht mit dem Rollenkloben *c* und den Ketten d_1 und d_2 den Kübel nebst der Laufkatze beim Schürfen und Fördern. Die Kette *e*, die vom Wanderlager *f* über den Rollenkloben *c* und die Laufkatze zur hinteren Wand *g* des Kübels führt, dient nur zum Kippen des Kübels. Sobald das Wanderlager durch den Anschlag *h* aufgehalten wird, wird durch das Ziehen des Zugseils und das Vorrücken des Rollenklobens *c* über das Wanderlager hinaus das zwischen *c* und *g* liegende Stück der Kette *e* verkürzt und damit der hintere Teil des Kübels gehoben.

Riedig hatte damit gerechnet, daß der Durchhang des Tragkabels nicht kleiner als 6,70 m werden sollte. Für diesen Durchhang und für die Stellung des Kübels in der Mitte der Kabelspannweite *l* ergibt sich der Zug im Kabel hinreichend genau nach Reauleaux zu $H = (Q + 2P)\,\dfrac{l}{\gamma} =$ 15 600 kg. Hierin ist das Kabelgewicht $Q = 670$ kg, das Gewicht der Laufkatze und des gefüllten Kübels $P = 3850$ kg, $l = 100$ m und $\gamma = 8$ zu setzen.

Die Höchstspannung in dem gewählten Kabel betrug demnach 2010 kg/cm², und die Sicherheit $n = \dfrac{10\,000}{2\,010} = 4{,}98$.

[2]) DRP Nr. 396 924.

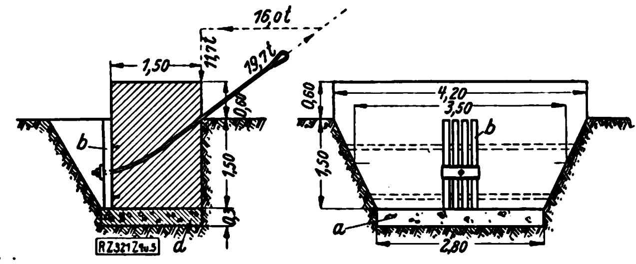


Abb. 4 und 5
Verankerung der Spannseile an Betongründungen
Maßstab 1 : 125

a Schotter *b* Schienen

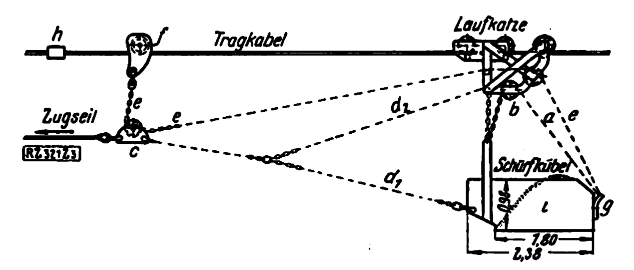


Abb. 3
Schürfkübel mit Laufkatze und Entladevorrichtung

a Kette *b* Rolle *c* Rollenkloben d_1, d_2, *e* Kette
f Wanderlager *g* Kübel *h* Anschlag *i* Bodenfüllung

Der Turm hatte 17,5 t Druck, die rückwärtige Turmverankerung 19,7 t Zug aufzunehmen. Da jedes der drei rückwärtigen Ankerseile beim Verfahren des Kabelbaggers in die Kraftrichtung des Tragkabels kam und dann den Hauptteil der Last tragen mußte, wurde jedes dieser Ankerseile für die Aufnahme von 19,7 t Zug bemessen. Die beiden vorderen Ankerseile hatten den Turm bei Belastung durch Wind zu halten; sie wurden für 9 t Zug bemessen.

Für das Kabelzugseil kam als höchste Beanspruchung der größte Schürfwiderstand in Frage, der von Riedig zu 6000 kg angenommen war. Es war ein Litzenseil mit 18 mm Dmr. und 18 000 kg/cm² Bruchfestigkeit gewählt worden.

Die den Turm haltenden fünf Spannseile wurden an Betongründungen verankert, Abb. 4 und 5. Jeder Betonklotz der rückwärtigen Verankerung wurde im höchsten Falle von einer senkrechten Kraft von 11,7 t und einer wagerechten Kraft von 16 t beansprucht. Der ersten wirkte das Gewicht des Klotzes mit 23,1 t, der zweiten der passive Erddruck, der an der vorderen Wand des Klotzes entstand, entgegen. Der Boden war an dieser Wandfläche, deren Höhe $h = 1{,}50$ m und deren mittlere Länge 3,50 m betrug, zum Teil mittels Aussteifungen senkrecht abgeschachtet. Nach Coulomb ist der passive Erddruck: $E_p = \gamma_e\, tg^2\left(45^\circ + \dfrac{\varrho}{2}\right)\dfrac{h^2}{2}\cdot$ Für nasse Tonerde ist: $\gamma_e = 2{,}0$ t/m³, $\varrho = 20^\circ$ und $E_{p\,\min} = 4{,}1\,\dfrac{h^2}{2}\cdot$ Der Betonklotz wurde demnach durch einen passiven Erddruck von 16,1 t gehalten.

Prof. Franzius hat durch Versuche[3]) nachgewiesen, daß der passive Erddruck in Wirklichkeit etwa doppelt so groß ist, wie er sich durch die Coulombsche Theorie ergibt. Es war also doppelte Sicherheit vorhanden. Die Betongründungen für die vorderen Ankerseile wurden in gleicher Weise berechnet und ausgeführt.

Zur Befestigung des Kabelendes wählte man einen gerade in der Nähe der Rutschung verfügbaren 2 m³-Löffelbagger. Das Tragkabel spannte sich 5,70 m über der Kanalsohle und gestattete damit die Durchfahrt der Förderzüge, die in den benachbarten Schächten gebraucht wurden. Damit der Schürfkübel bei etwaigem Reißen des Zugseiles nicht die unter dem Tragkabel fahrenden Züge oder den Löffelbagger beschädigte, wurde in entsprechender Entfernung von diesem ein Anschlag auf das Tragkabel aufgeschraubt, der die Laufkatze aufhalten mußte.

Der Löffelbagger fuhr auf fest verlegtem Gleis und wirkte als Gegengewichtwagen. Der Zug des Tragkabels verursachte nach Anrechnung aller Gewichtmomente noch ein Kippmoment von 14 tm um die innere Fahrschiene. Dieses wurde durch den Löffel, der schräg vorwärts in den Boden gestemmt wurde, aufgenommen. — Der Löffelbagger wurde nur von einem Maschinisten bedient und verfahren, der auch das Einstemmen und Festbremsen des Löffels besorgte.

Der Turm, Abb. 6 und 7, übertrug den Druck von 17,5 t durch vier Rundholzstangen, die durch Zangen und Schrägen verbunden waren, und durch einen Schwellenrost auf den Boden. Oben waren die Stangen durch einen Winkeleisenring zusammengehalten, an dem fünf Lappen

[3]) s. „Der Bauingenieur" Bd. 5 (1924) S. 814.

zur Befestigung der Ankerseile angenietet waren. 1 m tiefer lag ein Winkeleisenring; auf diesem konnte sich ein zweiter bewegen, an dem zwei Lappen angenietet waren; in diese wurden Ketten eingehängt, die den Flaschenzug des Tragkabels hielten. 1,25 m tiefer war die Umführrolle für das aus dem Flaschenzug kommende Spannseil und darunter die Umführrolle für das Kübelzugseil gelagert. Im Fuß des Turmes wurden die beiden Seile durch Rollen nach der Windenanlage umgelenkt.

Die beiden Windtrommeln für das Kabelhubseil und das Kübelzugseil wurden mittels einfachen Vorgeleges von einer Lokomobile, die bei etwa 200 Uml./min der Kurbelwelle 35 PS leistete, angetrieben. Zur Bedienung der Winden waren zwei Maschinisten notwendig; sie betätigten die Reibkupplung mit der Hand und die Bandbremse mit dem Fuß. Sie konnten den Schütt-Trichter und das Kippen des Kübels gut übersehen.

Der Schütt-Trichter, Abb. 8 und 9, trug in der Mitte einen Keil aus Doppel-T-Trägern und Blech mit Holzfutter, der verhütete, daß der Boden geradezu in die Rollwagen fiel und sie damit beschädigte. Die Trichterwände waren unter 60° geneigt und mit dünnem Eisenblech beschlagen; dadurch wurde das Hängenbleiben des Bodens zum größten Teil verhindert.

Aufstellung und Betrieb

Zuerst wurden die Gründungen für die Turmankerseile betoniert, dann der auf dem Werkplatz fertig zusammengebaute Turm zu seinem Standort gefahren und in der aus Abb. 10 ersichtlichen Weise in etwa sechs Stunden aufgerichtet und verankert. Darauf wurde das Tragkabel abgerollt und, nachdem auf ihm die Laufkatze mit Kübel aufgezogen, und der Anschlag befestigt war, zwischen Löffelbagger und Turm gespannt. Schließlich wurden die Winden und die Lokomobile aufgestellt und durch Holzsteifen gegen den Turm abgestützt. Der Kabelbagger wurde am 3. Mai 1926 in Betrieb genommen.

Da sich die Einsatzstelle des Schürfkübels, die Grabtiefe und die Länge des Schürfweges ständig ändern, wird für die Steuerung des Tragkabels und des Zugseils, die dicht bei den Winden stattfinden muß, wohl immer ein besonderer Beobachter notwendig sein; die zur Unterstützung des Windenführers bei Kabelkranen gewöhnlich verwendete Anzeigerichtung, deren Zeiger von den Winden zwangläufig angetrieben wird, dürfte für Kabelbagger allein nicht genügen.

Betriebstörungen

In der ersten Zeit des Baggerbetriebes wurden viele Ausbesserungen und Verbesserungen am Gerät notwendig, die die Erreichung normaler Leistungen verhinderten. Die Lieferfirma hatte manche Teile nicht in der von Riedig vorgeschriebenen Ausführung geliefert. So brachen z. B. mehrmals einige Zähne der in Grauguß statt in Stahlguß

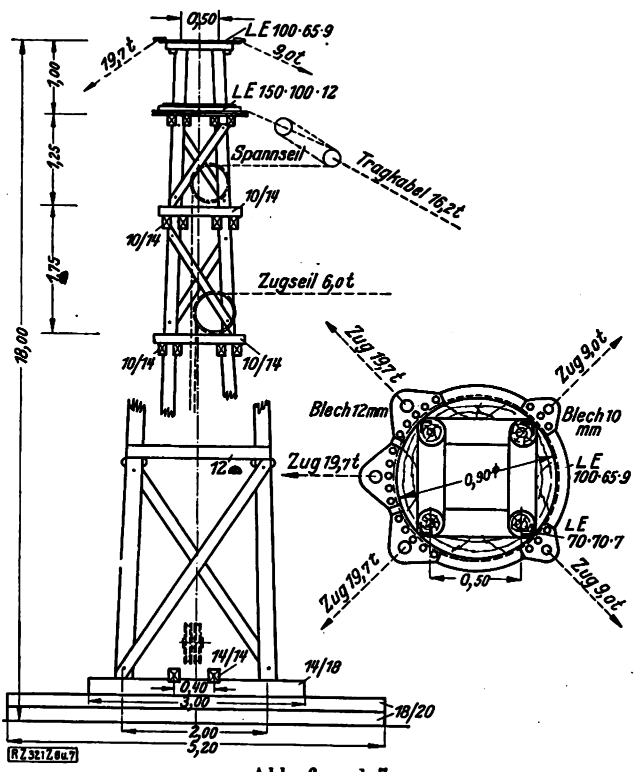


Abb. 6 und 7
Aufbau des Halteturmes für den Kabelbagger und Kräftewirkungen an ihm

gefertigten Zahnräder der Winden; die Zahnräder wurden später durch Stahlgußräder ersetzt. Die Bandbremsen waren zu schwach bemessen und mit Handhebel, statt mit Fußhebel versehen und ließen sich daher sehr schwer bedienen; sie mußten verstärkt und umgebaut werden. Überhaupt waren die Winden im allgemeinen zu schwach gebaut und gaben daher oft zu Betriebsstörungen Anlaß.

Die Seilklemme, die das Tragkabel am Löffelbagger hielt, war so kurz, daß sich das Tragkabel während des Betriebes verschiedentlich durchzog und damit den Betrieb zum Stillstand brachte. Die Seilklemme mußte doppelt so lang gefertigt werden.

Da die vier Eckstiele des hölzernen Turmes, die durch Streben, Zangen, Bolzen und Klammern zusammengehalten wurden — in dem oberen spitz verlaufenden Turmteil ließ sich die Verstrebung nicht vollkommen anbringen —, keine genügend starr verbundene Einheit bildeten, erzeugten die aus dem Tragkabel, dem Flaschenzugseil des Tragkabels

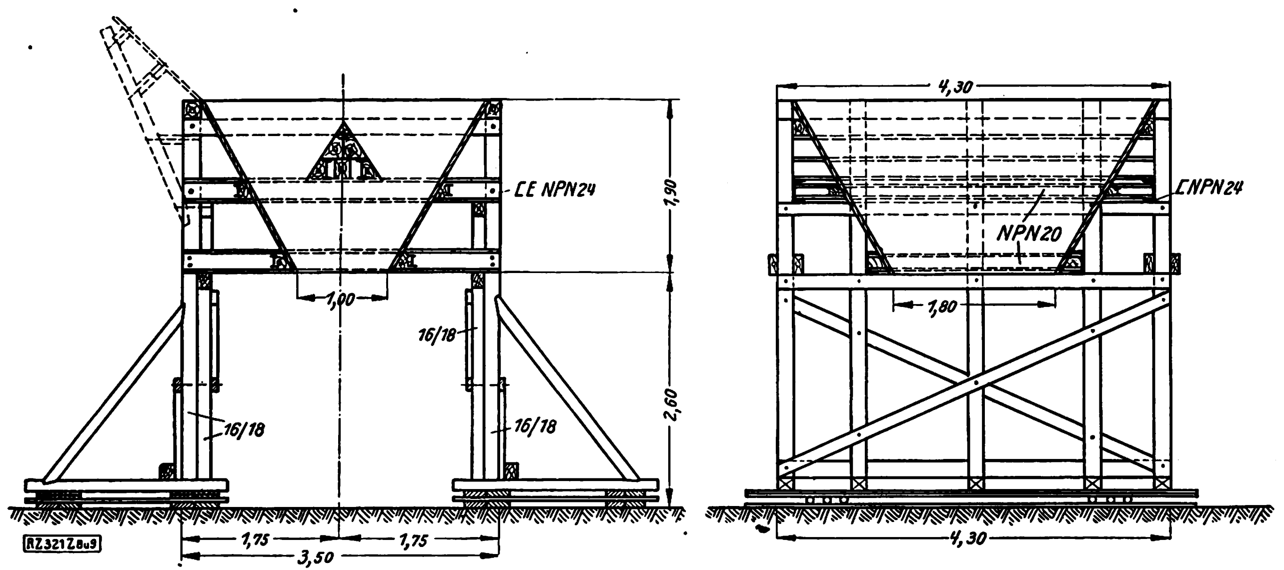


Abb. 8 und 9
Schütt-Trichter für den Kabelbagger

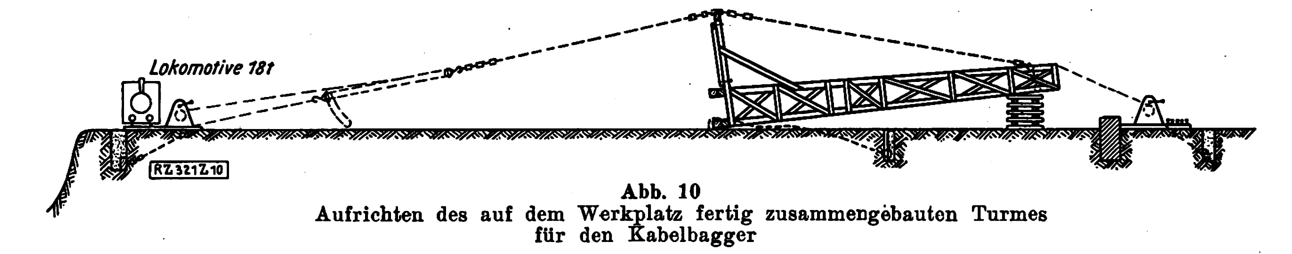


Abb. 10
Aufrichten des auf dem Werkplatz fertig zusammengebauten Turmes für den Kabelbagger

und dem Zugseil herrührenden, in verschiedener Höhe angreifenden und ständig stark wechselnden Kräfte sehr große, ständig sich ändernde Durchbiegungen des nur am Kopf und Fuß gehaltenen Turmes. Um diese gefährlichen Durchbiegungen zu verhindern, mußten gleich bei Betriebsbeginn außer den drei vorhandenen noch zwei rückwärtige Abspannseile in Höhe der oberen Umlenkrollen angebracht werden. Diese Zusatzverankerung hätte erspart werden können, wenn die wagerechten Komponenten der aus dem Tragkabel, dem Zugseil und der rückwärtigen Verankerung herrührenden Kräfte ungefähr in eine Ebene gelegt worden wären; dies hätte sich mit Hilfe eines kräftigen eisernen Bockes, an dem die fünf Ankerseile angriffen, und eines auf ihm drehbaren eisernen Sattels, der den Flaschenzug für das Tragkabel hielt und die Umlenkrollen für das Flaschenzugseil und das Kübelzugseil trug, erreichen lassen. Außerdem hätte der Drehsattel den Vorteil gebracht, daß das Tragkabel und das Zugseil samt den Umlenkrollen beim Radialfahren des Baggers ohne weiteres der Richtungsänderung hätte folgen können.

Die Ausführung des Turmes ohne Drehsattel machte es notwendig, daß die Umlenkrollen von Zeit zu Zeit entsprechend der Änderung der Tragkabelrichtung auf ihren Lagerplatten gelöst, gedreht und wieder befestigt werden mußten; dies war sehr zeitraubend und auch nur bis zu gewissem Grade möglich. Darüber hinaus war ein Scheuern der Seile an den Rollenkränzen und — nach Vorschaltung besonderer Umlenkwalzen — an diesen unvermeidlich. Infolgedessen riß das dauernd beanspruchte Zugseil mehrere Male und mußte gespleißt werden.

Die Lagerplatten für die Umlenkrollen waren zu dünn bemessen und bogen sich durch; sie mußten verstärkt oder besonders unterstützt werden. — Damit der Schürfkübel nicht höher, als unbedingt nötig, gehoben zu werden brauchte, wurde die Höhe des Schütt-Trichters durch Abschneiden der Stiele um 0,50 m verringert. Da der Schürfkübel während der Bodenentleerung einen Weg von 3 bis 4 m zurücklegte und beim Kippen hin- und herschwang, kam es vor, daß ein Teil des Erdreichs vor oder hinter den Trichter fiel. Der Trichter wurde deshalb durch Verlängerung der hinteren Wand auf etwa 4,50 m verbreitert. — Durch Längenänderung der Ketten, die zur Kübelaufhängung dienten, wurde der kürzeste Entladeweg des Kübels ausgeprobt.

Zum Wegbaggern des Böschungskopfes bis zur Geländehöhe mußte das Tragkabel mitunter so hoch gehoben werden, daß der Durchhang nur noch etwa 4 m betrug, während der Rechnung ein kleinster Durchhang von 6,70 m zugrunde gelegt war. Die dadurch verursachte Überlastung führte zwar keinen Bruch herbei, es ist aber beim Entwerfen eines Kabelbaggers erforderlich, mit demjenigen Durchhang des Tragkabels zu rechnen, der sich aus seiner größten erforderlichen Anspannung ergibt. Diese ist durch die Höhenlage des zu baggernden Bodens, des Schütt-Trichters und etwaiger Hindernisse bedingt. — Riedig hatte mit einem Grabwiderstand von höchstens 6 t gerechnet. Der Grabwiderstand wurde jedoch höher, wenn der Kübel in den Boden zu tief eingesetzt wurde oder auf besonders harten Ton traf; die Windenkupplungen rutschten dann oder die Lokomobile kam zum Stillstand. Es empfiehlt sich also, bei Baggerung mittelschweren Bodens mit einem Grabwiderstand von etwa 8 bis 10 t zu rechnen und eine entsprechend starke Winde und Lokomobile einzusetzen. — Die im Ton eingelagerten Steine konnte der Schürfkübel nicht lösen; sie mußten durch Handarbeit beseitigt werden.

Die geschilderten Ausführungsmängel verursachten viele, zum Teil mehrere Tage andauernde Betriebsunterbrechungen. Daneben kamen noch folgende laufende Betriebsunterbrechungen vor, die in der Art dieses Geräts ihren Grund hatten:

Der Kübel schürfte den Boden in dünnen Schalen und füllte sich auf einem Schürfweg von etwa 5 bis 15 m; dann wurde der Kübel vom Boden abgehoben. Der Bagger arbeitete so, daß er die Rutschungsoberfläche vom Fuß bis zum Kopf der Böschung in einem Streifen von Kübelbreite um etwa 1 m abgrub, dann radial mit Hilfe des Löffelbaggers vorfuhr, den benachbarten Bodenstreifen um etwa 1 m abgrub, wieder vorfuhr usf. War so ein Stück von genügend großer Breite etwa 1 m tief ausgehoben, so fuhr der Bagger in entgegengesetzter Richtung vor und hob den nächsten 1 m-Schnitt aus usf.

Der Löffelbagger mußte also etwa alle 1½ Betriebstunden einmal verfahren werden. Dazu wurde das Tragkabel entspannt, indem es soweit abgesenkt wurde, bis der Kübel am Boden lag; dann wurde der Löffel angehoben, der Löffelbagger vorgefahren, der Löffel in den Boden gestemmt und das Tragkabel wieder hochgewunden. Der Vorgang dauerte rd. 5 min.

Da das Löffelbaggergleis nicht nach einem Kreisbogen mit dem Turm als Mittelpunkt verlegt war, mußte die Spannweite des Tragkabels von Zeit zu Zeit vergrößert oder verringert werden. Dies war in geringem Maße mit Hilfe des Flaschenzugseils möglich. Größere Änderungen der Spannweite wurden dadurch erreicht, daß die am Löffelbagger befindliche Kabelklemme gelöst, das Kabel durchgezogen, und die Klemme wieder fest angezogen wurde. Wurde die Spannweite des Tragkabels in dieser Weise geändert, so mußte der das Kippen des Kübels bewirkende Anschlag so versetzt werden, daß sich der Kübel genau in den Trichter entleerte. Das Tragkabel wurde dazu so weit herabgelassen, daß ein Arbeiter vom Schütt-Trichter aus den Anschlag erreichen konnte. Das Ändern der Spannweite und Versetzen des Anschlags wurde etwa alle 12 Betriebstunden erforderlich und war recht unbequem und zeitraubend.

Auch der Schütt-Trichter mußte entsprechend dem Vorrücken des Tragkabels verschoben werden: Er stand auf eisernen Walzen und wurde mit einer Handwinde gezogen.

Wenn der lehmige Boden feucht war, blieb er je nach dem Feuchtigkeitsgrad mehr oder weniger im Schürfkübel und Schütt-Trichter kleben, die dann durch Handarbeit gereinigt werden mußten.

Leistungen

Im allgemeinen genügten zwei Kübelfüllungen zum Beladen eines 4 m^3-Rollwagens; mitunter waren drei Kübelfüllungen nötig.

Die Zeiten, die der Kübel für die Abwärtsfahrt, das Schürfen und die Aufwärtsfahrt gebrauchte, wurden vielfach gemessen. Das Mittel von 180 Messungen, die bei normalem Betrieb vorgenommen wurden, enthält Zahlentafel 1 (die Zeiten sind von Beginn der Abwärtsfahrt fortlaufend gerechnet).

Zahlentafel 1

Abwärtsfahrt des Kübels		Schürfen				Ende des Kippens
		Anfang		Ende		
Beginn s	Ende s	m[4])	s	m[4])	s	s
0	35	43	44	34	69	151

[4]) Die Zahlen geben die Entfernung des Kübels von der Trichtermitte, parallel zum Tragkabel gemessen, an.



Im Mittel dauerte also die Abwärtsfahrt des Kübels 35 s auf einem Weg von 43 m, die Pause für das Herablassen des Kübels in den Boden 9 s, das Schürfen 25 s auf einem Weg von 9 m, die Aufwärtsfahrt 82 s auf einem Weg von 34 m. Die Geschwindigkeiten betragen demnach für die Abwärtsfahrt 1,23 m/s, für die Aufwärtsfahrt 0,42 m/s und für das Schürfen 0,36 m/s. Ein Förderspiel dauerte rd. 2½ min.

Der Kabelbagger hob im Mai und Juni 1926 an 50 Arbeitstagen in 445 normalen Betriebstunden 7824 m³ teils weichen und klebenden, teils Lehm- und Tonboden aus, d. h. 16,7 m³/h.

In diesen Betriebstunden sind die laufenden Betriebsunterbrechungen eingerechnet, die durch das Verfahren des Löffelbaggers, Ändern der Kabelspannweite, Verschieben des Schütt-Trichters und Anschlages und durch das Reinigen des Kübels und Trichters entstanden.

Im Juli und August erhöhte sich die mittlere Leistung auf 19 m³ in einer Betriebstunde. Die Höchstleistung in einer Betriebstunde betrug 27 m³.

Die Leistungsfähigkeit des Kabelbaggers war also recht gering. Das lag zum großen Teil an der kleinen Geschwindigkeit beim Aufwärtsfahren des Kübels (0,42 m/s). Leider war es nicht möglich, in kurzer Frist ein Getriebe für zwei Zugseilgeschwindigkeiten herzustellen und einzubauen, das eine wesentliche Erhöhung der Leistung zur Folge gehabt hätte. Wäre die Geschwindigkeit der Aufwärtsfahrt z. B. verdreifacht worden (1,26 m/s) — während die Geschwindigkeit von 0,36 m/s für das Schürfen beibehalten wurde —, so wäre die mittlere Leistung von 19 m³/h um 57 vH auf 30 m³/h gestiegen.

Es empfiehlt sich also sehr, den Kabelbagger in Zukunft mit zwei Geschwindigkeiten für das Zugseil auszustatten und die Geschwindigkeit für das Schürfen etwa zu 0,40 m/s und für das Aufwärtsfördern möglichst groß, etwa zu 1,20 m/s zu wählen.

Kosten

Nach meinen Aufzeichnungen entstanden bei 0,82 ℳ Stundenlohn eines Schlossers und 0,67 ℳ eines Tiefbauarbeiters folgende Kosten (einschließlich der Kosten für soziale Lasten, Steuern, Verwaltung, Werkstoffbeschaffung und Werkstattbenutzung):

Für die von der Firma Holzmann hergestellten Teile	6 018 ℳ
Für die von Dipl.-Ing. Riedig gelieferten Teile	6 200 „
Der Kabelbagger kostete also im ganzen	12 218 ℳ
Für die Aufstellung des Kabelbaggers, einschließlich der Kosten für die Herstellung der Beton-Ankerklötze, die Beförderung aller Baggerteile zum Standort, das Probebaggern und einen Monteur der Lieferfirma	6 421 ℳ
Für die Ausbesserung und Verbesserung des Kabelbaggers	7 795 ℳ

Der Kabelbagger war infolge der vielen Betriebsunterbrechungen 4½ Monate in Benutzung, sein Auf- und Abbau dauerte 2½ Monate. Rechnet man für Verzinsung und Abschreibung des Kabelbaggers im ersten Jahre 35 vH des Neuwertes und für jährliche Verzinsung und Abschreibung des Löffelbaggers 15 vH vom Buchwert, so ergeben sich folgende Kosten:

1. für Verzinsung und Abschreibung des Kabelbaggers $\frac{35 \cdot 12\,218 \cdot 7}{100 \cdot 12}$	2 500 ℳ
2. für Verzinsung und Abschreibung des Löffelbaggers $\frac{15 \cdot 20\,000 \cdot 5}{100 \cdot 12}$	1 250 „
3. für Aufstellen des Kabelbaggers	6 421 „
4. für Abbrechen des Kabelbaggers	1 500 „
5. für Ausbesserung des Kabelbaggers	7 795 „
zusammen	19 466 ℳ

das sind, verteilt auf eine Gesamtleistung von 11 400 m³, 1,71 ℳ/m³.

Hierzu kommen die Betriebkosten:

Bei normalem Betrieb waren für 1 Betriebstunde erforderlich:

	Löhne	Betriebstoffe
1 Meister	1,42 ℳ	
2 Maschinisten an den Winden, 1 Maschinist auf dem Löffelbagger = 3 · 0,82	2,46 „	
1 Heizer an der Lokomobile	0,72 „	
1 Zeichengeber, 2 Mann am Schütt-Trichter = 3 · 0,67	2,01 „	
Kohle für die Lokomobile: 60 kg/h · 0,03 ℳ/kg		1,80 ℳ
Kohle für den Löffelbagger: 25 kg/h · 0,03 ℳ/kg		0,75 „
Schmier- und Putzmittel für Lokomobile, Winden und Löffelbagger		0,40 „
je Betriebstunde	6,61 ℳ	2,95 ℳ
Dazu: Soziale Lasten 8,5 vH von 6,61 ℳ	0,56 „	
Betriebstoffe	2,95 „	
zusammen	10,12 ℳ	
Dazu: Steuern, Verwaltungskosten usw. 9 vH von 10,12 ℳ	0,91 „	
1 Betriebstunde kostete	11,03 ℳ	

Bei einer mittleren Leistung von 19 m³/h betrugen demnach die Betriebkosten: 11,03 = 0,58 ℳ/m³. Die Gesamtkosten für die Gewinnung und Förderung von 11 400 m³ Lehm- und Tonboden betrugen also 2,29 ℳ/m³.

Der Aushub des Bodens im Handbetrieb hätte in dieser flach (etwa 1 : 3) abzuböschenden Rutschung, in der die Rollwagen nur in der Kanalsohle oder in Geländehöhe hätten zugestellt werden können, mehrfaches Werfen des Bodens erfordert und einschließlich der Kosten für das Vorhalten der Ladegleise und Gurtförderer nach den vorgenommenen statistischen Ermittlungen wenigstens vier Tiefbauarbeiter-Lohnstunden je m³, d. s. (einschließlich Unkosten) 4 · 0,67 · 1,175 = 3,16 ℳ, — wahrscheinlich aber mehr — gekostet. Berücksichtigt man außerdem, daß der Kabelbagger den Boden in Rollwagen auf Geländehöhe förderte, während bei Handbetrieb die Förderung von mehr als 70 vH des Bodenaushubs erst eine Entfernung von 2,2 km und eine Höhe von 12,4 m hätte überwinden müssen, um zum gleichen Punkt zu gelangen, so erkennt man, daß der Kabelbaggerbetrieb viel wirtschaftlicher als der Handbetrieb gewesen ist.

Das Ergebnis wäre noch bedeutend günstiger geworden, wenn die Baggerteile in richtiger Ausführung und Werkstoffbeschaffenheit geliefert und ein Getriebe mit zwei Zugseilgeschwindigkeiten vorgesehen worden wäre; die Ausbesserungskosten hätten sich dann vielleicht auf ein Viertel von 7795 ℳ = 1950 ℳ ermäßigt, und die Leistung auf 30 m³/h erhöht. Damit hätten die gesamten Kosten nur (1,20 + 0,37) = 1,57 ℳ/m³ betragen.

Die dauernden Kosten für Verzinsung, Abschreibung und Ausbesserung des Geräts, die, wenn die letztgenannten Zahlen zugrunde gelegt werden, 0,50 ℳ/m³ betragen, werden bei technisch richtiger Durchbildung und möglichst ununterbrochener Benutzung des Kabelbaggers wesentlich kleiner werden. Die einmaligen auf 1 m³ Leistung entfallenden Kosten für Aufstellen und Abbrechen des Kabelbaggers, in diesem Falle 0,70 ℳ/m³, verringern sich in gleichem Maße, wie die Menge des auszuhebenden Bodens wächst. Es hängt daher sehr vom Umfang einer Arbeit ab, ob der Kabelbagger wirtschaftlicher als eine andre Baggerart ist.

Die Betriebkosten des Kabelbaggers (0,37 ℳ/m³) sind nur wenig verschieden von den Betriebkosten eines Eimerkettenbaggers; die Bodengewinnung mit einem Eimerkettenbagger, Bauart B der Lübecker Maschinenbaugesellschaft (Eimergehalt 250 l), erfordert z. B. in leichtem Lehm und Ton rd. 0,35 Lohnstunden eines Tiefbauarbeiters + 1,1 kg Kohle[5]), also einschließlich Unkosten 0,35 · 0,67 · 1,175 + 1,1 · 0,03 · 1,09 = 0,31 ℳ/m³.

[5]) Behring, Vorbereitende Arbeiten für die Ausführung größerer Erdarbeiten, insbesondere von Kanalbauten, „Die Bautechnik" Bd. 4 (1926) S. 379.



Die Betriebkosten des Kabelbaggers lassen sich gegebenenfalls durch Anwendung elektrischer Kraft und umsteuerbarer Motoren erniedrigen: Es wird dann nur ein Maschinist gebraucht, statt zweier Maschinisten an den Winden und eines Heizers an der Lokomobile.

Zusammenfassung

Der Kabelbagger ist ein wenig leistungsfähiges Gerät, das zu seiner Bedienung aber nur wenige Leute erfordert. Der Kabelbagger vermag den Boden in größerer Tiefe zu baggern, ihn über eine verhältnismäßig lange Strecke in das Gelände zu fördern und sehr flache Böschungen herzustellen. Er ist jedoch nur in leichtem und mittelschwerem Boden verwendbar; in schwerem Boden würde die Anlage äußerst schwer werden.

Der Querschnitt des auszuhebenden Bodens ist möglichst so zu gestalten, daß er vom Schürfkübel überall erreicht werden kann; die Querschnittbegrenzung muß sich also möglichst einem Linienzug des Tragkabels anpassen, der sich zwischen seinen beiden Aufhängungspunkten herstellen läßt. Ein muldenförmiger Querschnitt läßt sich mit dem Kabelbagger leicht baggern.

Bei der Wahl der Aufhängungspunkte für das Tragkabel ist zu beachten, daß sein Durchhang nie kleiner als ein gewisses, dem Bau des Kabelbaggers zugrunde gelegtes Maß wird.

Der radial fahrbare Kabelbagger wird, da er von seinem Standort aus nur Bodenmengen von beschränktem Umfange baggern kann und dann vollständig umgebaut werden muß, immer nur in Sonderfällen, wie beim Aushub tiefer Rutschungen, Kiesgruben und dergl. wirtschaftlich zu verwenden sein. Seine Wirtschaftlichkeit steigert sich — das gleiche gilt für den parallel fahrbaren Kabelbagger —, wenn der gebaggerte Boden statt in Förderzüge unmittelbar auf eine Ablagerungsfläche gekippt werden kann. Wo Löffelbagger oder Eimerkettenbagger ohne größere Schwierigkeiten anwendbar sind, dürfte der radial fahrbare Kabelbagger nicht in Frage kommen.

Anders verhält es sich mit dem parallel fahrbaren Kabelbagger, der aus zwei — am besten eisernen — Türmen besteht, die sich parallel zur Längsachse des Bodenaushubs verfahren lassen. Ein Turm trägt die Windenanlage nebst Antriebmaschine, zwischen beiden Türmen ist das Tragkabel gespannt, auf dem der Schürfkübel in der geschilderten Weise läuft. Da die Verfahrbarkeit des ganzen Kabelbaggers den Aushub sehr großer Bodenmengen gestattet, ohne daß ein Umbau der Anlage nötig wird, spielen die Aufstell- und Abbruchkosten nur eine untergeordnete Rolle. Es ist daher gut denkbar, daß der parallel fahrbare Kabelbagger beim Aushub langer Kanalstrecken mit muldenförmigem Querschnitt in leichtem und mittelschwerem Boden wirtschaftlicher arbeitet als der Eimerkettenbagger oder Löffelbagger. Die geringe Leistungsfähigkeit kann gegebenenfalls durch Einsatz mehrerer Kabelbagger wettgemacht werden.

Es ist sehr zu wünschen, daß der parallel fahrbare Kabelbagger, der in Abraumbetrieben schon mehrfach mit Erfolg angewendet worden ist, auch im Kanalbau erprobt wird. [B 321]

Vierachsiger Straßenbahnwagen für Überland-Schnellverkehr

Die Erfüllung der Forderungen, die an die Verkehrsverbindungen zwischen größeren Städten in mittleren Entfernungen (50 bis 300 km) vornehmlich bei regem Geschäfts- oder Handelsverkehr gestellt werden müssen, bereitet dem Verkehrstechniker besondere Schwierigkeiten. Die Verlängerung der Straßenbahnlinien in Gestalt der üblichen straßenbahnähnlichen Überlandbahnen scheidet bei diesen Entfernungen wegen ihrer geringen Höchstgeschwindigkeit aus. Die normale Dampfeisenbahn kann den besonderen Bedingungen dieser Verkehrsaufgabe (häufige Verkehrsgelegenheit, kurze Fahrzeit, günstiger Anschluß an den Stadtverkehr) nur unvollkommen oder unwirtschaftlich gerecht werden. Aus diesem Grunde werden für diesen Zweck in der letzten Zeit neue Arten von Bahnanlagen und Verkehrsmitteln entwickelt. In Deutschland wurde gerade in der letzten Zeit wieder lebhaft der Plan der Rheinisch-Westfälischen Schnellbahn und der durch elektrische Triebwagen zu bewältigende Schnellverkehr zwischen Halle und Leipzig erörtert.

Ein bemerkenswertes Beispiel derartiger Verkehrsverhältnisse und ihrer Lösung bietet die von der Indiana Service Corporation betriebene Strecke zwischen Indianapolis und Ft. Wayne in den Vereinigten Staaten (rd. 225 km), die mit neuartigen Schnelltriebwagen in Zweiwagenzügen in vier Stunden zurückgelegt wird. Diese Wagen zeichnen sich durch die den Reisenden gebotenen Bequemlichkeiten aus. Ein Teil von ihnen hat die üblichen querstehenden Klappsitze und einen geräumigen Gepäckraum, der andre besteht aus Unterhaltungs- und Aussichtswagen mit Kücheneinrichtung. Sämtliche Wagen haben elektrische Triebausrüstung, nur mit dem Unterschiede, daß die Unterhaltungs- und Küchenwagen nur mit zwei Motoren von 100 kW Leistung ausgerüstet sind, die andern dagegen mit vier solchen Motoren. Dies Verfahren, sämtliche Wagen mit Motoren, wenn auch verschieden stark, auszurüsten, ermöglicht die betrieblich außerordentlich angenehme vollkommene Freizügigkeit in der Zusammenstellung der Zugeinheiten je nach den Anforderungen des Verkehrs, erfordert aber wesentlich höhere Anlagekosten.

Sämtliche Wagen sind vierachsig, haben Endeinstieg und einseitigen Führerstand, stählernes Untergestell mit Mittellangträgern und Kastengerippe aus Stahl sowie Tonnendach. Sie sind 18,6 m lang. Die Querträger und Kastensäulen des Gerippes bestehen aus Preßblech. Die Kopfstücke sind halbkreisförmig abgerundet und mit gezahnten Kletterschutzstücken versehen. Fußboden, Seitenwände und Decke sind vollständig in der im amerikanischen Wagenbau üblichen Weise gegen Wärme und Geräusch isoliert. Das Kopfstück besteht aus einem U-Eisen von 300 mm Höhe, das oben und unten durch je eine 6 mm dicke, halbkreisförmige Knotenplatte mit dem Mittellangträger verbunden wird. Diese Bauart bietet günstige Festigkeitseigenschaften gegen zentrisch oder exzentrisch auftretende Stöße. Das Dach ruht auf Winkeleisenpriegeln und hat eine geteerte Decke aus einem Stück. Die Innenwände sind mit Stahl- und Leichtmetallblech in einzelnen gepreßten Tafeln bedeckt. Über den Fenstern sind längslaufende Gepäcknetze angeordnet. Alle Türen bestehen aus Mahagoni. Die Wagen sind mit elektrischer und mit Warmwasserheizung ausgerüstet. Zur Lüftung dienen auf dem Wagendache angebrachte Entlüfter, von denen ein Teil auf Drücken, der andre auf Saugen eingestellt ist. Die Küche wird elektrisch entlüftet.

Die stark schwankende Fahrdrahtspannung (der Strom wird durch Oberleitung und Rollenstromabnehmer zugeführt) macht die befriedigende Beleuchtung besonders schwierig; man hat daher eine unabhängige Stromquelle in Gestalt einer Batterie mit 32 V Spannung bei 200 Ah Kapazität aufgestellt, die durch eine Westinghouse-Dynamo von 1,5 kW gespeist wird.

Die Drehgestelle haben 2,15 m Radstand und weisen die übliche amerikanische Bauart mit Schwanenhals und durch Schraubenfedern gegen diesen abgefederten Rahmen auf. Zur Abfederung der Wagen sind für geringe Last besondere Kegelfedern vorgesehen, die sich bei größerer Besetzung allmählich selbsttätig ausschalten, so daß bei jeder Besetzung des Wagens eine annähernd gleichmäßig weiche Abfederung erzielt wird; das verursacht sonst gerade bei einem ungünstigen Verhältnis zwischen Leergewicht des Wagens und Verkehrslast besondere Schwierigkeiten. („Electric Railway Journal“ Bd. 68 (1926) S. 874.) [N 30]

Bln.-Zehlendorf O. Günther

P. Oberhoffer †

Am 16. Juli starb der Professor für Eisenhüttenkunde an der Technischen Hochschule Aachen, Dr.-Ing. Paul Oberhoffer, erst 45 Jahre alt, in der Blüte seines Schaffens.

Oberhoffer wurde am 25. Januar 1882 in Luxemburg geboren und erhielt seine wissenschaftliche Ausbildung als Eisenhüttenmann an der Technischen Hochschule Aachen unter Classen, Borchers und besonders Wüst, mit dem er später als Assistent und Mitarbeiter eng verbunden blieb. Er legte sein Diplomexamen 1905, sein Doktorexamen 1907 ab. Der Gegenstand seiner Doktorarbeit „Über die spezifische Wärme des Eisens" war bereits der Anfang seiner Hauptarbeitsrichtung, die Metalle mit Hilfe der physikalischen Methode zu erforschen.

Im Jahre 1909 habilitierte er sich in Aachen für das Gebiet der physikalischen Metallurgie, den jungen Zweig der Metallkunde, der damals erst im Werden war und heute bereits ein großartig erschlossenes Feld wissenschaftlicher Arbeit mit technischen Auswirkungen darstellt. Zwei Jahre später wurde er zum Dozenten für Metallographie und Materialkunde an der Technischen Hochschule Breslau ernannt, wo er hauptsächlich die Metallographie förderte, die ihm einen bedeutenden Anteil ihrer Entwicklung verdankt. Vom Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen im Forschungslaboratorium wurde sie zu einer der wichtigsten Untersuchungsmethoden des technischen Betriebes und zur Wurzel neuer technischer Verfahren ausgebaut. Von Arbeiten dieser Art seien hier genannt: Die Vorgänge der primären Kristallisation und im Anschluß daran die Erscheinungsformen der primären und sekundären Zeilenstruktur. Ferner arbeitete er über die Rekristallisation des Eisens und stellte das erste Diagramm dafür auf.

Oberhoffer wurde 1914 zum außerordentlichen Professor und 1918 zum Honorarprofessor ernannt. Während des Krieges schränkte er einige Jahre lang einen Teil seiner Lehrtätigkeit an der Technischen Hochschule ein, um als wissenschaftlicher Berater der Oberschlesischen Eisenbahnbedarfs-A.-G. seine Kenntnisse und Fähigkeiten der Industrie zu widmen. Diese Zusammenarbeit mit der Technik gab ihm andererseits erwünschte Anregungen für seine spätere wissenschaftliche Tätigkeit.

Den damaligen Stand der Kenntnis des dort hergestellten Materials und den Inhalt seiner Arbeiten faßte Oberhoffer zusammen in dem Buche „Das schmiedbare Eisen", das in einer wesentlich erweiterten Form mit Berücksichtigung aller Eisensorten in zweiter Auflage den Titel „Das technische Eisen" führt. Dieses Buch ist heute das maßgebende Buch über die Eigenschaften und die Konstitution des technischen Eisens.

Nach dem Tode von Simmersbach nahm er, erst 37 Jahre alt, 1919 den Ruf als Vorsteher des Instituts für Eisenhüttenkunde an der Technischen Hochschule Breslau an und schon ein Jahr später den Ruf seiner Mutterhochschule Aachen als Nachfolger seines alten Lehrers Wüst. Das schöne und großzügig angelegte eisenhüttenmännische Institut in Aachen hat Oberhoffer zu einem der bestausgestatteten und fruchtbringendsten Lehr- und Forschungsinstitute Deutschlands ausgebaut.

Mit einem ganzen Stabe von Mitarbeitern aus den einzelnen Fachrichtungen der Eisenhüttenkunde und ihrer Grenzgebiete wurde planmäßig die Eisenforschung in breitestem Stile aufgenommen. Die metallurgischen Prozesse im technischen Ofen, hauptsächlich im Martin- und Elektroofen, die Vergütung des Werkstoffes, die Gießerei, die physikalische Erforschung des Eisens und die Erforschung der feuerfesten Stoffe, Schlacken usw. wurden durch Laboratoriumsversuch und Arbeiten in der Praxis gefördert. Aber alle diese wissenschaftlichen Arbeiten, die zu etwa 50 bis 60 nebeneinander herliefen, waren in einer großen Linie zusammengefaßt. Sie galten letzten Endes dem Gefügebestandteil im weiteren Sinne, der in allen technischen Eisensorten vorhanden ist, ihre Eigenschaften tiefgreifend beeinflußt und sich doch nicht erfassen ließ. Es ist der Sauerstoff, der in meist unbekannten Bindungen das ganze Gefüge durchsetzt, und die Bemühungen der Forschung, ihn zu erfassen, vereitelte.

Die Umsetzungen von Eisen mit Sauerstoff spielen in alle Herstellungsvorgänge des Eisens hinein, besonders im Hochofen spielen sie die wichtigste, bisher noch wenig erkannte Rolle. Anschließend an seine metallographischen Arbeiten setzte hier Oberhoffer an in der Erkenntnis, daß hier das Herz aller Eisenforschung liegt. Er versuchte zunächst, von älteren Arbeiten ausgehend, den Sauerstoff im Eisen analytisch zu erfassen. Durch die Heißextraktion wurde versucht, den Sauerstoff in Form von Gasen (Kohlenoxyd, Kohlensäure usw.) bei hohen Temperaturen und Luftleere auszutreiben. Durch Reduktion mit Wasserstoff in der Hitze wurde er in Wasser übergeführt und auf chemischem Wege nach Lösung der Anteile an Metall in genau bestimmten Formen als Rückstand gewonnen. Neben diesen analytischen Verfahren wurde die Synthese versucht. Aber der Weg zum Erfolge war trotz zehnjähriger Arbeit und der unleugbar errungenen Erfolge noch weit, und Oberhoffer bahnte zu diesem Zwecke eine gemeinsame Arbeit von Laboratorium und Praxis an, die imstande gewesen wäre, die Rätsel zu lösen. Da legte der Tod das geistige Räderwerk dieses Mannes still, aber noch während der letzten Wochen der tückischen Krankheit legte er in zwei ausgezeichneten Vorträgen in Leoben und Luxemburg Rechenschaft über den Stand seiner Arbeiten und seiner Ziele ab, die dabei in Inhalt und Form meisterhaft dargestellt wurden.

In Ergänzung und Erweiterung des Buches „Das technische Eisen" war ein neues Buch „Die Herstellungsverfahren des technischen Eisens" im Werden, das er im Verein mit seinen Mitarbeitern dazu bestimmt hatte, die gesamte Metallurgie des Eisens von neuen Gesichtspunkten aus darzustellen.

Studierende der Eisenhüttenkunde aus allen Gauen unseres Vaterlandes und aus allen Ländern hatten sich in Aachen zusammengefunden, um hier die neuzeitliche wissenschaftliche Auffassung der Eisenhüttenkunde kennen zu lernen. Oberhoffer war ihnen ein immer anregender und besorgter Lehrer. Es war ein ästhetischer Genuß, seinen kristallklar gegliederten, hochwissenschaftlichen und doch allgemein verständlichen Vorträgen zuzuhören. Er war dabei immer in geistiger Verbindung mit seinen Hörern, langweilte nie und wußte immer, die neuzeitlichsten Gesichtspunkte an alle Aufgaben anzulegen. Die Einstellung des Gesamtunterrichts an unseren Technischen Hochschulen auf eine größere Berücksichtigung naturwissenschaftlicher Allgemeinbildung, die ein Zug unserer Zeit ist, fand bei ihm entschiedene Förderung, was in der kurz vor seinem Tode erfolgten Ernennung zum Berater für Hochschulfragen im Ministerium seine Anerkennung fand.

Der Ruf Oberhoffers in der Industrie war die Veranlassung, daß er als Gutachter zugezogen und hoch geschätzt wurde. Diesen lebendigen Kontakt mit der Praxis hat er besonders wegen der Anregung für die wissenschaftliche Arbeit hoch bewertet.

Seine Persönlichkeit als Forscher und Hochschullehrer wäre aber unvollkommen dargestellt, wenn man nicht des Menschen in ihm gedächte. Ausgeglichenheit und Großzügigkeit waren seine hervorstechendsten Charaktereigenschaften. Diese Großzügigkeit offenbarte sich besonders in einem hervorragenden Organisationstalent, das besonders in der Anlage seiner Sauerstoffarbeiten hervortrat. Die einzelnen Teilgebiete waren bestimmten Mitarbeitern zugeteilt, denen er sehr gerne in bezug auf das Arbeitsverfahren und das Ziel volle Freiheit ließ, sie selbst und ihr Werk nach allen Kräften förderte und durch eine vorbildliche Gemeinschaftsarbeit die Kräfte und die Begeisterung der Mitarbeiter sich frei auswirken ließ. Dabei hielt er scharf das eigene Ziel im Auge. Dieses Wagnis, den einzelnen sich frei auswirken zu lassen, konnte er eingehen, weil seine Menschenkenntnis, sein Vertrauen und sein Selbstbewußtsein so stark entwickelt war, daß er sich fast nie täuschte. Alles verlief in Harmonie, nie wurde ein lautes Wort gehört.

Die Verehrung, die ihm von seiten der Hochschule, der Industrie, seiner Mitarbeiter und der Studierenden zuteil wurde, fand in der allen Teilnehmern unvergeßlichen Trauerfeier in der Krupphalle seines Instituts am 19. Juli einen ergreifenden Ausdruck. Sein Sterbliches wurde dann nach seiner von ihm so sehr geliebten Heimat übergeführt, wo er in der Familiengruft beigesetzt wurde. [P 725]

Aachen H. Salmang



Die Getreideförderanlage in Lübeck

Bereits vor dem Kriege war der Bau eines neuen größeren Getreidespeichers mit pneumatischer Schiffslöschanlage geplant. Der Plan war im Jahre 1914 fertig, die Ausführung wurde aber durch den Ausbruch des Krieges vereitelt. Nach dem Kriege war es erst im Jahre 1924 möglich, den Plan wieder aufzugreifen. Aber die wirtschaftliche Lage und die Ungewißheit über die russischen Verhältnisse nötigten zur Beschränkung. Vorläufig sollte daher kein neuer Speicher gebaut, sondern das vorhandene alte Getreidelagerhaus mit neuzeitlichen Förderanlagen ausgebaut und mit einer Schiffslöschanlage verbunden werden.

Das alte Getreidelagerhaus, Abb. 1, ist 150 m lang, 25 m breit und hat einen Erdgeschoßraum für Speditionsgüter in Rampenhöhe und zwei Böden für Getreide. Das Fassungsvermögen dieses Lagerhauses für Getreide betrug 6000 t, es war aber nicht für die Förderung von losem Getreide, sondern nur von gesacktem Getreide mittels Krane und Winden eingerichtet.

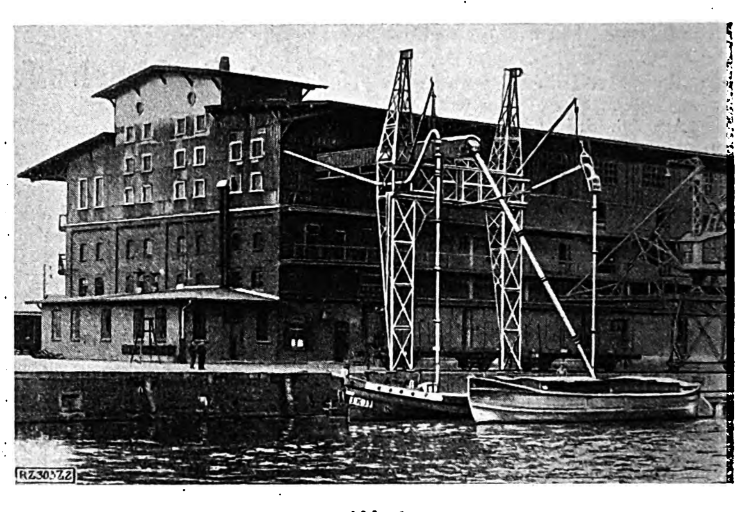


Abb. 1
Der Lübecker Getreidespeicher mit der vor kurzem eingebauten Saugluft-Förderanlage

Für das Löschen von Schiffen kam nur Saugluft in Betracht ohne Rücksicht auf Betriebskosten, weil sich zum Entlöschen der verhältnismäßig kleinen in Lübeck verkehrenden Seeschiffe mit kleinen Luken und kleinen Schiffsräumen und abgedeckten Teilladungen Becherwerke nicht eignen. Ein schwimmender Getreideheber wurde deshalb nicht gewählt, weil ein solcher nur für den Umschlag vom Seeschiff in den Kahn brauchbar ist und bei geringem Verkehr zu unwirtschaftlich wird.

Die Förderung mittels Saugluft beansprucht eine sehr große Antriebleistung, bezogen auf 1 t Getreide. Zum Antrieb der Luftpumpen wurden Elektromotoren gewählt, nachdem es gelungen war, mit der Lübecker Überlandzentrale einen günstigen Stromlieferungsvertrag abzuschließen. Zur Weiterbeförderung des Getreides innerhalb des Lagerhauses sollten zunächst Becherwerke und Bänder dienen. Hierbei hätten unter dem Erdgeschoßraum Tunnel für Längs- und Querbänder eingebaut werden müssen, wodurch der Raum zur Lagerung von Getreide unbrauchbar geworden wäre und wie vorher nur die beiden Böden zur Verfügung gestanden hätten. Nach Abschluß günstiger Strompreise wurde jedoch auch das Aufnehmen vom Boden mittels Saugluft wirtschaftlich möglich. Damit fielen die Tunnel fort und die unteren Räume standen für Getreidespeicherung zur Verfügung, wodurch die Lagerungsmöglichkeit ungefähr um das Doppelte stieg, da man im Erdgeschoß beliebig hoch schütten kann. Für das Aufheben des Getreides vom Boden mittels Saugluft sprach auch der Umstand, daß diese Förderart die Beschaffenheit des Getreides sehr verbessert.

Nachdem man sich für Saugluftförderung innerhalb des Lagerhauses entschieden hatte, mußte man zu der Erkenntnis kommen, daß die Einsaugebehälter richtiger im Lagerhaus untergebracht würden anstatt auf einem Eisengerüst am Kai, obgleich dann bei Umladung vom Schiff in den Kahn die Einsaugebehälter nach dem Fallrohr durch ein Ausladeband entladen werden müssen.

Die Förderanlage sollte für eine Stundenleistung von 100 t gebaut werden. Da aber die Saugleitungen der leichteren Handhabung wegen nur einen Umfang bekommen können, der für 50 t/h bemessen ist, wurde die ganze Anlage in zwei gleiche Teile geteilt, die miteinander verbunden werden können. Es sind also vorhanden: zwei Umformer von 6000 V auf 400 V, zwei Luftpumpen von je 50 t/h Leistung, die von je einem Elektromotor angetrieben werden, zwei Einsaugbehälter, zwei Filter, zwei Saugleitungen, zwei Becherwerke, zwei Bänder zum Einspeichern. Dadurch ist die Möglichkeit gegeben, zwei verschiedene Arbeiten mit je 50 t/h Leistung zu gleicher Zeit vorzunehmen und kleine Förderarbeiten mit der halben Kraftanlage wirtschaftlicher zu verrichten; außerdem ist größere Sicherheit gegeben, daß ein Teil der Anlage gebrauchfähig ist.

Als Luftpumpen sind liegende mit zwangläufiger Steuerung durch einen kegeligen Drehschieber gewählt, weil angenommen wurde, daß bei stehenden Pumpen die freigängigen Ventile Anlaß zu Undichtheiten bieten würden.

Zum Reinigen der Luft vor Eintritt in die Luftpumpen sind Naßfilter gewählt worden, weil angenommen wurde, daß ihre Bedienung bequemer ist und durch sie die Luft besser gereinigt wird.

In einem besonderen Anbau zu ebener Erde sind Umformeranlage, Schaltanlage und Luftpumpen s, Abb. 2 und 3, die von Elektromotoren von 100 PS durch Riemen angetrieben werden, untergebracht. Im südwestlichen voll gebauten Giebelteil des Lagerhauses von 6 m Länge sind eingebaut:

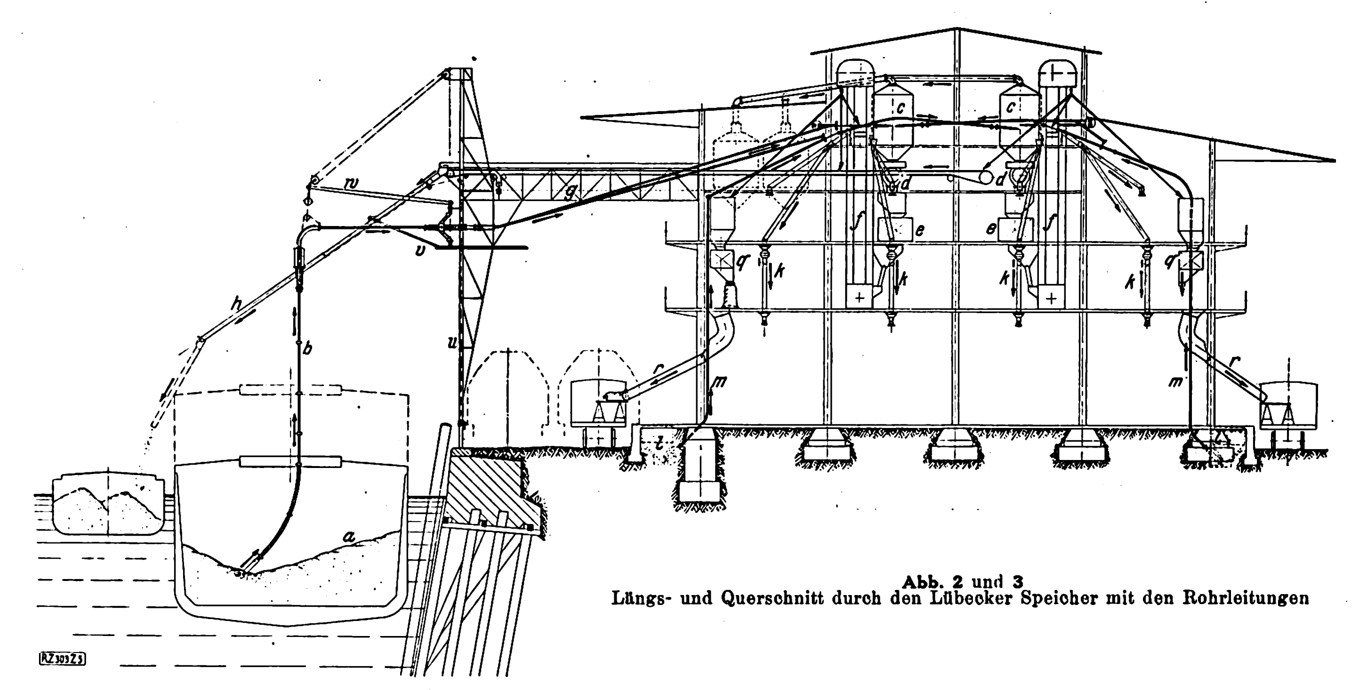


Abb. 2 und 3
Längs- und Querschnitt durch den Lübecker Speicher mit den Rohrleitungen

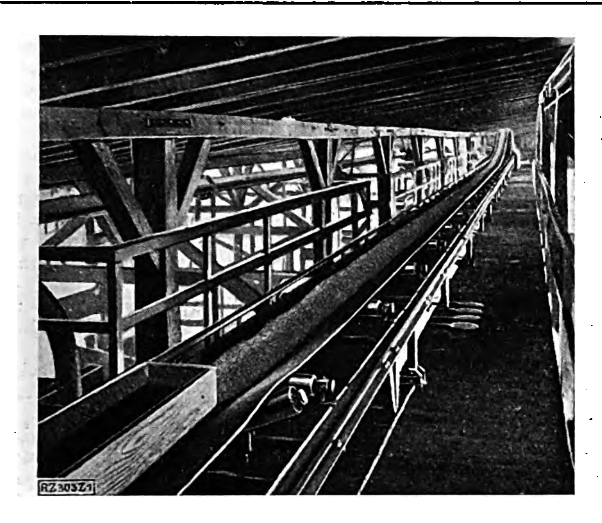


Abb. 4
Bandförderanlage zur Weiterbeförderung des Getreides im Speicher

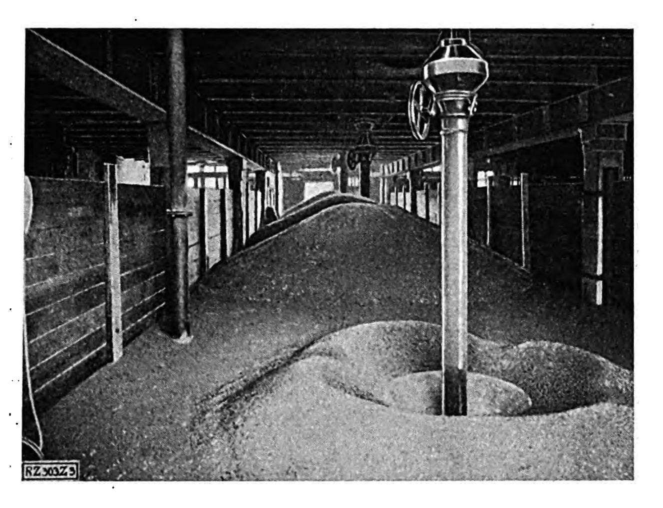


Abb. 5
Rohranlage zum Beschütten der einzelnen Fächer und Böden

die beiden Naßfilter *t*, zwei Einsaugebehälter *c* mit Entladern *d*, von denen jeder durch einen 1,5 PS starken Elektromotor bewegt wird, ferner zwei selbsttätige Wagen *e* von je 50 t Stundenleistung, zwei Becherwerke *f*, angetrieben mittels Riemen durch je einen Elektromotor von 7,5 PS, und endlich das Ausladeband *g* für 100 t Stundenleistung, angetrieben mittels Riemen durch einen Elektromotor von 3,5 PS. Von dem Lagerhaus ist nur eine Abteilung mit neun Fächern (= ⅓) mit Förderanlagen ausgebaut. In dieser Abteilung können 4000 t loses Getreide gelagert werden. Die Förderanlage besteht aus zwei unter Dach eingebauten Längsbändern, die durch je einen Motor von 6 PS mittels Riemen getrieben werden, Abb. 4, einem Rohrsystem zum Beschütten der einzelnen Fächer und Böden, Abb. 5, 54 in die Böden eingebaute Vierwegstutzen mit Streudüsen, die so eingerichtet sind, daß man das Getreide durchlaufen lassen, auf den nächsten Boden streuen, von einem Boden in den unteren durchrieseln und abschließen kann. Auf dem ersten Boden sind an jeder Längsseite des Lagerhauses drei Absackwagen *q* aufgestellt und bei diesen je zwei Sackrutschen *r* angeordnet, auf denen die gefüllten Säcke unmittelbar in die Eisenbahnwagen rutschen. Endlich liegt im ganzen Speicher verteilt ein Saugrohrsystem *p*, durch das das Getreide von den einzelnen Böden in die Einsaugbehälter gefördert wird. Da Boden-Einsaugdüsen für eine Stundenleistung von 50 t zu schwer wurden, wird jedes Mündungsrohr durch ein Hosenrohr mit zwei kleineren Schläuchen *o* und Düsen *n* für 25 t/h Leistung verbunden, Abb. 6.

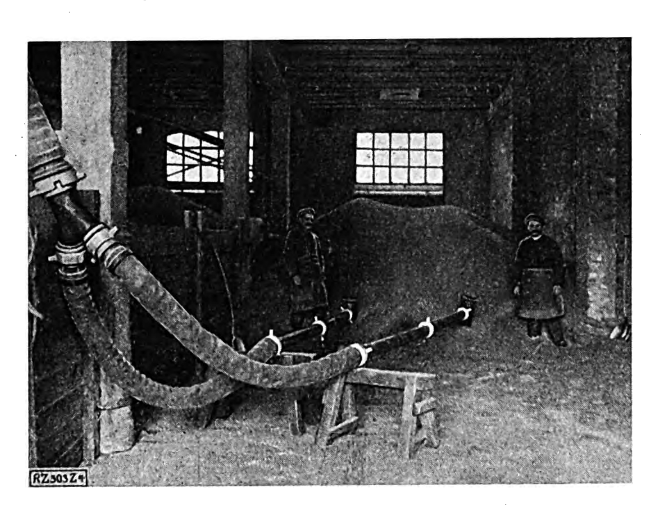
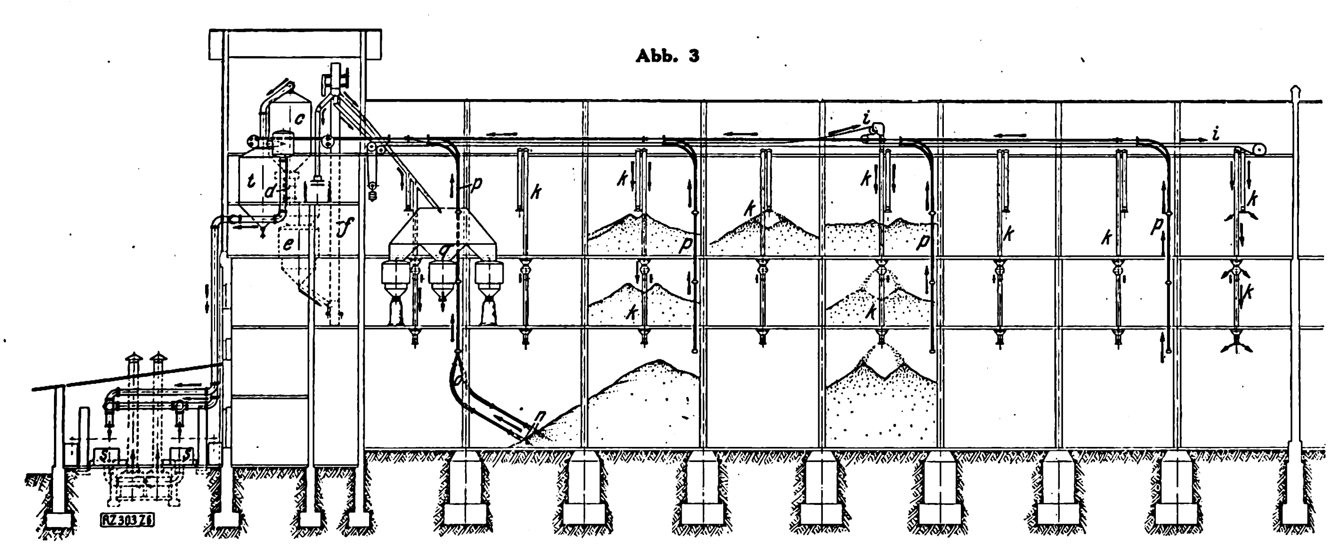


Abb. 6
Hosenrohr mit Saugdüsen für 25 t/h

Von dem Speicher werden die einzelnen übereinanderliegenden Fächer vermietet, so daß die Einlagerer ihr Getreide durch Rieseln von einem in den darunter liegenden Boden selbst lüften können. Dann ist nur noch die Umlagerung vom untersten nach dem obersten Boden mittels Saugluft zu betätigen. Der Erdgeschoßboden kann beliebig hoch beschüttet werden und dient zum Sammeln von

Abb. 3



a Schiff	*h* Ausschiebrohr zum Beladen des Kahnes	*m* Saugrohre	*t* Naßfilter
b Saugrohre	*i* Längsband	*n* Düsen	*u* Eisengerüst
c Einsaugbehälter	*k* Verteilrohre zum Ausschütten in die Speicherräume	*o* Saugschläuche	*v* Wagen mit Gelenkstange zum Ausfahren von *h*
d Entlader	*l* Rampengrube	*p* Saugrohre	*w* Ausleger für die Saugrohre *b*
e selbsttätige Wage		*q* Absackwagen	
f Becherwerk		*r* Sackrutschen	
g Ausladeband		*s* Luftpumpen	



bearbeitetem Getreide vor der Verladung. In den Rampen an beiden Längsseiten des Lagerhauses sind Gruben angeordnet. In diese wird das mit Eisenbahnwagen in Säcken angefahrene Getreide ausgeschüttet und von dort aus aufgesaugt.

An der Wasserfront des Lagerhauses befindet sich ein Eisengerüst *u*, das in der Mitte das Ausladeband *g* und ein Ausschiebrohr *h* zum Abschütten in das Schiff trägt, und an den Seiten je ein Saugrohr *a*. Das Ausschiebrohr kann durch einen Wagen mit Gelenkstange *v* ausgefahren werden. Die Saugrohre hängen in Auslegern *w*, die wagerecht und senkrecht bewegt werden können.

Die tatsächlichen Höchstleistungen betrugen bei trockenem Getreide für Förderung aus dem Schiff 55 t und vom Boden je nach der Entfernung vom Einsaugbehälter 30 bis 40 t mit jeder Teilanlage bei einem Kraftbedarf der Luftpumpen von je 90 PS. Jedoch wird die Leistung durch Feuchtigkeit des Getreides beeinflußt.

Der Förderweg des Getreides ist der folgende, Abb. 2 und 3:

1. Vom Schiff *a* durch Saugrohre *b*, Einsaugbehälter *c*, Entlader *d*, selbsttätige Wagen *e*, Becherwerk *f*, Ausladeband *g*, Ausschiebrohr *h* in Kahn.

2. Vom Schiff *a* wie vor bis zum Becherwerk *f*, dann weiter auf Längsband *i* durch Verteilrohre *k* in Speicher.

3. Vom Eisenbahnwagen werden die Säcke ausgeschüttet in die Rampengrube, sodann durch Saugrohre, Einsaugbehälter usw. wie bei 1.

4. Vom Eisenbahnwagen in Rampengrube *l*, Saugrohre *m* und weiter wie unter 2.

5. Vom Boden durch 2 × ½ Düsen *n*, Saugschläche *o* und Saugrohre *p*, Einsaugbehälter usw. wie unter 1. Loses Getreide aus Eisenbahnwagen wird ebenso abgesaugt wie vom Boden, an die Saugschläuche werden nur Verlängerungsrohre angeschraubt.

6. Vom Boden durch 2 × ½ Düsen, Saugschläuche und Saugrohre *p*, Einsaugbehälter *c*, Entlader *d*, Becherwerke *f*, Absackwagen *q*, Sackrutschen *r* in Eisenbahnwagen.

7. Vom Erdgeschoßboden wie vor bis zu den Becherwerken, dann auf die Längsbänder *i* und durch Verteilrohre *k* auf obersten Boden.

Die gesamte Förderanlage ist von der Maschinenfabrik Hartmann A.-G., Offenbach a. Main, die elektrischen Anlagen und Elektromotoren sind von den Siemens-Schuckertwerken geliefert und am 1. Oktober 1926 in Betrieb genommen worden.

Lübeck [M 303] Wildegans

Sauerstoffreies Wasser

Die heute mehr und mehr benutzten hohen Spannungen und die Verwendung von Wasserrohrkesseln zwingen dazu, den Sauerstoff aus dem Speisewasser auszuscheiden, da

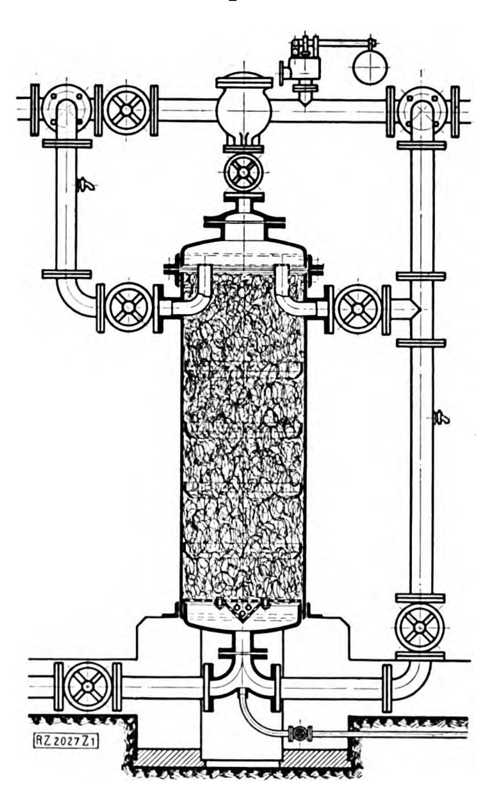


Abb. 1
Rostex-Filter für die Befreiung des Wassers vom Sauerstoff

durch ihn Anfressungen verursacht werden. Die Erfahrung hat gezeigt, daß auch Wasser unter niedrigstem Druck noch Luft enthält und stark rostend wirkt.

Das „Rostex"-Filter, Abb. 1, der Firma Chr. Hülsmeyer, Düsseldorf, hat sich beim Binden des Sauerstoffes bewährt. Dieses Filter darf nicht mit sogenannten Eisenspanfiltern verwechselt werden, bei denen man einfach Eisenspäne aus der Dreherei in einen Kessel füllt. Hülsmeyer-Filter arbeiten vielmehr mit einer Manganstahlwolle-Füllung. Sie macht es möglich, sehr viel Sauerstoff zu entziehen; man verringert so den Sauerstoffgehalt z. B. bis auf 0,5 mg in 1 l Wasser im Dauerbetrieb, während sogenannte Eisenspanfilter kaum einige Tage hindurch den Sauerstoff bis auf 1,5 mg in 1 l Wasser verringern.

Eine besondere Wartung erfordern die Stahlwolle-Filter nicht, nur muß hin und wieder das sich bildende Eisen-Hydroxyd ausgespült werden. Die Kosten für die Füllung der Filter sind sehr gering.

Eine solche Filteranlage steht seit dem Jahre 1919 auf einer Schachtanlage im Betrieb. Dort werden neun Zweiflammrohrkessel von 10 at Druck mit Ruhrwasser gespeist, das auf seinem Wege durch die Ammoniakkühler auf etwa 50 bis 60 °C vorgewärmt wird. Der Abdampf der Speisewasserpumpen dient zur weiteren Vorwärmung des Speisewassers im Sammelbehälter.

Bei dieser Kesselanlage waren leichte Anfressungen aufgetreten, die auf den Sauerstoff der Luft im Speisewasser zurückgeführt wurden. Daher hat man ein Doppelfilter aufgestellt, das 30 m³/h bei 10 at reinigt. Jeder Filterbehälter hat etwa 2800 mm Höhe und 900 mm Dmr. Die Anordnung ist so getroffen, daß jedes Filter allein, aber auch zusammen mit den anderen eingeschaltet werden kann. Die gefüllten Filtereinsätze lassen sich leicht auswechseln, nachdem die Deckel abgehoben worden sind. Das Filter wird etwa alle zwei Tage durchgespült und die Filtermasse jährlich erneuert. Der Sauerstoffgehalt des Speisewassers soll hinter dem Filter nach Gewährleistung 0,5 cm³/l nicht überschreiten.

Seit der Inbetriebsetzung des Filters sind die Anfressungen zum Stillstand gekommen und keine neuen entstanden. Danach hat sich im vorliegenden Falle die Entfernung des Sauerstoffes aus dem Speisewasser mit verhältnismäßig einfachen Mitteln erreichen lassen.

Eine weitere Anlage wurde auf der Reichswerft in Rüstringen ausgeführt, und zwar eine solche in größtem Ausmaße. Dort arbeiteten Hochdruckkessel mit insgesamt 1200 m² Heizfläche für die Beheizung der Werft. Das zurückgewonnene Kondensat der kilometerlangen Heizstränge wurde wieder zur Kesselspeisung verwendet. Die Zerstörungen an den Kondensatleitungen erforderten bisher besondere Mannschaften für die Ausbesserung, was einschließlich Werkstoffverbrauch jährlich rd. 30 000 ℳ Kosten verursachte. Nach Einbau des Hülsmeyerschen „Rostex"-Filters waren die Übelstände dauernd beseitigt, weil der ganze Rostvorgang in die aufgestellten Filter verlegt wurde.

Leipzig. [M 2027] Ing. Carl Taubert

RUNDSCHAU

Wissenschaftliche Tagungen

Fachsitzung „Ausbildungswesen“

anläßlich der 66. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure, Mannheim-Heidelberg 30. Mai 1927.

Wie alljährlich hat auch diesmal der Verein deutscher Ingenieure bei seiner Hauptversammlung gemeinsam mit dem Deutschen Ausschuß für Technisches Schulwesen eine größere Fachsitzung über das Ausbildungswesen abgehalten, die zahlreiche Ingenieure und die verschiedenen Lehrkräfte des gesamten technischen Schulwesens im Versammlungssaal des Rosengartens vereinigte. Auch viele Vertreter der in Frage kommenden Reichs- und Landesbehörden konnten vom Vorsitzenden, Geh. Baurat Dr.-Ing. E. h. Lippart, begrüßt werden.

Geheimrat Lippart hatte es dankenswerterweise selbst übernommen, über den ersten Punkt der Tagesordnung

„Entwicklung und Stand der Praktikantenfrage“

auf Grund der eigenen, langjährigen Erfahrungen zu berichten; er behandelte damit ein doppelt wichtiges Gebiet, nachdem die unmittelbar beteiligten Kreise, die Hoch- und Mittelschulen, bereits seit längerer Zeit die Notwendigkeit vertiefter und planmäßiger Praktikantenausbildung erkannt und diese gefördert hatten. Es galt demnach, die Entwicklung und den Stand der Aufgabe vor einem breiteren Kreise der Ingenieure und technischen Lehrkräfte darzulegen[1]). Die dadurch gegebenen Anregungen werden wie bisher im Deutschen Ausschuß für Technisches Schulwesen weiter behandelt werden. — Auch das zweite Thema

„Die Bedeutung der Ingenieurtätigkeit für die Gütererzeugung außerhalb der Maschinenindustrie“

wurde mit gebotener Gründlichkeit und zum ersten Male vor der Ingenieurwelt behandelt. Hier leitete Prof. Dr.-Ing. E. h. C. Matschoß die Erörterungen ein, indem er die sich hier ergebenden Aufgaben herausarbeitete.

Nach der Feststellung, daß die Ausbreitung der Maschine unaufhaltsam fortschreitet und es sich nur darum handeln könne, die Gesamtentwicklung in möglichst günstiger Weise diesem Vordringen anzupassen, stellte er die große Stellungslosigkeit der Ingenieure dem riesigen Andrange zu diesem Berufe gegenüber. Er findet den Ausweg in der stärkeren Durchdringung aller industriellen Betriebe mit technischer Intelligenz, die unbedingt notwendig ist, eben infolge der erwähnten fortschreitenden Mechanisierung. Es gibt heute noch sehr viele Betriebe, die von dem maschinentechnischen Wissenschaftler wenig oder gar keinen Gebrauch machen. In Amerika ist das wesentlich anders. Dort sieht man die Hochschulausbildung als Stätte zur Aneignung einer gründlichen technischen Allgemeinbildung an, die den Absolventen befähigt, in allen möglichen, oft vom Maschinenbau und den übrigen an den Hochschulen behandelten Gebieten weit abliegenden Berufen zu arbeiten (Westenfabrikation, Seifenherstellung usw.). Mehr als die Hälfte aller Hochschulabsolventen geht in derartige Berufe über; einen Unterschied in der sozialen Bewertung des Fertigungsgutes kennt man drüben nicht.

In dieser Richtung muß auch bei uns vorgegangen werden. Allein die Chemiker haben schon vor einigen Jahren erkannt, daß ihre Verwendung in solchen scheinbar abseits liegenden Betrieben für alle Beteiligten von größtem Nutzen sei. Das hat die Gründung der Carl Goldschmidt-Stelle für chemisch-wissenschaftliche Betriebsführung veranlaßt mit dem Ziele, Chemie und Chemiker in alle Zweige der Wirtschaft hineinzubringen.

Aber nur erstklassige Ingenieure sind für diese Pionierarbeit brauchbar, selbständige, zielbewußte Männer, die das Hochschulwissen nicht hochmütig gemacht hat, sondern die von dem kleinsten Mann im neuen Betriebe zu lernen vermögen. Man sollte nun aber nicht etwa von den Hochschulen verlangen, daß sie in recht vielen Fächern nach allen den verschiedenen technologischen Richtungen ausbilden müssen. Im Gegenteil ist dort eine Zurückführung des umfassenden Wissenstoffes auf die Grundlage mit Entschiedenheit anzustreben. Am Schlusse seiner Ausführungen empfahl Prof. Matschoß, dieser Aufgabe sowohl seitens des Vereines deutscher Ingenieure wie des DATSCH größte Aufmerksamkeit zuzuwenden und sich mit führenden Männern der in Frage kommenden wichtigen Industriezweige eingehend zu besprechen.

[1]) Der Vortrag ist bereits in Z. Nr. 28, S. 993 veröffentlicht. Auch über die anschließende lebhafte Erörterung wurde hierbei kurz berichtet.

Im Sinne dieser Ausführungen suchten die nunmehr folgenden Einzelberichte die Bedeutung des Problems für wichtige Industriezweige im einzelnen darzulegen.

An Stelle des dienstlich verhinderten Vortragenden aus der Textilwirtschaft hatte sich dankenswerterweise in letzter Stunde der bekannte Textilindustrielle Dr. Gminder bereit erklärt, auf Grund seiner 35jährigen eigenen Erfahrungen zum Thema zu sprechen. Er zeigte einleitend, wie man anfangs sich nur der Textilfacharbeiterausbildung angenommen habe und erst allmählich, z. B. im Institut für Textilindustrie in Reutlingen, zur Ausbildung leitender Textilfachleute übergegangen sei. Er erkannte die Notwendigkeit der Anwendung maschinenbaulichen Wissens, sowohl im Textil-Maschinenbau als auch in Textilbetrieben, rückhaltlos an, um so mehr, als der Weltwettbewerb in neuerer Zeit viel höhere Anforderungen stelle als früher.

Daß die Textilindustrie sich viel langsamer als der Maschinenbau auf wissenschaftliche Grundlage gestellt habe, begründet er damit, daß die Maschinenindustrie im vorigen Jahrhundert bei Beginn der technischen Entwicklung noch jung und daher der wissenschaftlichen Durchdringung bedürftiger und zugänglicher war. Damals waren die Urgewerbe — Textilindustrie, Bauwesen, Landwirtschaft — zu einer gewissen Vollkommenheit gediehen, das Beharrungsvermögen der darin Tätigen daher größer und der Zwang zur Rationalisierung infolge des stark steigenden Bedarfes gering. Den heute völlig veränderten Verhältnissen entsprechend geht es nicht mehr ohne maschinenbaulich-wissenschaftliche Durchdringung der Textilwirtschaft.

Der dafür in Frage kommende Maschineningenieur hat nach Dr. Gminder schon heute sehr geeignete Ausbildungsmöglichkeiten. Das allgemeine Hochschulstudium ist unerläßlich. An dessen Ende sollten dann 1 bis 2 Semester Arbeit in den bereits vorhandenen Forschungsinstituten anschließen, die auch zur Erlangung des Doktorgrades geeignet sind. In Frage kommen auch die staatlichen Prüfungsämter, die eine wertvolle Ergänzung dieser Forschungsinstitute sind. Besteht dann noch eine enge Verbindung mit einer Fachschule für die praktische Betätigung an Maschinen und Einrichtungen, wie das im Reutlinger Textilinstitut der Fall ist, so ist die beste Einführung des Maschinenbauers in das umfassende Textilfach gegeben. Daran müßte sich eine Anstellung in einem Textilbetrieb anschließen, ehe z. B. ein Übertritt in die Textilmaschinenindustrie ratsam ist. Redner unterstrich im Anschluß an den Vortrag von Dr. Wendt in der Hauptversammlung des V. d. I. den Wert einer allgemeinen und wirtschaftlichen Bildung neben der Spezialisierung und zeigte die Fülle der Aufgaben auf, die des allseitig gebildeten Textilingenieurs harren.

Auch der zweite Vortragende, Privatdozent Dr.-Ing. Garbotz, Berlin-Siemensstadt, konnte auf Grund des eigenen Werdegangs die des Maschineningenieurs im Bauwesen harrenden Aufgaben in den Grundsätzen klarlegen. Während die reine Maschinenindustrie von allen Produktionszweigen am meisten und vor allem wirtschaftlich vorangeeilt ist und allen auftretenden inneren Reibungen zum Trotz bedeutende Erfolge erzielt hat, haben diese betriebswirtschaftlichen Gedankengänge bei der Bauwirtschaft erst recht spärlich Eingang gefunden. In bezug auf wissenschaftliche Betriebführung ist man nur auf dem Gebiete der Baustoffe vorangekommen, während die Fördervorgänge noch bei weitem nicht im möglichen Maße verbessert und verbilligt worden sind.

Bei der Übertragung maschinenbaulichen Denkens auf das Baugewerbe stellen sich eben mancherlei Schwierigkeiten ein, die sowohl technischer wie psychologischer Art sind. Konstruktion und Ausführung liegen in getrennten Händen; die Einflußnahme auf die Konstruktion ist daher gering. Meist handelt es sich um Einzelherstellung. Überdies ist das Baugewerbe von der Örtlichkeit, von Witterung und Jahreszeit abhängig. Die produktionstechnischen Anlagen sind fast jedesmal verschieden und daher meist behelfsmäßiger Art. Auch die Kürze der Beschaffungs- und Aufbauzeiten wirkt hinderlich.

Die am Bau arbeitenden Personen stehen wirtschaftlichen Gedanken, die übrigens an Technischen Hochschulen auch noch nicht im Sinne der Betriebswissenschaft des Maschinenbaues betont werden, zumeist sehr fern. Die Gemeinschaftsarbeit steckt im Bauwesen noch in den Anfängen und damit auch die Bestrebungen zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit.



Erst in neuster Zeit bahnt sich ein Wandel an. Das Beispiel Amerikas mit seiner völligen Einstellung auf die Maschine wirkt auch auf das Baugewerbe ein. Die bereits maschinentechnisch beeinflußten Nachbargebiete wie Bergbau und Abraumbetriebe geben weitere Anregungen, besonders im Hinblick auf Massenförderung. Auch die Größe der Bauaufgaben und der mit ihnen wachsenden Gerätemengen zwingt zur Heranziehung der Maschineningenieure in der Bauwirtschaft, die in dieser Hinsicht noch sehr aufnahmefähig ist, da im Baugewerbe das Zahlenverhältnis von Ingenieur zu Arbeiter heute noch etwa 1 : 20 bis 1 : 15 beträgt.

Allerdings muß gefordert werden, daß die ins Baufach hinüberwechselnden Maschineningenieure gleiche Entwicklungsmöglichkeiten wie die Bauingenieure haben.

Dr. Bramesfeld, Darmstadt, berichtete in lebendiger Darstellung über eigene Erfahrungen als Maschineningenieur bei zwei ihm gestellten Rationalisierungsaufgaben aus der Möbelindustrie und der chemischen Industrie. Die eine Aufgabe war, eine Reihenfertigung feiner Möbel in einem gegebenen Betriebe wirtschaftlich einzurichten. Er löste sie mit den Grundsätzen wissenschaftlicher Maschinenwirtschaft: Klare Herstellungsgliederung, Regelung der Arbeitsvorbereitung, Schaffung vernünftiger Zeichnungen, Stücklisten und Herstellpläne, Organisierung des Förderwesens, verbunden mit Arbeits- und Zeituntersuchung. Der Erfolg war eine wesentliche Herabsetzung der Lohnkosten.

Bei dieser Betätigung erkannte er u. a. folgende Aufgaben, die auf diesem Gebiete noch von dem Maschineningenieur zu lösen sind: Technologische und wissenschaftliche Erforschung des Baustoffes Holz, sein Verhalten bei und nach der Verarbeitung, die künstliche Trocknung; ferner die Werkzeugfrage, Verbesserung der Wärmewirtschaft und der Maschinenausnutzung u. a. mehr. Soweit Reihenfertigung in Frage kommt, haben sich Anregungen aus dem Maschinenbau bezüglich Konstruktions-, Darstellungs- und Berechnungsweise in der Zusammenarbeit mit dem Möbelarchitekten fruchtbringend erwiesen. Auch der Grundgedanke der Fließarbeit kann hier übertragen werden. Bei allen diesen Neuerungen sind die durch das Umdenken und Umstellen veranlaßten Widerstände jedoch nicht gering.

In der chemischen Industrie ist die Ingenieurarbeit für den Apparatebau, den Sondermaschinenbau, Wärme- und Kraftwirtschaft, Maschinenparkverwaltung sowie für das Ausbesser- und Förderwesen ohne weiteres zu sehen. Als neue Aufgabe war im vorliegenden Falle die planmäßige Arbeitsforschung in den Produktionsbetrieben der chemischen Industrie gegeben. Insbesondere bei der reinen Handtätigkeit (Verpackung, Etikettierung, Beklebung usw.) konnten zahlreiche Verbesserungen im Sinne der Erhöhung der Wirtschaftlichkeit durchgeführt werden. Dabei wurde von neuzeitlichen Aufzeicheninstrumenten vorteilhafter Gebrauch gemacht. Die Ergebnisse fanden ihren Niederschlag in Arbeitzeittafeln, die eine bessere Arbeitsvorbereitung ermöglichen. Die Arbeitsleistung stieg mit diesen Maßnahmen an Einzelstellen bis um 100, ja sogar 200 vH.

Wie in diesen Beispielen, so kann nach der Überzeugung des Redners auch in andern industriellen Betrieben noch eine erhebliche Erhöhung der Wirtschaftlichkeit gegenüber bisher erzielt werden.

Aus der den drei Einzelvorträgen folgenden, trotz der vorgerückten Zeit noch sehr anregenden Erörterung sei erwähnt, daß Dr. G. Reißner, Essen, es außerordentlich begrüßte, daß der heutige Hochschulingenieur nunmehr wieder zur Polytechnik im Sinne von Karmasch und andrer übergehe, also zu der Auffassung, die bereits vor 50 bis 60 Jahren üblich war. Um der Geltung des Ingenieurs im industriellen Betrieb größeren Raum zu beschaffen, empfahl er Ausbildung der Ingenieure auch auf wirtschaftspolitischem Gebiet. An lehrreichen Beispielen unterstrich Prof. Meyenberg, Braunschweig, die Ausführungen von Prof. Matschoß. Der Dünkel der jungen Leute müsse fallen, denn auf den Nachbargebieten ist für den Maschineningeneur außerordentlich viel zu holen. Auch er wollte von einer Spezialisierung der Hochschulen nichts wissen. Direktor Dipl.-Ing. Frauendienst, Berlin, brachte zum Ausdruck, daß die Hauptaufgabe zum Vorankommen in dieser Frage darin bestehe, die Inhaber und Leiter der in Frage kommenden Industriebetriebe über die technisch-industrielle Betriebführung aufzuklären, damit sie sich mit diesem Gedanken mehr vertraut machen.

In seinem Schlußwort machte sich Prof. Matschoß auch diese letzten Ausführungen zu eigen und betonte, daß der Gedanke marschiere und auch auf dem Gauverbandstage des Vereines deutscher Ingenieure in Aachen bereits weiter behandelt worden sei. Auch im Rahmen des Deutschen Ausschusses wird der Förderung dieser Aufgabe volle Beachtung geschenkt werden. [N 698]

Berlin Dr. Harm

Bergbau

Stückigmachen von Eisenerzen

Die Verfahren zum Stückigmachen von Eisenerzen haben in Deutschland in den letzten Jahren stark an Bedeutung gewonnen. Von der Erzeugung an Sintererzen in Höhe von 3 200 000 t — im Jahre 1910 wurden rd. 700 000 t Erze stückig gemacht — entfallen auf das Dwight Lloyd-Verfahren allein 1 900 000 t, auf Drehrohr- und sonstige Sinterverfahren etwa 700 000 t, während die übrigen 600 000 t Preßlinge sind. Trotzdem es gelungen ist, durch Anpassung des Hochofenprofils und der Ofenführung in steigendem Maße Feinerz unmittelbar zu verhütten, sind doch die Vorteile einer vorhergehenden Sinterung, die in der Hauptsache in der Entfernung des schädlichen Schwefel-, Zink- und Arsengehaltes, der Porosität und der leichten Reduzierbarkeit im Hochofen liegen, so groß, daß man immer mehr zum vorhergehenden Stückigmachen der Feinerze schreitet. Der Schwefelgehalt im gesinterten Erz ist um so geringer, je poröser das Sintererzeugnis ist.

Bei Verarbeitung stark schwefelhaltiger Abbrände (über 4 vH S) beträgt der Schwefelgehalt im Fertiggut beim Sintern nach dem Dwight Lloyd-Verfahren etwa 0,2 vH. Ein Kalkgehalt im Erz wirkt durch die Bildung von Sulfatschwefel ungünstig auf die Entschwefelung ein. Die Erzeugung des Hochofens steigt bei Verwendung von reinem Agglomeratmöller an Stelle von Feinerzmöller um 20 bis 30 vH, die Koksersparnis um 20 vH. Als vorteilhafte Korngröße des Agglomerates wird Haselnuß- bis Walnußgröße empfohlen. Rein theoretisch handelt es sich bei den verschiedenen Sinterverfahren in der Hauptsache um Oxydations- und teilweise um Reduktionsvorgänge. Die durch überschüssige Kieselsäure begünstigte Verschlackung von Eisenoxydul bedeutet eine Verminderung der Porosität und Reduzierbarkeit.

Die Erzbrikettierverfahren ohne Anwendung von Hitze verwenden als Zusatzbindemittel Chlormagnesium oder Zellpech. Das Chlormagnesiumverfahren will die bindende Kraft der im Gichtstaub enthaltenen Bindemittel durch Zusatz katalytisch wirkender Chlormagnesiumlauge verstärken. Zur Ablöschung des Kalkes wird das Haufwerk kurz vor dem Pressen mit der Lauge in einer langen Mischschnecke innig gemischt.

Bei dem Verfahren der Hasper Eisen- und Stahlwerke werden als Bindemittel 25 vH Gasreinigungsschlamm, 1,8 bis 2,2 vH Gips und 1 vH Chlormagnesiumlauge von 32 ° Bé verwendet. Nach dem Durchmischen wird das zu verpressende Gut in einen Kollergang und von hier aus in die Presse geleitet. Die Preßlinge erhärten unter Bildung von Doppelsalzen zwischen $CaSO_4$, $MgCl_2$ und $Mg(OH)_2$ in einem Zeitraum von drei Tagen. Die Leistung der Pressen, die mit einem Höchstdruck von 700 at arbeiten, beträgt 120 bis 170 t oder 250 bis 300 t in 24 h. Beim Erhitzen von Preßlingen, die unter Zumischung von Koksgrus erzeugt wurden, ergab sich eine unmittelbare Reduktion des Erzes durch den beigemischten Kleinkoks[1]) und somit eine Ersparnis an hochwertigem, großstückigem Hüttenkoks für die Reduktion im Hochofen. Die Brikettierkosten einschließlich Lohn, Ausbesserungen und Lauge, jedoch ausschließlich Rohstoffe, Tilgung und Verzinsung schwanken zwischen 3 und 6 ℳ/t, wobei noch besonders zu erwähnen ist, daß der Bindemittelzusatz die Preßlinge gewöhnlich eisenärmer macht als die durch Sintern stückig gemachten Feinerze.

Das von Ramén verbesserte Gröndal- oder Kanalofenverfahren arbeitet mit nachfolgender Hitzebehandlung der Preßlinge und weist den Nachteil auf, daß nicht alle Feinerze stückig gemacht werden können. In der Hauptsache wird es zum Stückigmachen von Magneteisenschliechen und gelaugten Kiesabbränden verwendet. Der Ofen ist von den Cockerillwerken in Seraing[2]) so verbessert worden, daß die Durchsatzleistung doppelt so groß wie bei den älteren Raménofenanlagen ist und sich durch entsprechende Behandlung die verschiedensten Feinerze auch unter Anwendung verschiedener Brennstoffe gleich gut verpressen lassen.

Das Giesecke-Verfahren verarbeitet die in einer Strangpresse vorgeformten Erze in einem Schachtofen, dem die Verbrennungsluft möglichst dicht unter der Gicht unter einem Druck von 600 mm W.-S. zugeführt wird. Der Brennstoffverbrauch von 14 vH Feinkoks ist sehr hoch, die Entschwefelung nicht so weitgehend wie bei den übrigen Sinterverfahren. Das Verfahren eignet sich besonders für das Stückigmachen von sehr feinen, fettigen Erzen, wie solche vorwiegend in Oberschlesien vorkommen, und wird auf der Julienhütte bei Bobrek zum Stückigmachen von

[1]) „Stahl und Eisen" Bd. 47 (1927) S. 618.
[2]) Z. Bd. 71 (1927) S. 466.



oberschlesischen Brauneisenerzen und von Magneteisenschliechen angewandt. Voraussetzung für das Giesecke-Verfahren ist plastischer Charakter des Erzes in feuchtem Zustande. Unter Umständen müssen Erze, die dem Gemisch einen solchen Charakter verleihen können, zugefügt werden. Als solches Bindemittel eignen sich z. B. die eisenreichen Rückstände von der Bauxitaufbereitung sowie die Rückstände von der Bauxitverarbeitung auf Tonerdehydrat.

Von den Sinterverfahren ohne vorheriges Formen des Rohgutes ist das Drehrohrverfahren, das mit einer Brenntemperatur von 1350 bis 1400 ° arbeitet, um ein Mehrfaches teurer als die neuzeitlichen reinen Sinterverfahren. Das Heberlein-Konverterverfahren scheidet für Neuanlagen wegen der geringen Durchsatzleistung und Entschwefelung und der Höhe der Selbstkosten aus. Besonders starke Anwendung hat in Deutschland das Dwight-Lloyd-Verfahren gefunden[3]).

Die übliche Dwight-Lloyd-Sinteranlage hat in der geraden Ausführung, die für das Stückigmachen von Eisenerzen allgemein angewendet wird, bei 6,6 m Länge und 1 m Breite ein Gewicht von 80 t bei 6,6 m² Gesamtsaugfläche, die durch Vergrößerung der Bandabmessungen auf 20 und sogar auf 36 m² erhöht ist. Die Leistung beträgt 20 bis 30 t Sinter in 24 h auf 1 m² Saugherdfläche bei einer Bandgeschwindigkeit von 1,8 m/min und einer Schütthöhe von 20 bis 32 cm. Bei leicht zündenden und sinternden Feinerzen arbeitet man mit hoher Bandgeschwindigkeit und geringer Schütthöhe; bei schwer zündenden, stark nassen Erzgemischen dagegen mit kleiner Geschwindigkeit und großer Schütthöhe. Die Zündöfen arbeiten meist mit Hochofen- oder Koksofengas. An die Stelle der Gußroste, die man jedoch bei Erzen mit saurer Feuchtigkeit weiter benutzen muß, sind mit Erfolg schmiedeiserne Roststäbe getreten.

Die runde Ausführung der Dwight-Lloyd-Anlage, die in Deutschland bisher ausschließlich für Kupfer- und Bleierze verwendet wird, bietet die Möglichkeit, die SO_2-reichsten Abgase für sich der Schwefelsäurefabrik zuzuführen. Sie hat bei gleichem Gewicht fast die dreifache nutzbare Saugfläche wie eine gerade Anlage und wird sich daher nach Durchkonstruktion eines richtig arbeitenden Abstreichmessers auch für das Stückigmachen von Eisenerzen einführen.

Bei der in Deutschland durch Patent geschützten Pfannensinterung nach Greenawalt sind in den letzten Jahren eine Reihe von Verbesserungen durchgeführt worden, so daß die Leistung der Pfannen bei gleichbleibender Pfannengröße von 155 auf 380 t in 24 h gesteigert werden konnte[4]). Die in Hohlwellen drehbar aufgehängten, mit Rostboden versehenen Stahlguß-Sinterpfannen haben eine Tiefe von 200 bis 225 mm bei 3,6 und 7,3 m Länge sowie 2,4 und 3 m Breite. Der Rost hat eine Spaltweite von 8 mm und eine freie Durchgangsfläche von 12 vH. Das Sintergut wird vor der Aufgabe auf die Pfannen auf Hummer-Sieben mit 10 × 32 mm² Lochung abgesiebt und das Grobkorn als Schutzdecke verwendet. Zum Beschicken der Pfanne sind einschließlich des Aufgebens der Schutzdecke 30 s erforderlich. Die Schütthöhe beträgt beim Sintern von Gichtstaub 150 bis 175 mm, beim Sintern von Erz mit bestimmtem Kohlenstoffzusatz 200 bis 250 mm. Für die etwa 45 s dauernde Zündung werden bei Verwendung von Öl 1 bis 2 l Öl, bezogen auf 1 t Sinter, verbraucht; die Sinterung dauert je nach der Erzbeschaffenheit 12 bis 20 min. Das gesinterte Gut fällt durch Drehung der Pfanne auf ein schräges, feststehendes Sieb, von dem das Grobe in einen darunterstehenden Eisenbahnwagen gleitet, während der Siebdurchfall im Betrage von 15 bis 25 vH wieder mit dem ungesinterten Gut vermischt wird.

Vorteile der Sinterung nach Greenawalt gegenüber der nach Dwight-Lloyd sind geringere Anlage- und Ausbesserkosten, geringer Verbrauch an Schutzdecke (5 vH gegen 12 vH bei Dwight-Lloyd), gleichmäßiges Saugen auf der ganzen Rostoberfläche. Die größte Anlage bei der Bethlehem Steel Co., Lebanon, besteht aus zwei Gruppen mit je sechs Pfannen und leistet monatlich zwischen 60 000 und 63 000 t.

Nach ähnlichen Grundsätzen wie das Greenawaltverfahren arbeitet die Handsinter-Anlage der Firma Lurgi-Gesellschaft für Wärmetechnik m. b. H., Frankfurt a. M., die mit vier mit der Hand kippbaren, an einer senkrechten Achse angebrachten Pfannen von je 1 m² Saugoberfläche eine tägliche Leistung von 50 t aufweist. Nach Füllen der ersten Pfanne mit Rostbelag und dem Erz-Koks-Gemisch kommt die Pfanne unter den Zündofen, der die Zündung in weniger als 1 min durchführt, worauf die Zündflamme abgestellt wird. Die Pfanne bleibt 6 bis 8 min unter dem Zündofen stehen, bis die vierte Pfanne entleert und wieder beschickt ist. Nach Weiterbewegung der dauernd unter Saugwirkung stehenden ersten Pfanne um viermal 90 ° ist das aufgegebene Gut durchgesintert und kann durch Kippen über einen Abwurfrost entleert werden.

[N 548] Prockat

[3]) „Metall und Erz" Bd. 19 (1922) S. 1.
[4]) Iron Age, Bd. 119 (1927) S. 775.

Eisenhüttenwesen

Warmsägen

Lange gewalzte Stäbe werden in Walzwerken mittels Warmscheren oder Warmsägen[1]) zerschnitten. Blöcke und Knüppel, bei denen es weniger Bedeutung hat, wenn der Schnitt nicht genau rechtwinklig ist oder die Schnittkanten etwas verdrückt sind, zerschneidet man in Warmscheren, die weniger Schrottabfall und kleineren Werkzeugverbrauch haben. Formeisen und gewisse Feineisen werden auf Warmsägen zerteilt.

Die gesteigerten Anforderungen an die Leistungen der Warmsägen bedingen größere Umfangs- und Vorschubgeschwindigkeiten der Sägeblätter, höhere Festigkeit und Wärmebeständigkeit des Sägeblattstahles und kräftigere Ausführung der Sägen in ihrem ganzen Aufbau. Mit den Umfangsgeschwindigkeiten der Sägeblätter ist man in letzter Zeit bis auf rd. 100 m/s gegangen bei 1000 bis 2000 Uml./min. Dies ergibt eine Mehrbeanspruchung der Sägeblätter am Umfang um 760 kg/cm². Die Vorschubgeschwindigkeit hängt von der Umfangsgeschwindigkeit und der Schnittlänge am Werkstück ab. Bei kleineren Warmsägen be-

[1]) „Maschinenbau" Bd. 6 (1927) S. 657.

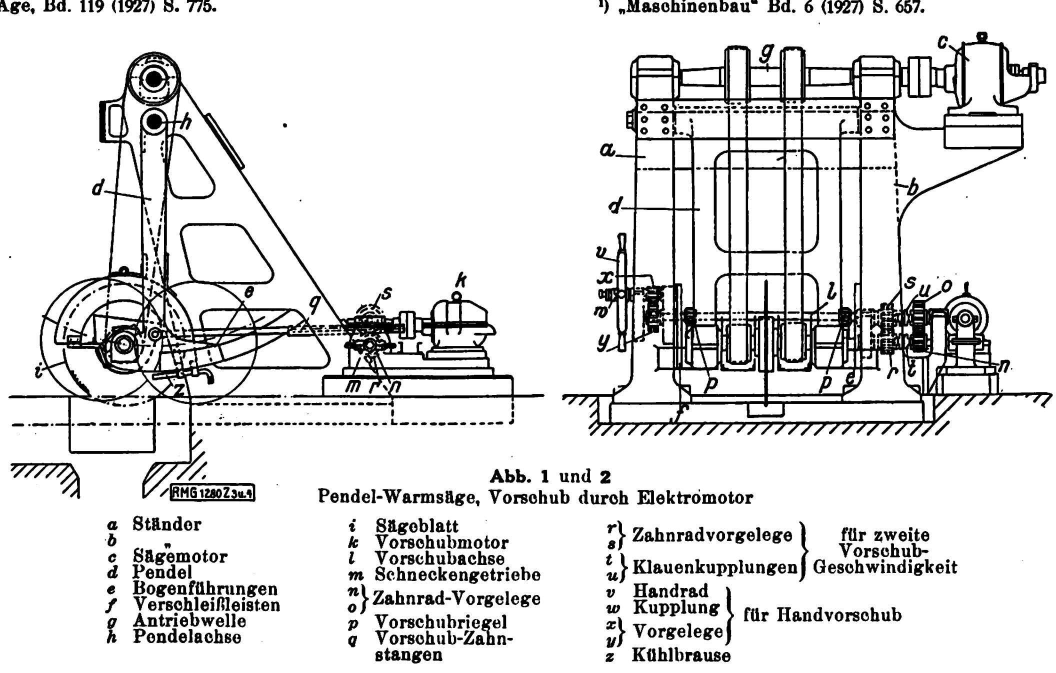


Abb. 1 und 2
Pendel-Warmsäge, Vorschub durch Elektromotor

a Ständer
b „
c Sägemotor
d Pendel
e Bogenführungen
f Verschleißleisten
g Antriebwelle
h Pendelachse
i Sägeblatt
k Vorschubmotor
l Vorschubachse
m Schneckengetriebe
n, o Zahnrad-Vorgelege
p Vorschubriegel
q Vorschub-Zahnstangen
r, s Zahnradvorgelege } für zweite Vorschub-
t, u Klauenkupplungen } Geschwindigkeit
v Handrad } für Handvorschub
w Kupplung }
x, y Vorgelege }
z Kühlbrause

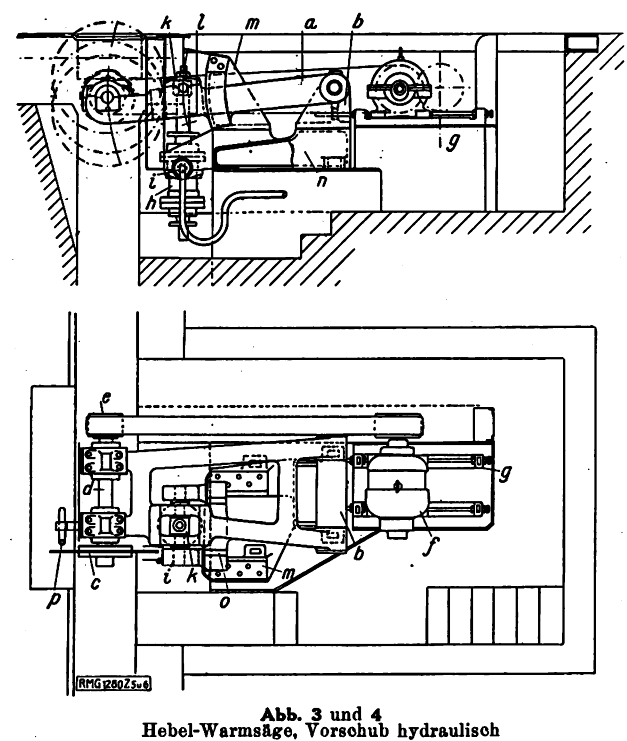


Abb. 3 und 4
Hebel-Warmsäge, Vorschub hydraulisch

a	Sägeblatt-Träger	*h*	Vorschub-Druckzylinder
b	Lagerbock	*i*	Zylinder-Drehzapfen
c	Sägeblatt	*k*	Kolbenstangen-Drehzapfen
d	Sägeblatt-Welle	*l*	Kolbenstange
e	Riemenscheibe	*m*	Führungsbogen
f	Sägemotor	*n*	Rahmen
g	Spannschienen	*o*	Verschleißleisten
		p	Kühlbrause

trägt der Vorschub 50 bis 100 mm/s, bei mittleren 100 bis 150 mm/s, bei großen 150 bis 200 mm/s. Die Sägeblätter werden durch Wasserbrausen nahe dem Austritt aus dem Werkstück gut gekühlt; man muß jedoch darauf achten, daß das Werkstück nicht abgekühlt wird.

Der Antrieb der Sägeblätter erfolgt fast in allen Fällen elektrisch; der Vorschub wird elektrisch oder durch Druckwasser betätigt. Wünschenswert ist eine feinstufige Veränderung des Vorschubes; sie läßt sich mit regelbaren Gleichstrommotoren oder hydraulisch leicht erreichen. Steht nur Drehstrom zur Verfügung, so verwendet man mehrstufige Vorgelege. Grundsätzlich muß die Bauart auf den rauhen Walzwerkbetrieb Rücksicht nehmen, für den sich nur einfache, kräftige Maschinen eignen.

Nach der Art der Sägeblatt-Träger kann man Pendel-, Hebel- und Schlittensägen unterscheiden. Bei der Pendelwarmsäge, Abb. 1 und 2, sind die beiden Ständer *a* und *b* mit breiten Füßen versehen und fest miteinander verbunden, damit das Sägeblatt nicht zittert. Auf einem der Ständer ist der Antriebmotor *c* aufgebaut, der mit der Antriebwelle *g* gekuppelt ist. Das Pendel *d* ist um die Achse *h* schwenkbar und wird in kräftigen Bogenführungen mit nachstellbaren Verschleißleisten geführt.

Das Sägeblatt wird von einem umsteuerbaren Elektromotor über das Schneckengetriebe *m*, die Vorschubachse *l*, die Zahnräder *n*, *o*, *p* und die Zahnstangen *q* vorgeschoben. Eine zweite Vorschubgeschwindigkeit kann mittels der Zahnräder *r*, *s* und der Klauenkupplungen *t*, *u* eingeschaltet werden. Falls der elektrische Vorschub versagt, kann man Handvorschub einschalten. In beiden Endstellungen des Sägeblattes wird der Vorschub durch Endschalter selbsttätig abgeschaltet.

Die Hebelwarmsäge, Abb. 3 und 4, benutzt man hauptsächlich als Unterflursäge zum Herausschneiden von Proben aus kleineren Stäben von unten her. Der einarmige Sägeblatt-Träger ist im Lagerbock *b* drehbar. Er trägt das Sägeblatt auf einer Welle, die mittels Riementriebes angetrieben wird. Schienen gestatten, den Riemen nachzuspannen. Der Druckwasserzylinder, der den Vorschub betätigt, ist im Rahmen der Säge drehbar. Der kleinere obere Zylinderraum steht ständig unter Druck, dem größeren unteren Zylinderraum wird das Druckwasser durch die Steuerung über die Zylinderzapfen *i* zugeführt. Die Kolbenstange greift am Sägeblatt-Träger mittels eines Drehzapfens an; zur seitlichen Führung dienen Führungsbogen mit Verschleißleisten.

Wird der Vorschub der Säge durch einen Elektromotor mit umkehrbarer Drehrichtung betätigt, so greift ein Zahnradvorgelege an einem Zahnbogen des Sägeblatt-Trägers an, der durch ein Gegengewicht ausgewogen wird, damit man an Vorschubkraft spart.

Zum Schneiden von breiten und hohen Walzstücken dienen Schlitten-Warmsägen, Abb. 5 und 6. Der Schlitten wird im Rahmen der Säge geführt und trägt das Sägeblatt und den Antriebmotor, der das Sägeblatt mittels Riemens antreibt. Der Motor ist auf dem Schlitten in Gleitschienen verschiebbar, damit man den Riemen nachspannen kann. Zum Vorschub dient ein umsteuerbarer Elektromotor. Mit Hilfe eines Vorgeleges und Schneckengetriebes wird die Drehzahl herabgesetzt und die Drehrichtung gewechselt. Ein zweites Räderpaar mit Kupplungen ergibt die zweite Vorschubgeschwindigkeit. Ist der Vorschubmotor ein regelbarer Gleichstrommotor, so kann man die Schneckenradwelle mittels der Kupplung ohne Zahnräder unmittelbar mit der Vorschubwelle *i* verbinden.

Endschalter stellen den Vorschub in beiden Endstellungen ab; ein Bremsmagnet hält den Vorschubmotor fest, was den Auslaufweg des schweren Schlittens abkürzt.

Bei Druckwasservorschub greift im allgemeinen eine Kolbenstange unmittelbar am Schlitten an.

[M 712] Pa.

Werkzeugmaschinen

Halbselbsttätige Schneidbank für sehr genaue Schnecken und Gewinde

In einer Fabrik für Feinmechanik und optische Geräte wurden die Schnecken für Mikroskope usw. auf einer Schnecken-Fräsmaschine hergestellt. Eine Schnecke von 7 mm Länge, 7,5 mm Außendurchmesser und 1,8 mm Steigung wurde in rd. 24 min gefräst. Diese Bearbeitungszeit war zu lang, außerdem war verhältnismäßig viel Ausschuß unter den bearbeiteten Werkstücken, die außerordentlich genau sein mußten. Es ergab sich die Aufgabe, eine Maschine zu bauen, auf der die Schnecken in möglichst kurzer Zeit bei höchster Genauigkeit geschnitten werden können.

Die Aufgabe wurde von der Maschinenfabrik Max Hasse & Co., A.-G., Berlin, dadurch gelöst, daß eine

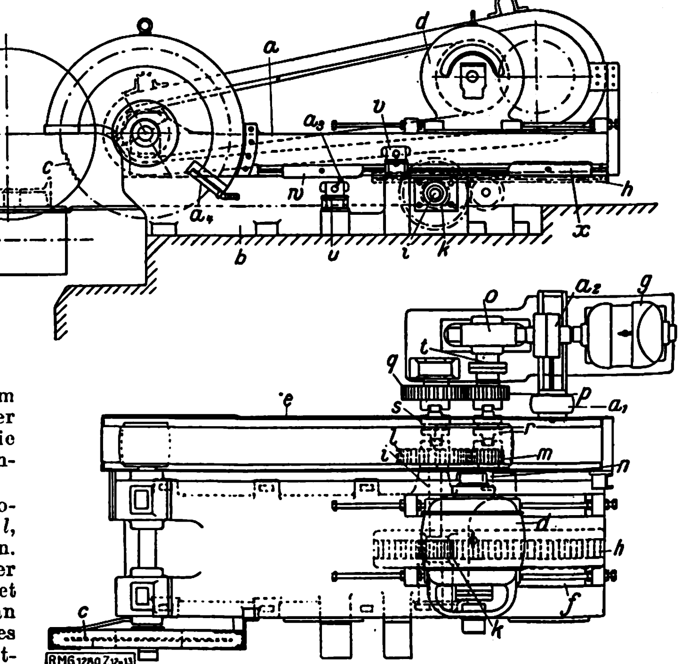


Abb. 5 und 6
Schlitten-Warmsäge, Vorschub durch Elektromotor

a	Sägeschlitten	*p*, *q*	Zahnradvorgelege } für zweite Vorschub-Geschwindigkeit
b	Rahmen	*r*, *s*	Kupplungen } für zweite Vorschub-Geschwindigkeit
c	Sägeblatt	*t*	Kupplung
d	Sägemotor	*u*, *v*	Endschalter
e	Riemenschutzschild	*w*, *x*	veränderliche Anschläge
f	Gleitschienen	a_1	Bremsmagnet
g	Vorschubmotor	a_2	Bremsscheibe
h	Vorschubzahnstange	a_3	Rollenhebel am Endschalter
i	Vorschubwelle	a_4	Kühlbremse
k	Vorschubritzel		
l, *m*, *n*	Zahnradvorgelege		
o	Schneckengetriebe		



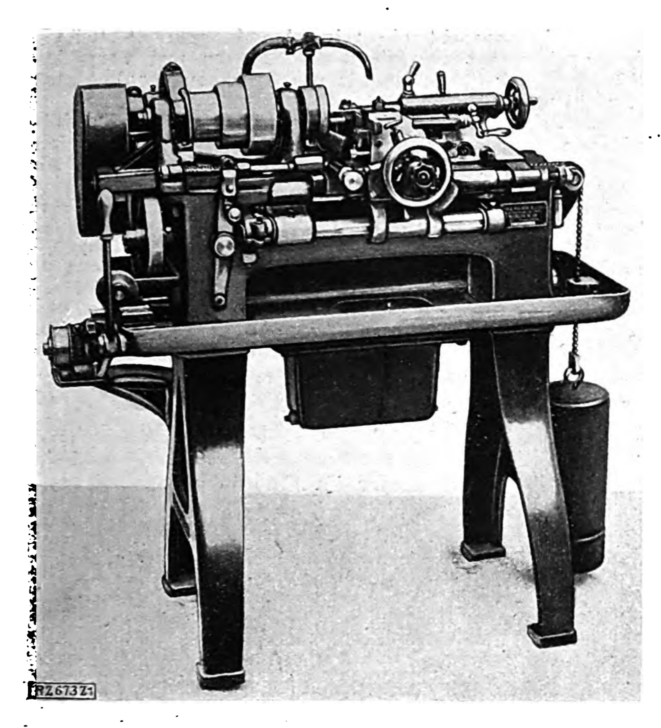


Abb. 7
Halbselbsttätige Schneidbank für sehr genaue Schnecken und Gewinde

sehr genau arbeitende, halbselbsttätige Gewindebohrer-Schneidbank für diesen Sonderzweck mit besonderen Einrichtungen versehen wurde.

Die Maschine, Abb. 7, hat Riemenantrieb über eine dreifache Stufenscheibe. Damit der Riemenzug unschädlich ist, läuft die Stufenscheibe auf einer feststehenden Achse und treibt die Mitnehmerscheibe für das Werkstück über ein Zahnradvorgelege. Die beiden Spitzen, zwischen denen das Werkstück eingespannt wird, stehen fest; die Drehung des Werkstückes bewirkt die Mitnehmerscheibe.

Der Drehschlitten wird durch eine Leitkurve so geführt, daß der Rücklauf ungefähr mit sechsfacher Geschwindigkeit erfolgt. Für die Zustellung des Drehstahls senkrecht zur Schneckenachse dient eine Kurve derart, daß der Stahl, sobald das Gewinde ausgeschnitten ist, zweimal ohne Zustellung über das Werkstück läuft, um kleine Unebenheiten zu beseitigen; die Größe der Zustellung kann man einstellen, ohne die Kurve auszuwechseln. Sobald die

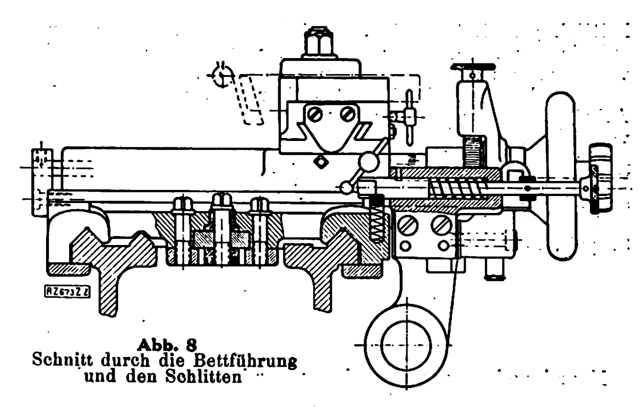


Abb. 8
Schnitt durch die Bettführung und den Schlitten

Schnecke fertig geschnitten ist, setzt sich die Maschine selbsttätig still. Der Arbeiter braucht also nur das Werkstück einzuspannen und den Riemen einzurücken.

Abb. 8 zeigt einen Schnitt durch die Bettführung und den Schlitten. Da man die Erfahrung gemacht hat, daß die wechselnde Spannung von Federn die Genauigkeit ungünstig beeinflußt, wird der Schlitten mittels Gewichtes mit Kette bewegt. Obschon das Werkstück nur 70 mm lang ist, wird es durch eine kräftige Lünette noch besonders abgestützt, damit es nicht federn oder sich ausbiegen kann.

Bei der Abnahme der Maschine wurden die Schnecken in 3 min, also in ⅙ der früheren Zeit, geschnitten; die Prüfung ergab, daß sie auf 0,001 mm genau waren. Die Maschine liefert die Arbeitstücke fast ohne Ausschuß.

[M 673] Parey

Holzbearbeitung

Betriebszahlen aus der Holzbearbeitung

Den vom Ingenieurbüro Rob. Lippmann, Hannover, herausgegebenen „Betriebswirtschaftsbriefen für die deutsche Holzbearbeitung“ Nr. 1 entnehmen wir die in den Zahlentafeln 1 und 2 wiedergegebenen Angaben über Anlage- und Betriebskosten von Sägewerken. Zahlentafel 1 zeigt, daß im neuzeitlich eingerichteten Sägewerk zwar durch verbesserte Arbeitsmaschinen und vermehrte Fördermittel die Anlagekosten wesentlich höher sind, daß aber auch der Raum günstiger ausgenutzt und die Arbeitszeit erheblich verkürzt wird. Das wirkt sich auch in den Selbstkosten, Zahlentafel 2, aus. Kapitaldienst und Kraftkosten steigen beträchtlich, während die Arbeitslöhne auf einen Bruchteil der früheren sinken, so daß im ganzen schließlich doch ein erhöhter Gewinn herauskommt. Die Veröffentlichung solcher Vergleichzahlen kann aufklärend und anspornend wirken und die Wirtschaftlichkeit der Holzbetriebe fördern. Es wäre zu wünschen, daß die Verfahren zur Ermittlung solcher Vergleichzahlen verbessert und ein-

Zahlentafel 1
Anlagekosten von Sägewerken

	Anlagekosten je Gatter	Vom Gesamt-Anlagewert entfallen auf				Zeit für Herstellung von 100 m² Bretter (Fichte, Tanne 25 bis 40 cm Dmr.)
		Gebäude	Grundstück	Gatter und Nebenmaschinen	Fördermittel	
	RM	vH	vH	vH	vH	min
Ältere Kleinsägewerke	40 000	40	24	30	6	900
Sonstige allgemein bekannte Sägewerke	60 000	29	32	30	9	450
Neue zeitgemäße Sägewerke	120 000	20	15	36	29	90

Zahlentafel 3
Zeitaufwand für 1 m² Stabparkett

	s
Entladen und Stapeln der Rohfriese	30
Förderung zu den Abrichthobelmaschinen	12
Vorsortieren der Rohfriese	24
Abrichthobeln	60
Förderung zur Parketthobelmaschine	6
Vierseitenhobeln	60
Nachsortieren der gehobelten Friese	6
Förderung zur Abkürzmaschine	6
Abkürzen und Hirnholznuten der Friese	40
Nachsortieren der fertig bearbeiteten Friese	8
Förderung zum Packtisch	4
Verpacken der Parkettstäbe	60
Förderung zum Lager	30
Stapeln im Versandlager	30
Zusammen	376

Zahlentafel 2. Jahreskosten

	Verzinsung und Abschreibungen				Betriebsmaschinen	Werkzeuge	Ausbesserungen	Feuerversicherungen	Arbeitslöhne	Arbeitsausfälle	Steuern	Gewinn
	Gebäude	Grundstück	Gatter und Nebenmaschinen	Fördermittel								
	vH	vH	vH	vH	vH	vH	vH	vH	vH	vH	vH	vH
Älteres Kleinsägewerk	5	2	6	3	8	3	10	2	34	8	12,5	6,5
Mittleres Sägewerk	5	2,5	10,5	2,5	11	5,5	5,5	2,5	28	5,5	17	4,5
Zeitgemäßes Sägewerk	8	3	20	12	14	1,5	2,5	1	6	3	17	12

heitlich gestaltet werden, damit in allen Zweigen der Industrie der Blick dafür geschärft wird, wie sich Betriebsverbesserungen in den Kosten auswirken.

Die Druckschrift bringt weiter u. a. eine Zeittafel der Arbeitsvorgänge bei der Herstellung von 1 m² Stabparkett von 500/100/22 mm in fließender Fertigung, Zahlentafel 3. Da in den letzten Jahren die Parkettmaschinen keine wesentlichen Verbesserungen erfahren haben, dürften die angegebenen Bearbeitungszeiten für die meisten Werke gelten und Unterschiede im Zeitaufwand in der Hauptsache auf Stapel-, Förderzeiten u. ähnl. entfallen. Vom gesamten Zeitaufwand beansprucht die reine Maschinenarbeit 42,5 vH, die Stapel- und Förderarbeit, das Sondern und Verpacken 57,5 vH; der Zeitaufwand für das Trocknen der Rohfriese ist nicht miterfaßt.

Die Zahlen können über den engeren Bereich der Holzindustrie hinaus Beispiele sein, wie Betriebsvergleiche innerhalb eines Industriezweigs an der Hand von Angaben über Kosten, Zeit- und Energieverbrauch durchgeführt werden können und einen Einblick in die Wirtschaftlichkeit selbst eines einzelnen Arbeitsganges ermöglichen.
[N 750] Zdl.

Kleine Mitteilungen

Kreiselpumpe mit zwei stromlinienförmigen Schaufeln

Die beiden Schaufeln sind an ihrer Vorderseite leicht abgerundet. Versuche im Windkanal haben ergeben, daß hierdurch gegenüber einer gleichen Form mit spitzer Vorderseite der Wirkungsgrad verbessert wird. Das Schaufelrad soll gegen feste Fremdkörper, die mit dem Wasser eindringen, besonders unempfindlich sein. Die Pumpe fördert bei 1000 Uml./min und rd. 13 m manometrischer Förderhöhe 2,27 m³/min Wasser. Zum Antrieb dient ein Gleichstrommotor von 11 PS.

Bei den Abnahmeversuchen wurde ein Wirkungsgrad der Pumpe von 74 vH erreicht. Eine Überlastung des Motors ist dadurch ausgeschlossen, daß die Pumpe sich von selbst regelt. Der Einlauf hat 113 mm l. W., das Läufergußstück ist auf der Welle aufgeschraubt. Gebaut wird die Pumpe von der Rees-Roturbo-Co., Wolverhampton (England). („Engineering" 19. August 1927 S. 234*).
[N 762a] Sd.

Englische Vorschriften für schwere Kraftwagen

Nach der Heavy Motor Car (Amendment) Order 1927, die soeben amtlich bekanntgemacht wurde, beträgt die größte zulässige Länge eines schweren Kraftwagens rd. 8,32 m, wobei von 7,92 m Gesamtlänge an das Mitführen eines Anhängers ausgeschlossen wird. Von den Bremsen muß eine durch den Fuß betätigt werden können. Außerdem darf keine der Bremsen die Kupplung zwischen Motor und Getriebe lösen. Für Fahrzeuge im öffentlichen Verkehr werden als größte Achslast 5,5 t und als Höchstgewicht 9 t festgesetzt, für alle anderen Kraftwagen dagegen, wie bisher, 8 und 12 t beibehalten. Dreiachsige Kraftwagen dürfen, wenn sie im öffentlichen Verkehr stehen, bis zu 12 t, in anderen Fällen sogar bis zu 19 t wiegen sowie eine Gesamtlänge von 9,14 m erreichen, wobei die höchsten zulässigen Achslasten für nicht öffentliche Fahrzeuge bis auf 7,5 t steigen können. Es ist bemerkenswert, daß diese Bestimmung im Gegensatz zu den deutschen Vorschriften nicht an die Verwendung von Luftreifen gebunden ist.

Die Londoner General Omnibus Co. hat in diesen Tagen ihren zweiten dreiachsigen Omnibus mit überdeckten Dachsitzen in Dienst gestellt. Der Wagen enthält nur 66 Sitzplätze gegen 68 beim ersten Wagen, und zwar 30 unten und 36 oben. Der Wagenkasten besteht aus Aluminium und Duralumin. („The Engineer" 19. August 1927 S. 193)
[N 762 b] H.

Der neue Kreuzer „Karlsruhe"

Am 20. August ist auf der Werft der Deutschen Werke, Kiel, der Kreuzer „Karlsruhe" vom Stapel gelaufen. Die Hauptabmessungen sind: Länge in der Wasserlinie 169 m, Breite 15,2 m, Tiefgang 5,3 m; die Verdrängung beträgt 6000 t. Das Schiff erhält neun 15 cm-Schnellfeuergeschütze in drei Drillingstürmen. Ein Turm steht auf der Back, zwei achtern, von denen der vordere überhöht ist, so daß sämtliche Geschütze nach der Breitseite schießen können. Ferner dienen vier 8,8 cm-Geschütze zur Flugzeugabwehr, und die Torpedobewaffnung besteht aus vier Drillingsrohren. Der Kreuzer hat 500 Mann Besatzung. Trotz der geringen vom Versailler Vertrag vorgeschriebenen Verdrängung haben gewichtsparende Bauweisen und der Übergang zur reinen Ölfeuerung ermöglicht, der „Karlsruhe" höhere Gefechtswerte als der „Emden" zu geben.

Vier Turbinen mit Rädergetriebe, von denen je zwei als Marsch- und Haupttturbinen die gleiche Welle haben, treiben das Schiff an. Außerdem sind mit den Hauptwellen kuppelbare Dieselmotoren als Marschanlage vorgesehen. Die Kesselanlage umfaßt sechs Doppelendkessel mit Ölfeuerung. Bei voller Zuladung und 14,5 Kn Fahrt beträgt der Fahrtbereich rd. 5500 Seemeilen. Man erwartet bei 65 000 PS Leistung an der Welle mindestens 32 Kn Geschwindigkeit. [N 762 c] Ls.

Luftverkehr in Kanada 1926

Das Department of National Defense hat vor kurzem den Bericht über den Luftverkehr der Royal Canadian Air Force sowie der 16 bestehenden Luftverkehrsgesellschaften in Kanada veröffentlicht. Von der staatlichen Gesellschaft, der Royal Canadian Air Force, wurden in 3037 Flugstunden die ausgedehnten Waldungen (1152 h) überwacht, Gelände (153 000 km²) photographisch aufgenommen und Polizeiflüge gegen Schmuggler und Indianer durchgeführt. Die 16 Luftverkehrsgesellschaften, die über 44 Flugzeuge verfügen, haben in 5860 Flugstunden rd. 629 000 km durchflogen, 6436 Personen befördert, rd. 54 000 km² photographiert und rd. 57 000 km² neu erforscht. Die verwendeten Flugzeuge — sie sind nur mit einem Motor ausgerüstet — sind in den Vereinigten Staaten von Amerika gebaut. Zwei in Kanada gegründete Flugzeugfabriken haben mit dem Bau von Flugzeugen begonnen. („Engineering" 19. August 1927 S. 240) [N 762 d] Gw.

Schwere Schnellzuglokomotive

In den Swindon-Werken der Great Western Railway sind zwanzig 2 C-Schnellzuglokomotiven im Bau, die mit zu den schwersten Englands gehören werden. Es sind Vierzylinder-Heißdampf-Lokomotiven mit einfacher Dampfdehnung. Der Kessel ist nach der Bauart Belpaire mit kupferner Feuerbüchse hergestellt und arbeitet mit 17,6 at. Der Dampf wird nicht wie üblich in einem Dampfdom auf dem Kessel, sondern in einem offenen Rohr an der höchsten Stelle über der Feuerbüchse gesammelt und von dort den Zylindern zugeführt. Für die Dampfüberhitzung dient ein Swindon-Überhitzer. Die wasserberührte Heizfläche beträgt 233 m², die Rostfläche 3,2 m². Der Rahmen ist der bei englischen Lokomotiven übliche Blechrahmen. Die Innenzylinder liegen gegenüber den äußeren weiter nach vorn und treiben die vordere Kuppelachse, während die Außenzylinder die mittlere Kuppelachse antreiben. Das Dienstgewicht der Lokomotive beträgt 90 t, das Reibungsgewicht 68,5 t. Die Zugkraft beträgt 18 300 kg. Der bei der Great Western übliche dreiachsige Tender faßt rd. 6 t Kohle und 18 m³ Wasser. Eine dieser Lokomotiven wird vom 24. September bis 8. Oktober 1927 in Baltimore anläßlich der Jahrhundertfeier ausgestellt werden. („Railway Age" 6. August 1927 S. 253*) [N 762 e] Krs.

Zunahme des Anlagekapitals bei den Eisenbahnen der Vereinigten Staaten von Amerika

Seit dem Ende der Staatsaufsicht im Jahre 1920 ist das in den Eisenbahnen der Vereinigten Staaten angelegte Kapital um rd. 4 Milliarden $ auf rd. 24 Milliarden $ gestiegen; da hiervon die ausgesonderten veralteten Betriebmittel schon abgezogen sind, ergibt sich ein Betrag von rd. 5 Milliarden $ für Neubeschaffungen. Die Anlagen und Betriebmittel sind erstaunlicherweise nur wenig vergrößert oder vermehrt worden; die Ausgaben scheinen demnach in erster Linie zur Erneuerung und Verbesserung der Anlagen benutzt zu sein. Die elektrische Zugförderung konnte sich wegen der hohen Anlagekosten nur wenig durchsetzen, zumal da man die Wirtschaftlichkeit der Dampflokomotiven durch Verbesserung der Feuerung, Überhitzung usw. erhöht hat. Die Streckenerhaltung und -überwachung wurde verbilligt, seitdem die Streckenabschnitte mit Motorwagen befahren werden; dadurch konnten die Streckenabschnitte rd. auf das Doppelte verlängert werden. („Railway Age" 6. August 1927 S. 249) [N 762 f] Pa.

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Neue Wilhelmstr. 4, bezogen werden. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 3501.)

Über die geschichtliche Entwicklung der Wollkämmaschine und ihre technologische Arbeitsweise. Von Hans Richard Wolf. Berlin 1927, VDI-Verlag. 104 S. m. 95 Abb. u. 3 Taf. Preis 4,80 *M*.

Der Verfasser hat sich mit dankenswertem Eifer der Aufgabe unterzogen, durch Studien an Ort und Stelle aus den in England, Frankreich und Deutschland sehr verstreuten Angaben das Wesentliche herauszusuchen und in einer geschlossenen kurzen Darstellung vorzuführen. Für die älteren Kammstuhlbauarten standen nur Bücher und Patentschriften zur Verfügung, während durch das Entgegenkommen der bedeutendsten Fabriken in England, Deutschland und dem Elsaß die neuesten Maschinen aufgenommen und studiert werden konnten. Von der Handkämmerei ausgehend, behandelt der Verfasser nach Schilderung der Maschinen, die die Handkämmerei nachahmen, auf über 100 Seiten mit 95 vorzüglichen Abbildungen im Text und auf drei Tafeln in sieben Teilen zunächst das Wesen der Kämmaschine von Cartwright und die Maschinen von Ramsbotham und Brown, von Rawson, von Holden, Lister, von Little und Eastwood, danach die Maschinen mit zwei berührenden Kammringen und die Kämmaschinen von Collier und von Noble. Nach einer Besprechung der nach Opelt-Wieck gebauten Kämmaschine ist der umfangreichste Teil des Werkes den Maschinen nach der Bauart Josua Heilmannn gewidmet, die als die endgültige Lösung für das Kämmen kürzerer und mittellanger Wollen betrachtet werden kann. In klaren Zeichnungen und Teilaufnahmen zeigt der Verfasser die Entwicklung der Heilmannschen Maschinen, der Schlumbergerschen Modelle von 1885, 1870 und 1883 und 1902, sowie die dazwischen erschienenen Maschinen von Heilmann, Ducommun und Steinlen, von Meunier-Grün, die Ausführungen O. Z. und P. L. B. der Elsässischen Maschinenbau-Gesellschaft, die Maschine von Delette-Grün von 1907 und von Grün, Bauart 1924.

Ein weiterer Abschnitt ist der Kämmaschine von Hübner und der von Morel gewidmet. Ein Rückblick auf die verschiedenen Anordnungen folgt; ihm ist ein übersichtlicher schematischer Stammbaum beigegeben.

Zum Schluß folgt die Darstellung einer Reihe von Versuchen über die Arbeitsweise der P. L. B.-Maschine der Elsässischen Maschinenbau-Gesellschaft mit sehr wertvollen Ergebnissen. Alles in allem ein gutes Werk, das den Fachgenossen und sonstigen Lesern nur angelegentlich empfohlen werden kann. [E 447] Prof. Flemming

Textilmaschinen, ihre Konstruktion und Berechnung. Von Paul Beckers. Berlin 1927, M. Krayn. 283 S. m. 282 Abb. Preis 17 *M*.

Der Verfasser hat in dem vorliegenden Werk seine während einer 25jährigen Tätigkeit gemachten Erfahrungen in Form einer Sammlung von Beispielen niedergelegt. Vorzugsweise werden Spinnereimaschinen, Webstühle und die dazu gehörenden Hilfsmaschinen behandelt. Beckers ist bestrebt, die gesetzmäßigen Zusammenhänge einzelner textiltechnischer Vorgänge aufzudecken und der Rechnung zugänglich zu machen. Mit Recht hebt er hervor, daß es nicht möglich ist, alle Umstände, die bei der Gestaltung der Textilmaschinenelemente berücksichtigt werden müssen, in eine Formel zu fassen. Die Rechnung schaltet die Erfahrung nicht aus. Erfahrung muß die Grundlage jeder Berechnung sein.

In einem allgemeinen Teil werden u. a. die Ausbildungsmöglichkeiten des Textiltechnikers, die einfachsten technischen Grundbegriffe und die bekanntesten textilen Gebilde besprochen. Die Beispielsammlung ist in vier Kapitel: Berechnung von Getriebeteilen, kritische Untersuchung von Mechanismen, verschiedene Beispiele, Elektrizität und Wärme, gegliedert.

Die leicht faßliche Behandlung des Stoffes macht das Buch vor allem dem in der Ausbildung befindlichen Textiltechniker und dem theoretisch weniger geschulten Praktiker wertvoll. [E 655]
Ronsdorf Walter Krumme

Die Maschinentechnik in Zuckerfabriken und Raffinerien. 1. T. Von Karl Schiebl. Magdeburg 1927, Schallehn & Wollbrück. 175 S. m. 207 Abb. Preis 12 *M*.

Dem in der Praxis stehenden Zuckerfabrikchemiker fällt es oft schwer, sich aus der zerstreuten und reichhaltigen Literatur das herauszusuchen, was für ihn gerade von besonderer Wichtigkeit ist. Es ist daher zu begrüßen, daß der Verfasser es unternommen hat, alles die Maschinentechnik der Zuckerfabriken und Raffinerien Betreffende in Buchform in klarer, übersichtlicher Weise zusammenzustellen, so daß auch der einfachere Leser in die Lage versetzt wird, sich über alles Wissenswerte auf diesem Gebiet schnell zu orientieren. Das gesamte Werk zerfällt in mehrere Teile, von denen der erste vor kurzem erschienen ist. Dieser erste Teil befaßt sich mit dem Fördern fester, flüssiger und gasförmiger Stoffe, die in der Rübenzuckerfabrikation vorkommen, ferner mit dem Verladen der Stoffe und den dazu nötigen Einrichtungen. Im letzten Abschnitt werden die Rohrleitungen und ihre Widerstände berechnet. Es ist dem Verfasser hoch anzurechnen, daß er sich streng an die Praxis gehalten und alle unsicheren Theorien beiseite gestellt hat. Die Anschaulichkeit der Darstellungsweise wird durch zahlreiche Zeichnungen, Schaulinien und Abbildungen unterstützt. Wenn es dem Verfasser gelingen sollte, die übrigen Teile in derselben verständlichen Weise zu schildern, so wäre dies im Sinne der deutschen Zuckertechnik sehr zu begrüßen. Es ist zu erwarten, daß das gesamte Werk dem in der Praxis stehenden Techniker und den Studierenden manche Anregung geben wird.
[E 638] Dr. O. Spengler

Abwärmeverwertung zur Heizung und Krafterzeugung. Von Hans Balcke. Berlin 1926, VDI-Verlag. 208 S. mit 68 Abb. Preis 4,80 *M*.

Die Möglichkeiten der Verwertung der in industriellen Betrieben anfallenden Abwärmemengen werden in dem kleinen Buch ausführlich besprochen. In den beiden ersten Abschnitten werden die einzelnen Abwärmequellen aufgezählt und Richtlinien zu ihrer Verwertung aufgestellt. Für viele Beispiele aus der Praxis werden die durch Abwärmeverwertung erzielbaren Ersparnisse rechnerisch nachgewiesen. Im dritten bis fünften Abschnitt behandelt der Verfasser sodann die eigentlichen Abwärmeverwerter, und zwar unterscheidet er Wärmeaustauscher, Wärmespeicher und Wärmeleitungen. Namentlich die Wärmeaustauscher, zu denen in erster Linie Abdampf- und Abgasvorwärmer zählen, werden sehr eingehend besprochen, während die anderen Abschnitte der Bedeutung der Speicherung und der Fernleitung in der neuzeitlichen Technik vielleicht nicht ganz gerecht werden. Der letzte Abschnitt beschäftigt sich mit der für die Abwärmeverwertung sehr wichtigen Wärmeschutztechnik. Ein ausführliches Sachverzeichnis ergänzt das handliche und gut ausgestattete Buch, das jedem Betriebsleiter als wertvolles Nachschlagebuch empfohlen werden kann. [E 747] Pt.

Die Berechnung elektrischer Leitungsnetze in Theorie und Praxis. Von Clarence Feldmann. 4. Aufl. Berlin 1927, Julius Springer. 554 S. m. 485 Abb. Preis 38 *M*.

Die vorliegende 4. Auflage ist stark umgearbeitet worden; sie unterscheidet sich insofern besonders von den vorhergehenden, als jetzt Gleichstrom und Wechselstrom getrennt behandelt werden, während früher der Gleichstrom als Sonderfall des Wechselstromes betrachtet wurde. Das Buch befaßt sich in umfassender Weise mit den verschiedenen Arten von Leitungen und den mannigfachen Einflüssen, denen sie unterliegen und die beim Entwurf zu berücksichtigen sind; die zeichnerischen und rechnerischen Verfahren der Berechnung der Leitungen werden eingehend erläutert. Dabei hat auch die wirtschaftliche Seite der Entwürfe Berücksichtigung gefunden. [E 634] Pa.

Handbuch der Physik. Herausgeg. von H. Geiger und Karl Scheel. 2. Bd.: Elementare Einheiten und ihre Messung. Red. von Karl Scheel. Berlin 1926, Julius Springer. 522 S. m. 297 Abb. Preis 42 *M*.

Der vorliegende zweite Band des Handbuches der Physik enthält eine Fülle des für den Ingenieur Wichtigen und Wissenswerten. Im einleitenden Kapitel stellt Wallot die Lehre von den Dimensionen, Einheiten und Maßsystemen logisch und gründlich dar. Er kommt zu dem Ergebnis, daß keine internationale Einigung auf ein Maßsystem zu erhoffen sei, daß aber die Maßsysteme überhaupt für Theoretiker und Praktiker entbehrlich seien. Im zweiten und dritten Kapitel behandelt Göpel meisterhaft, gestützt auf vorzügliche Abbildungen, die Längen- und Winkelmessung. Dann werden etwas kurz die Wagen und Wägungen von Felgentraeger, ebenfalls kurz, aber vorbildlich klar Raummessung und spezifisches Gewicht von Scheel erörtert. Das Mittel- und Herzstück des Bandes bildet das

nahezu 120 Seiten umfassende sechste Kapitel „Zeitmessung". Drei Verfasser: Schmundt, v. Niesiolowski-Gawin und Cranz haben sich den Stoff geteilt; ihre Beiträge greifen ineinander wie die Räder einer Uhr; sie behandeln: Allgemeines über Zeitmessung, Uhren, Messung kleiner Zeitabschnitte, Zeitaufzeichnung. v. Niesiolowski-Gawin hat auch Kapitel 7 „Geschwindigkeitsmessung" bearbeitet. Hier findet man von S. 296 an die Staurohre, Stauscheiben, hydrometrischen Flügel behandelt, vermißt aber den Hinweis auf den von Erk verfaßten kurzen Abschnitt „Dynamische Volumenmessung" (S. 153 ff.), worin die Düsen, Stauränder und dergleichen gekennzeichnet sind. Bei der Behandlung des Hitzdrahtanemometers (S. 311) wäre ein Hinweis auf die Angaben in Bd. 11 S. 148 erwünscht gewesen, da dort auch auf die Geschichte dieses Meßgerätes eingegangen ist. Ein sehr ausführliches und gutes Kapitel „Erzeugung und Messung von Drücken" ist von Ebert verfaßt und durch einen Abschnitt über die Messung sehr hoher Drücke von Cranz ergänzt. Eberts Beitrag zeichnet sich durch gute Abbildungen aus; nur die altmodische Abb. 28 hätte er durch eine neuere Darstellung ersetzen sollen. Die Erzeugung niedriger Drücke ist besonders eingehend erörtert; die Kolbenkompressoren zur Erzeugung hoher Drücke sind demgegenüber ein wenig zu kurz gekommen. Die meßtechnischen Kapitel werden abgeschlossen durch das von Berroth über Schweremessungen. Ein inhaltsreiches und vorzügliches Schlußkapitel über allgemeine physikalische Konstanten, verfaßt von Henning und Jaeger, leitet zu den zusammengesetzten Einheiten über.

Die vorstehende kurze Inhaltsübersicht spricht wohl für sich und empfiehlt das Studium dieses Bandes jedem Fachgenossen, der sich für die Grundlagen aller messenden Physik und Technik interessiert.

[E 527] Max Jakob

Geologische Untersuchung des kohlenführenden Tertiärs Antioquias im westlichen Teil der Zentralkordillere Kolumbiens. Von Emil Grosse. Berlin 1926, Dietrich Reimer. 360 S. m. 105 Abb. u. 16 Taf. Preis 120 *M.*

Die höchst eingehende geologische Durcharbeitung des Gebiets (Vermessung und Kartierung) erfolgte durch eine geologische Kommission unter Leitung des Verfassers. Die Erläuterung der Abhandlung durch ausgezeichnete Karten, Querschnitte und photographische Aufnahmen des Geländes ermöglicht es, sich von den geologischen Verhältnissen und den bergbaulichen Aussichten ein anschauliches Bild zu machen.

Das kohlenführende Tertiär ist wahrscheinlich Alttertiär. Das Grundgebirge besteht vorwiegend aus sehr alten Formationen (zum Teil älter als Kambrium). Die Kohlenformation tritt zum Teil in drei Stufen auf. Die mittlere enthält 4 bis 10 bauwürdige Braunkohlenflöze von 0,7 bis 5 m Mächtigkeit. Sie ist meist stark zu Sätteln und Mulden gefaltet und schuppenförmig überschoben. Nach Ablagerung der Kohlenflöze sind in manchen Gebieten glutflüssige Massen eingedrungen, durch die eine Veredlung der Flöze eingetreten ist. Die normale Kohle gehört den subbituminösen Steinkohlen der Nordamerikaner an; sie ist der oberbayerischen Pechkohle vergleichbar. Diese Kohle ist nicht verkokbar. Die Schwelteere sind fest. Im Abbau ergibt sich viel Stückkohle.

Die Arbeit ist ein Schulbeispiel dafür, welch wertvolle Ergebnisse von wissenschaftlicher und praktischer Bedeutung sich durch verständnisvolle Zusammenarbeit von Auftraggebern und Fachleuten zwischen befreundeten Nationen erreichen lassen.

[E 333] Dr.-Ing. Erich Seidl

Proceedings of the International conference on bituminous coal. November 15/18, 1926. Pittsburgh. Pa., 1927, Carnegie Institute of Technology. 830 S. m. zahlr. Abb.

Die internationale Pittsburgher Konferenz über bituminöse Kohle war die erste dieser Art. Ueber 1700 Vertreter von dreizehn verschiedenen Staaten nahmen an ihr teil. Der Erfolg war so ermutigend, daß ein zweiter internationaler Kongreß über dieselbe Frage im November 1928 vorgesehen ist. In dem vorliegenden Band wird über die Vorträge der ersten Konferenz berichtet, die vom 15. bis 18. November 1926 unter dem Vorsitz des Präsidenten des Carnegie Institute of Technology, Thomas S. Baker, stattfand. Den einzelnen Vortragsberichten folgen die jeweiligen Aussprachen. Zahlreiche Abbildungen und Schaulinien, sowie eine beigegebene Karte über die Lage der Kohlenfelder der Vereinigten Staaten, unterstützen das Verständnis der Berichte. [E 636] Krs.

Schweißen, Schneiden und Metallspritzen mittels Acetylen. Von J. H. Vogel. Halle a. d. S. 1927, Carl Marhold. 129 S. m. 98 Abb. Preis 4,50 *M.*

Einführung in die theoretische Aerodynamik. Von C. Eberhardt. München und Berlin 1927, R. Oldenbourg. 138 S. m. 118 Abb. Preis 9,50 *M.*

Verkehrstechnische Bücherei 5. Bd.: **Übersicht über den Waggonbau.** Von Ernst Kreissig. 2. Aufl. Leipzig 1927, Bruno Volger. 117 S. m. 160 Abb. Preis 10 *M.*

Kritische Betrachtungen zur Frage der Rheinisch-Westfälischen Städtebahn. Von G. Kemmann. Essen 1927, Rheinisch-Westfälische Schnellbahn. 137 S. m. 11 Taf. Preis 25 *M.*

Copper. Von N. E. Crump. London 1925, William Rider and Son. Ltd. 246 S. Preis 12 sh 6 d.

Die Bergwerke und Salinen im niederrheinisch-westfälischen Bergbaubezirk 1926. Bearbeitet vom Verein für die bergbaulichen Interessen. Essen 1927, G. D. Baedeker. 142 S. Preis 3 *M.*

Das Reichspatentamt 1877—1927. Rückblick auf sein Werden und Wirken. Herausgeg. vom Reichspatentamt. Berlin 1927, Carl Heymann. 129 S. Preis 9 *M.*

Techniker und Juristen. Erinnerungen und Betrachtungen. Dem Reichspatentamt zum 50jähr. Jubiläum von ehemaligen Mitgliedern. Berlin 1927, Carl Heymann. 109 S. Preis 5 *M.*

Abhandlungen zum Arbeitsgebiet des Reichspatentamts. Festgabe zur Feier des 50jähr. Bestehens des Reichspatentamts. Herausgeg. von Hermann Isay. Berlin 1927, Carl Heymann. 224 S. Preis 15 *M.*

Hamburger Schriften zur Wirtschafts- und Sozialpolitik 1. H.: **Die Industrialisierung der Stadt Harburg.** Von Otto Bödecker. Rostock 1927, Carl Hinstorff. 302 S. Preis 10 *M.*

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 71 SONNABEND, 10. SEPTEMBER 1927 NR. 37

Technische Fragen im Lichte des Rechts

Von Prof. Dr.-Ing. Richard Baumann und Staatsanwalt A. Süskind, Stuttgart

In vielen Streitfällen wiederholen sich technische Fragen mit ausschlaggebenden rechtlichen Folgen. Dies kann zu Entscheidungen führen, die nicht befriedigen, weil der Richter die Tragweite der Ausführungen des technischen Sachverständigen nicht überblickt und dieser die Denkweise des Richters nicht voraussehen kann. Für drei wichtige derartige Fragen wird Abhilfe für diesen mißlichen Zustand angebahnt.

Das Recht ist, wie die Sitte und die Sprache, nichts Absolutes, Feststehendes, Totes, sondern etwas Lebendiges, in steter Entwicklung Begriffenes. In ursprünglichen Verhältnissen geht das Recht aus der Sitte hervor, die als allgemein verbindliche Norm anerkannt wird und das Tun und Lassen jedes Einzelnen bestimmt und beherrscht. Mit fortschreitender Kultur und mit der Entwicklung des Staatslebens tritt an die Stelle der aus der Sitte hervorgegangenen Rechtsgewohnheit mehr und mehr das Gesetzesrecht. Aber auch dieses ist letzten Endes keine willkürlich gesetzte Rechtsordnung, sondern entspricht der allgemeinen Überzeugung von dem, was richtig, recht und damit Rechtens ist.

Gesetze entspringen nur selten der Willkür einzelner: auch der Gesetzgeber ist an die Rechtsüberzeugung des Volkes gebunden, er schöpft aus ihr und faßt nur in Worte, was schon vorher bewußt oder unbewußt von der Mehrzahl als Recht empfunden worden ist. So ist jedes Gesetz ein Kind seiner Zeit, ein Niederschlag der zur Zeit seiner Erlassung herrschenden Rechtsüberzeugung, in der Regel auch entscheidend beeinflußt durch die wirtschaftlichen Anschauungen und Verhältnisse, die zur Zeit seiner Entstehung maßgebend waren. Während aber der Buchstabe des Gesetzes starr und unverändert ist, solange das Gesetz besteht, bleibt die Rechtsentwicklung unausgesetzt im Fluß. Handel und Wandel, Wirtschaft und Verkehr bringen in unerschöpflicher Fülle neue Möglichkeiten hervor, an die der Gesetzgeber weder dachte noch denken konnte.

Den Wortlaut des Gesetzes so zu fassen, daß es für jeden Streitfall paßt, für jede möglicherweise auftretende Frage von vornherein eine klare und zweifelsfreie Entscheidung enthält, dazu ist auch der sorgfältigste und scharfsinnigste Gesetzgeber niemals imstande. So ergibt sich immer wieder aufs neue das Bedürfnis, die Gesetze den veränderten Lebensverhältnissen anzupassen. Wann und wie oft dies geschieht, hängt oft von äußerlichen und zufälligen Umständen ab. Die Klagen über veraltete, den Anforderungen nicht mehr entsprechende Gesetze sind vielleicht ebenso häufig wie die entgegengesetzten über das überstürzte Arbeiten der Gesetzgebungsmaschine, über die kaum mehr übersehbare Flut und die allzu rasche Abänderung der Gesetze.

Aber Recht und Gesetz sind nicht dasselbe. Soweit das Gesetz sich als lückenhaft oder sonst unzulänglich erweist, muß der Richter mit praktischem Blick für die Forderungen des Wirtschaftslebens dem Gesetzgeber helfend und ergänzend zur Seite treten. Der Verkehr und das Leben können nicht warten, bis der Staat die Klinke der Gesetzgebung handhabt, die vor Gericht stehenden Parteien wollen die Entscheidung *ihres* Streites; und so sieht der Richter sich nicht selten vor die Aufgabe gestellt, die gesetzgeberischen Absichten innerhalb der Grenzen der Gesetze organisch fortzuentwickeln und sie den veränderten Wirtschaftsverhältnissen und Lebensbedürfnissen anzupassen[1]). Diese Aufgabe erfordert neben dem berufsmäßigen Rüstzeug des Juristen oft ein erhebliches Maß von Verständnis für die Bedürfnisse und das Empfinden der beteiligten Berufs- und Erwerbskreise.

Besonders die sprunghafte Entwicklung auf allen Gebieten der Technik zeitigt eine Fülle von Rechtstreitigkeiten, für deren sachliche Entscheidung ein gewisses Maß von technischem Wissen und Verständnis, zum mindesten eine Fähigkeit zum Einfühlen in technische Dinge erforderlich ist, die dem Rechtskundigen vielfach fehlt; dieser Mangel kann auch durch die Beiziehung des sach- und geschäftskundigen Gutachters nicht immer ausgeglichen werden. Hieraus erklärt sich auch die immer dringlicher erhobene Forderung nach Sondergerichten, von denen man erwartet, daß sie auf Grund besonderer Vorbildung ihrer Richter und infolge fortgesetzter Beschäftigung mit dem ihnen übertragenen Sondergebiet über die nötigen Erfahrungen und Kenntnisse in weit höherem Maß als die ordentlichen Gerichte verfügen; freilich drohen dabei der Einheitlichkeit der Rechtsprechung und damit der Rechtsicherheit Gefahren, die vielfach nicht erkannt oder bewußt in den Kauf genommen werden. Hier wird zu entscheiden sein, was leichter zu ersetzen wäre, das rechtliche oder das technische Einfühlen; wahrscheinlich das letztere.

Wie nämlich auf der einen Seite die „Weltfremdheit des Juristen" beklagt wird, so macht man anderseits dem Techniker, selbst dem regelmäßig bei Gericht tätigen Sachverständigen, oft nicht ohne Grund, mangelndes Interesse und Verständnis für die Aufgaben zum Vorwurf, die ihm als dem „Gehilfen des Richters" zufallen. Soll in diesen Zuständen Besserung eintreten, so muß vor allem der Techniker sich die Mühe nehmen, grundlegende Fragen so eingehend zu behandeln, daß dem Fachgenossen die rechtliche Seite, dem Rechtskundigen die technische Seite ausreichend klargelegt wird. In dieser Richtung ist bis jetzt wenig geschehen; erwähnt sei z. B. die von Bach herausgearbeitete Bestimmung des Begriffs „Explosion"[2]), die für die Versicherungen maßgebend geworden ist. Die folgenden Ausführungen sollen einige Fragen behandeln, deren Erörterung in Rechtsfällen, die technische Dinge zum Gegenstand haben, regelmäßig wiederkehrt und deren Beantwortung für die Entscheidung meist von ausschlaggebender Bedeutung ist.

Der Begriff des Konstruktionsfehlers

Er ist von Bedeutung in erster Linie im Hinblick auf die Gewährleistung für Sachmängel bei Kauf und Lieferung von Maschinen aller Art. Die allgemeinen Lieferbedingungen der großen Herstellerverbände enthalten regelmäßig die Bestimmung, daß der Lieferer für alle gelieferten Maschinen, Apparate und Anlagen eine Gewähr in der Art übernimmt, daß Teile, die inner-

[1]) „Rechtsschöpferische Aufgaben des Richters" von Reichsgerichtsrat Czolbe, Deutsche Richterzeitung 1924 Nr. 1; ein Teil der vorstehenden Ausführungen ist dieser Arbeit entnommen.

[2]) Z. Bd. 55 (1911) S. 1663.

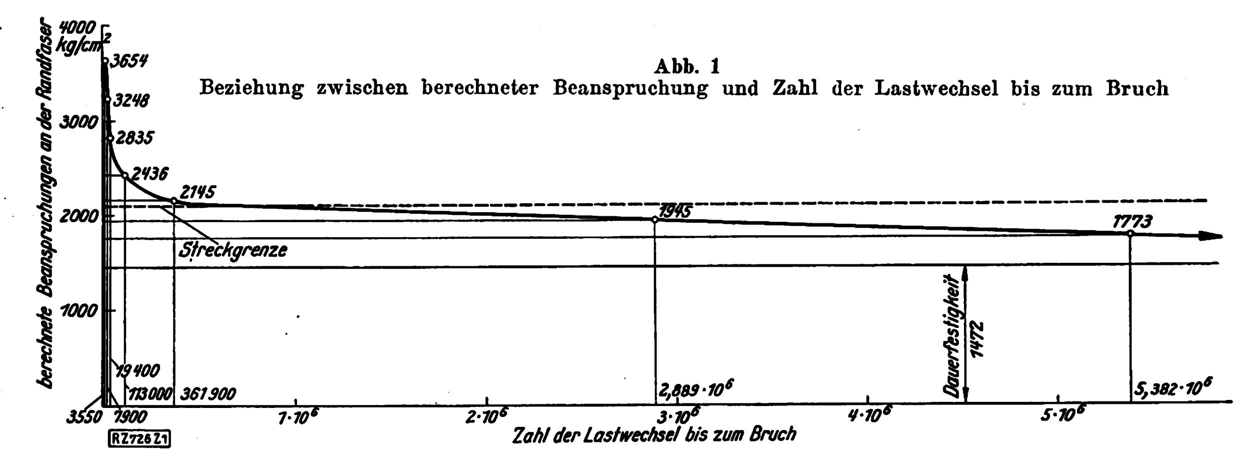


Abb. 1
Beziehung zwischen berechneter Beanspruchung und Zahl der Lastwechsel bis zum Bruch

halb 6 Monaten (bei Tag- und Nachtbetrieb innerhalb 3 Monaten) nachweislich infolge schlechter Baustoffe, fehlerhafter Bauart oder mangelhafter Ausführung unbrauchbar oder schadhaft werden, von ihm baldmöglichst nach seiner Wahl auf seine Kosten ausgebessert oder unentgeltlich ersetzt werden.

Der Begriff des Konstruktionsfehlers spielt aber namentlich auch auf dem Gebiete der Maschinenversicherung eine Rolle. Nach den üblichen Vertragsbedingungen übernimmt die Versicherung den Ersatz „für Schäden, die an den versicherten Maschinen usw. infolge von Guß-, Material- und Konstruktionsfehlern entstehen“, soweit nicht der Lieferer gesetzlich oder vertragsmäßig für diese Schäden haftet. Ob ein Konstruktionsfehler vorliegt, ist ferner vielfach auch auf strafrechtlichem Gebiete wichtig.

Im Strafverfahren ist die richterliche Entscheidung meist verhältnismäßig einfach, weil der Richter regelmäßig nur darüber zu befinden hat, ob das betreffende Stück dem Stande der Wissenschaft und Technik zur Zeit der Anfertigung entsprochen hat. Soweit behördliche Vorschriften bestehen — wie für Dampfkessel und Aufzüge — wird der Nachweis, daß diesen Vorschriften genügt ist, in der Regel die Annahme einer Fahrlässigkeit und damit die strafrechtliche Verantwortung des Herstellers ausschließen. Im Zivilprozeß dagegen kommt den behördlichen Vorschriften diese maßgebende Bedeutung durchaus nicht zu, obwohl dies nicht selten angenommen wird. Die erwähnten Vorschriften haben ihren Grund in der vermuteten besonderen Gefährlichkeit der betreffenden Anlagen, und sie bezwecken in erster Linie, durch bestimmte Vorschriften, die die erforderliche Betriebsicherheit gewährleisten sollen, die Gefahr von Unfällen einzuschränken. Der Nachweis, daß diesen Vorschriften genügt ist, schließt aber die Möglichkeit von Konstruktionsfehlern noch nicht aus.

Zunächst gilt es, festzustellen: was ist Konstruktion? Die an sich erfreuliche und berechtigte Neigung zum Verdeutschen hat hier manche Unklarheit geschaffen. Das übliche Wort „Bauart“ bedeutet nämlich wesentlich weniger als „Konstruktion“. Bei genauer Betrachtung ist Bauart nur die kennzeichnende Anordnung einer Einrichtung in großen Zügen, während die Konstruktion im weitesten Sinn die Ausbildung aller Einzelheiten, einschließlich der Formgebung, auch der kleinen Teile, die Bestimmung der Abmessungen, zugelassenen Beanspruchungen, die Herstellung, Bearbeitung, Materialwahl, den Zusammenbau usw. einschließt. Dies sind grundlegende Unterschiede. So haben z. B. viele Flammrohrkessel gleiche Bauart, obgleich jeder einzelne von ihnen seine besondere Konstruktion haben kann. Um Mißverständnissen vorzubeugen, soweit das überhaupt bei solchen Dingen möglich ist, sei jedoch betont, daß vielfach auch noch weitere Gesichtspunkte hereinspielen können.

Angenommen, ein gewisses Stück könne aus Gußeisen oder Stahl hergestellt werden. Die richtige, d. h. die die erforderliche Widerstandfähigkeit liefernde Wanddicke kann dann bei Ausführung in Guß je nach der gewählten Form, der gewählten Gußeisenart, der ausführenden Gießerei, dem gewählten Gießverfahren in weiten Grenzen verschieden sein. So kann ein Konstruktionsfehler begangen werden durch zu kleine wie durch zu große Wanddicke, je nachdem, wie die Dinge liegen. Maßgebend ist eben, ob von dem fertigen Stück unter den Verhältnissen, die obgewaltet haben, diejenige Widerstandfähigkeit mit Zuverlässigkeit erwartet werden konnte, die beim späteren ordnungsmäßigen Betrieb notwendig war. Ebenso kommen bei der Ausführung in Stahl die Art der Herstellung und die Einflüsse in Frage, die durch verschiedene Behandlung bei den einzelnen zur Fertigstellung notwendigen Arbeitsvorgängen auf die Widerstandfähigkeit des fertigen Erzeugnisses ausgeübt werden können. In sehr weiten Grenzen sind hierbei die Gepflogenheiten, Erfahrungen, Einrichtungen usw. des Herstellers von Einfluß. Es sei nur z. B. daran erinnert, daß die Güte von Schweißungen und damit natürlich auch die Zulässigkeit ihrer Anwendung in weitesten Grenzen schwanken kann.

Bei Beurteilung und Bewertung einer „Konstruktion“ müssen hiernach die berührten Umstände stets in vollem Umfange berücksichtigt werden. Keine Konstruktion kann nämlich unabhängig von diesen Umständen als fehlerhaft oder fehlerfrei bezeichnet werden, es sei denn, daß es sich um ganz grobe Verstöße handle. Die Frage, ob unter diesen Umständen der Begriff des „Konstruktionsfehlers“ mit seiner weitgehenden Unsicherheit eine geeignete Grundlage für Vertrag und Urteil sein kann, sei an dieser Stelle nur angedeutet[3]).

Der Begriff der Ermüdung

In Fällen von Maschinenbrüchen begegnet man bei Sachverständigen-Gutachten vielfach der Wendung, der Schaden sei auf Ermüdung des Baustoffes zurückzuführen, diese aber sei eine Folge des Betriebs. Aus letzterem Grunde wird der Schadenersatzanspruch gegen den Lieferer abgelehnt. Bei genauer technischer und juristischer Betrachtung liegen auch hier die Dinge sehr verwickelt. Die Belastung, unter der der Bruch eines Maschinenteils usw. erfolgt, ist nämlich auch für einen und denselben Werkstoff keine feststehende Größe, sondern davon abhängig, ob, wie oft und in welchen Grenzen die Beanspruchung wechselt. Zur Verdeutlichung sei Abb. 1 angeführt. Sie bezieht sich auf ein Kesselblech, für das sich bei stetiger Steigerung der Beanspruchung ergaben:

Streckgrenze rd.	2100 kg/cm²
Zugfestigkeit rd.	3570 „
Bruchdehnung (Zähigkeitsmaß)	29 vH

Mit Stäben aus diesem Blech wurden Biegeversuche angestellt, bei denen die Beanspruchung dauernd wechselte. Betrug auf Grund der üblichen Rechnung die höchste Beanspruchung ± 3248 kg/cm², so war 7900malige Wiederholung des Kraftwechsels nötig, um den Bruch zu erzeugen. Eine Beanspruchung von 2835 kg/cm² mußte schon 19 400 mal wiederholt werden, um Bruch zu bewirken. Eine rechnungsmäßig größte Spannung von 2436 kg/cm² konnte die Probe 113 000 mal ertragen.

[3]) Dabei ist im Auge zu behalten, daß der Inhalt der folgenden Darlegungen z. T. an dieser Stelle schon heranzuziehen gewesen wäre, z. B. hinsichtlich der Frage, ob ein Konstruktionsfehler vorliege, weil die auftretende Beanspruchung das zulässige Maß überschreitet usw.

Die Belastung an der Streckgrenze führt nach rd. 390 000 Wiederholungen zum Bruch. Soll der Lastwechsel wenigstens 5,38 millionenmal ertragen werden, so darf die Rechnung nicht mehr als 1773 kg/cm² Belastung liefern. Damit in absehbarer Zeit überhaupt kein Bruch zustandekommt, muß die Beanspruchung weniger als 1472 kg/cm² betragen.

Umgekehrt kann auch abgelesen werden, daß der Bruch nach 2,89 Millionen Lastwechseln erfolgt, wenn die rechnungsmäßige Höchstspannung 1945 kg/cm² beträgt.

Hierdurch bestätigt sich die bekannte Erfahrung, daß z. B. ein Draht, der so zäh ist, daß er beim ersten Biegen nicht bricht, durch ausreichend häufiges Hin- und Herbiegen zerstört werden kann. Aus Abb. 1 folgt, daß bei jeder hohen Beanspruchung, wobei die Höhe von Baustoff und Art der Beanspruchung, insbesondere von der Art, wie der Lastwechsel stattfindet, von den oberen und unteren Grenzen der Beanspruchung abhängt, die Widerstandfähigkeit bei einer gewissen Lastwechselzahl erschöpft ist. Ebenso scheint für jeden Fall eine Grenzbeanspruchung (Asymptote der Linie) zu bestehen, für die der Bruch erst nach sehr hoher Zahl von Wiederholungen erfolgt.

Daß für diesen Vorgang die Bezeichnung der „Ermüdung" unglücklich gewählt ist (sie stammt aus dem Ausland[4]), leuchtet ein, ganz abgesehen davon, daß häufig die trügerische Hoffnung besteht und vertreten wird, der Baustoff werde sich durch Ruhe wieder erholen. In Wirklichkeit handelt es sich ganz einfach darum, daß im Betrieb, d. h. bei der bestimmungsmäßigen Verwendung des Gegenstandes die Beanspruchung größer war, als die, welche gemäß Abb. 1 für die vorliegende Art der Inanspruchnahme so oft ohne Schaden ertragen werden konnte, wie bei der Art des Gegenstandes vom Käufer hätte erwartet werden dürfen. (Anders liegt der Fall, wenn ordnungswidrige Benutzung vorliegt.) Hieraus folgt auch, daß die Lebensdauer (anders ausgedrückt, die Zahl der Beanspruchungswechsel vor dem Unbrauchbarwerden) von der Art des Gegenstandes abhängt. Man kann billigerweise von einem Flugzeug und seinen Teilen nur weit geringere Lebensdauer verlangen, als von einem Dampfkessel oder seinen Teilen, von einer langsam laufenden Maschine mehr als von einer raschlaufenden usw.

Sehr bedenklich scheint die in Versicherungsverträgen übliche Festsetzung, wonach Schäden, die durch „den Betrieb" entstanden sind, von der Entschädigung ausgeschlossen werden. Denn eine Maschine, die nicht in Betrieb genommen wird, kann, von ganz seltenen Ausnahmefällen abgesehen, keinen Schaden erfahren[5]). Vielmehr scheint es richtig, die Fälle auszuschalten, wo *unsachgemäß* geführter Betrieb den Schaden verursacht hat. In gleichem Sinne hat (vergl. Abb. 1) an Stelle der falschen Bezeichnung „Ermüdung" die Bezeichnung „*Überanstrengung*" zu treten.

Der Begriff der zulässigen Beanspruchung

Daß die zulässige Beanspruchung auch für einen gegebenen Baustoff keine unabhängige Größe ist, ergibt sich schon daraus, daß nachgewiesen wurde, daß die Höhe der zulässigen Beanspruchung von der verlangten Lebensdauer abhängt. Im Maschinenbau haben sich daher, weil die Verhältnisse so verwickelt sind, für gewisse Konstruktionsteile und Baustoffe übliche Werte der zugelassenen Beanspruchung herausgebildet, damit dem Konstrukteur wenigstens ein Anhalt gegeben werde. Für mittlere Verhältnisse, und für diese sind diese Werte aufgestellt, können die Werte als dem „Stande der Wissenschaft und Technik" entsprechend angesehen werden; ebenso sind behördliche Vorschriften usw. zu bewerten.

Leider ist die Frage, ob es sich in einem gegebenen Fall um mittlere Verhältnisse handelt, manchmal recht schwer zu entscheiden. Die zulässige Beanspruchung wird nämlich auch weitgehend beeinflußt durch die Behandlung des Baustoffs im Laufe der Herstellungszeit, und zwar nach der günstigen, wie nach der ungünstigen Seite hin, ferner in sehr weitgehendem Maß bedingt durch die Herstellung und Form der einzelnen Teile. Daß in diesem Sinne durch ungeeignete Bearbeitung auch die Form zum Konstruktionsfehler führen kann, wurde oben erwähnt.

In gleicher Weise ist aber auch das für die Berechnung der Beanspruchung gewählte Verfahren von Einfluß. Seit vielen Jahren ist z. B. bekannt, daß im Grunde scharfer Kerben, Gewinde, Absätze an verschieden dicken Wellen usw. viel höhere Beanspruchungen eintreten, als die übliche Berechnungsart ergibt. Deshalb vermeiden vorsichtige Konstrukteure solche Ecken. Ist dies nicht möglich, so wählen sie die zugelassene Beanspruchung entsprechend kleiner, z. B. mit ⅓ derjenigen Beanspruchung, die ohne solche Ecken als üblich bezeichnet wird.

In einer solchen scharfen Ecke trete z. B. eine dreimal so hohe Beanspruchung als sonst auf. Betrug, um beim Beispiel zu bleiben, die übliche Beanspruchung 1000 kg/cm², so wird nach Abb. 1 (diese als hierher passend vorausgesetzt) bei der Abszisse $3 \times 1000 =$ 3000 kg/cm² eine Zerstörung des Konstruktionsteils nach rd. 14 000 Lastwechseln zu erwarten sein. Ganz ähnlich liegen die Dinge, wenn z. B. bei einem Kesselboden der Krempenhalbmesser klein gewählt worden ist. Infolge der scharfen Krümmung treten dann örtlich, etwa in der Mitte der Krempe, viel höhere Beanspruchungen auf als vielfach erwartet wird. Die Folge ist dann geringere Lebensdauer usw., wie oben besprochen.

Verschärft werden solche Fälle durch Preßfehler u. dergl.[6]). Selbstverständlich erfolgt der Bruch erst nach einiger Betriebzeit, d. h. nachdem durch ausreichend häufige Schwankungen von Temperatur und Druck Formänderungen im Kesselboden und in den anderen Kesselteilen eingetreten und dadurch Beanspruchungen aufgetreten sind, die man nach Abb. 1 zu beurteilen hat. Zu erwägen wäre vorwiegend die Frage, welche Betriebsdauer ohne Schaden man verlangen soll, und die Stellung dieser Frage läßt, wenn keine Vereinbarungen vorliegen, in Streitfällen in der Regel den Weg des Vergleichs als den einzig möglichen erscheinen. Daß aber mit Bezug auf den Betrieb des Kessels und die Baustoffermüdung keine befriedigende Lösung des Streitfalls möglich ist, wie meist erwartet wird, folgt aus dem Vorstehenden.

Anders liegen die Verhältnisse, wenn z. B. beim Betrieb des Kessels *außer*gewöhnlich große Temperatur- und Druckschwankungen und infolgedessen außergewöhnlich große Beanspruchungen auftraten. Dann aber wäre der *unsachgemäß* geführte Betrieb, nicht der Betrieb als solcher die Ursache des Schadens.

Nicht selten wird die Frage erörtert, ob ein Versicherungsfall zur Entschädigung führe, wenn bei Abschluß des Versicherungsvertrags die Erklärungen und Anschauungen, die erst später beim Schadenfall als maßgebend erkannt worden sind, nicht bekannt waren oder wenn ein Schaden eintritt, an den man beim Vertragsabschluß nicht gedacht hatte. Hierzu ist zu bemerken, daß der Versicherungsnehmer Schäden, die er voraussieht, zum eigenen Vorteil rechtzeitig abhelfen wird, und daß er die Versicherung gerade für unvorhergesehene Fälle abschließt; für Straffälle ist das Erforderliche bereits bemerkt.

Im Vorstehenden sind zunächst drei Gegenstände behandelt, die in sehr vielen Streitfällen für die Entscheidung von ausschlaggebender Bedeutung sind. Die Verfasser hoffen damit, fehlende Unterlagen für die sachliche Entscheidung von Streitfällen zur Verfügung gestellt und Möglichkeiten zur Verhütung von Streitfällen angedeutet zu haben. Jede Vermeidung von unnötiger Arbeit und Verärgerung bedeutet einen Beitrag zum wirtschaftlichen Aufbau. [B 726]

[4]) Zeitschrift des Bayerischen Revisionsvereins 1924 Nr. 8.

[5]) Glasharte Stahlteile, Stücke mit Gußspannungen, zu hart gezogene Messingteile usw. können allerdings durch Zeit und Witterung gesprengt werden, stillstehende Maschinen können verrosten, zerfrieren usw.; doch sollen diese Fälle nicht gemeint sein.

[6]) Vergl. Abb. 10 des in der Zeitschrift „Die Wärme" (Nr. 32 d. J.) erschienenen Vortrages „Kesselschäden und ihre Ursachen". Nach Obering. E. *Höhn*, Zürich, sind innerhalb 4 bis 6 Jahren in wenigen Ländern des europäischen Kontinents weit über 300 Kesselböden wegen angebrochener Krempen auszuwechseln gewesen!



Weltkraftkonferenz Basel 1926

Wirtschaftliche Beziehungen zwischen hydraulisch erzeugbarer und thermisch erzeugbarer elektrischer Energie[1])

Abteilung C der Tagung

Das Thema Wasser- und Wärmeenergie mag bei manchem zunächst den Gedanken des Wettbewerbes dieser beiden Arten der Elektrizitätserzeugung wachrufen. Der Ausschuß der Weltkraftkonferenz hat sich jedoch nicht von diesem Gesichtspunkt leiten lassen, als er die Frage der wirtschaftlichen Beziehungen zwischen den beiden Erzeugungsarten elektrischer Energie gestellt hat. Er hat die Zweckmäßigkeit des Zusammenwirkens beider Verfahren ins Auge gefaßt, indem er den Berichterstattern der einzelnen Staaten zur Aufgabe gemacht hat, die Bedingungen zu untersuchen, unter denen beide mit Vorteil nebeneinander bestehen können. Ohne in Abrede zu stellen, daß Wasserkräfte und Wärmeenergie gegenseitig in Wettbewerb treten können, ist jedenfalls die „Zusammenarbeit richtiger und fruchtbringender.

Berichte der einzelnen Staaten

Im amerikanischen Bericht geben Mitchell und Gallabee einen Überblick über die Bedingungen, unter denen beide Erzeugungsarten in gewissen Gebieten der Vereinigten Staaten, insbesondere in dem an Naturschätzen, Wasserkräften, Kohlen, Eisenerzen reichen Staat Alabama vorteilhaft zusammenarbeiten können. Die wirtschaftlichen Beziehungen zwischen beiden Energieerzeugungsarten sind jedoch von so verschiedenen Umständen und Punkten abhängig, daß allgemein gültige Regeln nicht aufgestellt werden können. Jeder Fall muß für sich geprüft werden. Für das von den Berichterstattern eingehend untersuchte Gebiet scheint die beste Lösung darin zu liegen, daß der Ausbau der Wasserkräfte möglichst gefördert und durch die Errichtung von Dampfkraftwerken auf den Gruben oder an den Hauptplätzen für Kohlenverladung ergänzt wird.

Der von Krieger, Marx und Thoma unter Vorsitz v. Millers ausgearbeitete deutsche Bericht stellt zunächst die genauen Kosten der Wärmeenergie, je nach der Größe der Anlage und vor allem abhängig von der Benutzungsdauer fest und erörtert dann die allgemeinen Verhältnisse der Erzeugung hydraulischer Energie. Die Ergebnisse werden am Bayernwerk überprüft, bei dem die verschiedenen Erzeugungsarten miteinander vereinigt sind, und zwar bestehende oder auszubauende thermische Anlagen, die Laufkraftwerke der mittleren Isar mit Tagesspeicherung und das Walchensee-Kraftwerk mit Jahresspeicherung. Der Leistungsbedarf soll wie folgt gedeckt werden: Die Grundbelastung von 100 000 kW durch Laufkraftwerke mit Tagesspeicherung, die folgenden 100 000 bis 150 000 kW mit 14 bis 16 h täglicher Benutzungsdauer durch Dampfanlagen und schließlich die 50 000 kW Spitzenleistung mit nur 7 h täglicher Benutzungsdauer durch Jahresspeicherung. Ein Vorzug des deutschen Berichtes ist, daß an einem bedeutenden Schulbeispiel gezeigt wird, wie durch planmäßiges Zusammenarbeiten verschiedener Energiequellen deren wirtschaftlichste Ausnutzung erreicht wird.

Beachtenswert ist das von den Berichterstattern angewandte Verfahren zum Vergleich von veränderlicher Wasserkraft mit Wärmekraft. Es wird davon ausgegangen, daß der Wert der Energie in zwei Glieder zerlegt werden kann: den Leistungspreis für die vom liefernden Werk jederzeit zur Verfügung gehaltene Leistung und den Arbeitspreis für jede wirklich gelieferte Kilowattstunde. Diese Preise werden von dem allgemeinen Verteilunternehmen den Wärme- oder Wasserkraftwerken bezahlt, die ihm Arbeit liefern. Dabei kann der Arbeitspreis (für 1 kWh) aus gleichmäßiger Wasserkraft den Preis nicht übersteigen, der einer Wärmekraftanlage für etwa mehr gelieferte Arbeitseinheiten zu entrichten wäre. Durch dies Verfahren können die Verfasser leicht den Nachweis erbringen, bis zu welcher eingebauten Leistung ein Laufkraftwerk ausgebaut werden kann, um noch wirtschaftlich zu sein.

Der österreichische Bericht Hofbauers behandelt den Energiewirtschaftsplan der Steiermark, der eine Zusammenarbeit von Wasserkraft- und Wärmekraftwerken vorsieht. Laufwerke, Speicherwerke, Dampfwerke und mit Hochofengasen betriebene Werke sollen den Energiebedarf eines ziemlich ausgedehnten Gebietes decken, das die Versorgung von Städten, von Großindustrie, Eisenbahnen und landwirtschaftlichen Bezirken umfaßt.

Im belgischen Bericht stellt Lassalle einen Gütevergleich zwischen Wasserkraft und Wärmeenergie auf und kommt zu dem Ergebnis, daß die Wärmekraft wegen der ständigen Verfügbarkeit wertvoller sei. Die sehr geringen Wasserkräfte Belgiens, die Tarife für Arbeit aus Wärme- und Wasserkraft, die Mittel zur Regelung der Wasserführung der Flüsse und die Kupplung von Wärme- und Wasserkraftwerken werden besprochen. Bemerkenswert ist, daß Belgien, das reiche Kohlenvorräte hat, jedoch an Wasserkräften arm ist, dennoch sein Augenmerk auf die Ausnutzung der Wasserkräfte richtet.

Der französische Bericht von Arbelot bringt statistische Angaben über den heutigen Stand der Elektrizitätserzeugung aus Wärme- und Wasserkraftanlagen in Frankreich. Im Jahre 1923 wurden hier 3,4 Milliarden kWh aus Wasserkraft und 4 Milliarden kWh aus Wärmeenergie erzeugt. Die gleichzeitige Verwendung elektrischer Energie verschiedenartigster Herkunft in demselben Verbrauchsgebiet ist üblich geworden. Drei Punkte spielen für die wirtschaftlichen Beziehungen zwischen Wärme- und Wasserkraft eine ausschlaggebende Rolle: die jährliche Benutzungsdauer, der Geldzinsfuß und der Kohlenpreis.

Die Kupplung von Werken und Netzen ist in rascher Entwicklung begriffen, sie gleicht den Bedarf aus und bringt die Energiequellen zur Zusammenarbeit; diese Verkupplung wird durch die Umstellung ausgedehnter Bahnnetze auf elektrischen Betrieb gefördert; deren Übertragungsleitungen kommen auch der industriellen Entwicklung zugute.

Die wirtschaftliche Energieversorgung eines ausgedehnten Gebietes verlangt, daß Energiequellen verschiedenster Art und Eigenschaft herangezogen werden: Laufkraftwerke, wenn für einen genügenden Bruchteil ihrer Energieerzeugung der Absatz gesichert ist; Wärmekraftwerke für die Sicherstellung der Energieversorgung sowie zur Vorbereitung des Absatzes für künftige Wasserkraftwerke. Notwendig ist, daß die Energiequellen einander aushelfen.

Den schwedischen Bericht haben Enström und Ruths verfaßt. Enström berichtet über die Wasserkräfte seines Heimatlandes; die Brennstoffvorkommen sind spärlich. Die Benutzungsdauer der Wasserkraftwerke überschreitet 6000 h, dank der natürlichen Abflußregelung der Flüsse, des Energieaustausches zwischen den einzelnen Werken und endlich des Vorhandenseins von Abnehmern, deren Strombedarf den Erfordernissen angepaßt werden kann. Enström bespricht dann mehrere Beispiele von zusammenarbeitenden Wasser- und Dampfkraftwerken, sowie die Verwertung der bei gewissen Industrien, insbesondere den Zellstoff- und Papierfabriken, verfügbaren Wärmeenergie.

Ruths behandelt die Energiespeicherung nach dem von ihm erfundenen thermischen Verfahren[2]). Wenn auch das ursprüngliche Anwendungsgebiet des Ruths-Speichers die Fabriken umfaßte, die gleichzeitig mechanische Arbeit und Wärme brauchen, so ist das Verfahren inzwischen auch bei der Erzeugung elektrischer Energie aus Wasserkraft oder Brennstoffen eingeführt worden. Zwei schwedische Werke verwandten schon damals zur Spitzendeckung Ruths-Speicher, und neuerdings werden solche auch im großen Umfang in Deutschland aufgestellt.

Im jugoslawischen Bericht behandelt Prikril das in Jugoslawien bereits verwirklichte Beispiel des Zusammenwirkens der Wasserkraftanlage Faal an der Drau und der Wärmekraftanlage an der Kohlengrube Trifail und die geplante Ausdehnung der Anlagen.

Der Bericht der Schweiz setzt sich aus vier Einzelberichten von Büchi, Meyer, Neeser und Ehernsperger zusammen. Die Berichte enthalten die notwendigen Angaben, um die Bedingungen festzustellen, unter denen eine vorteilhafte Zusammenarbeit der verschiedenen Arten der Erzeugung elektrischer Energie möglich ist. Sie bringen die Berechnungsgrundlagen zur Ermittlung der Bau- und Betriebskosten der verschiedenen Kraftwerkgattungen in Abhängigkeit von der Größe der Anlage und namentlich auch der Benutzungsdauer. Man kann daher aus ihnen etwa folgendes Ergebnis ableiten:

In einem über reichliche und verschiedenartige Wasserkräfte verfügenden Lande bleiben diese naturgemäß dazu berufen, die Hauptquelle elektrischer Energie zu bilden. Hierbei kommt einer jeden Kraftanlage weniger die Versorgung eines bestimmten geographischen Gebietes zu, als vielmehr die Übernahme desjenigen Teiles des allgemeinen Belastungsdiagrammes, für den sie sich ihrer Natur nach am besten eignet. Man wird die in großen, leistungsfähigen Anlagen erzeugte Wärmeenergie heranziehen, um den Ausfall an Wasserkräften namentlich in den Wintermonaten zu decken, dies ganz besonders in Jahren außergewöhnlicher Trockenheit. Für die Wirtschaftlichkeit der Dampfenergieerzeugung ist ein möglichst gleichmäßiger Betrieb bei Tag

[1]) Unter Benutzung des Generalberichtes, erstattet von Dr. h. c. A. Nizzola, Ingenieur, Baden i. d. Schweiz. Teilberichte sind erschienen in Z. Bd. 71 (1927) S. 265, 359, 477, 895, der Generalbericht im Verlag Emil Birkhäuser & Cie., Basel; Preis 125 Schw. Fr.; den Vertrieb für Deutschland hat die VDI-Buchhandlung.

[2]) Z. Bd. 66 (1922) S. 509 u. f.



und bei Nacht von besonderer Wichtigkeit, während den Wasserkraft-Speicherwerken und den Dieselanlagen vorwiegend die Aufgabe zufällt, die Spitzen zu decken und als augenblickliche Aushilfe zu dienen.

Bemerkungen des Generalberichterstatters

Die Bedeutung der immer größere Ausdehnung gewinnenden Kupplung von Verbrauchsgebieten einerseits und Energieerzeugungsquellen anderseits mittels Höchstspannungsnetzen veranlaßt Nizzola, auf künftige Entwicklungsmöglichkeiten hinzuweisen, die berufen sind, der Frage der wirtschaftlichen Wechselbeziehungen zwischen Wärme- und Wasserkraft vielleicht noch ungeahnte Bedeutung zu verschaffen. Dieser Ausdehnung der Kupplungen stehen noch Schwierigkeiten betriebstechnischer Art entgegen, die man nicht unterschätzen darf[3]). Anzunehmen ist aber, daß diese Hindernisse zu überwinden sein werden, und daß die angedeutete Bewegung nicht stillstehen und auch vor den Landesgrenzen nicht Halt machen wird. Die sich hierbei eröffnenden Ausblicke mögen an einem Beispiel beleuchtet werden:

Italien, als Land mit starker Bevölkerungszunahme, geht notgedrungen einer zunehmenden Industrialisierung entgegen; ähnliche Verhältnisse haben z. B. Deutschland und die Schweiz zu Industriestaaten gemacht. Italien wird somit einen stets wachsenden Energiebedarf aufweisen, dem nur ein beschränkter Wasserkraftvorrat gegenübersteht. Dieser Vorrat reicht wohl noch für Jahre aus; er kann auch besser als bisher ausgebeutet werden, indem man durch große Dampfwerke, die bereits geplant und teilweise in Ausführung begriffen sind, den zeitweise vorkommenden Ausfall an Wasserkraft (in Süditalien im Sommer, in Norditalien im Winter) ergänzt. Stellt sich aber eines Tages für Italien die Notwendigkeit ein, die eigenen Wasserkräfte dauernd durch Wärmeenergie zu ergänzen, dann wird für das brennstoffarme Land die Frage zu entscheiden sein, wie diese Energie ins Land einzuführen ist: auf dem Schienen- und Wasserwege oder auf dem Drahtwege.

Handelt es sich um Jahreszeitenenergie, so ist die Beförderung des Brennstoffes billiger als die Fortleitung der elektrischen Energie, weil man die Leitungen schlecht ausnutzen würde. Handelt es sich aber um das ganze Jahr hindurch gebrauchten Strom, so ist die Frage nicht ohne weiteres zu beantworten. Rechnerisch stellt sich im allgemeinen der Schienenweg als vorteilhafter heraus, hingegen können Verhältnisse vorliegen, die den Drahtweg billiger erscheinen lassen. Solche Verhältnisse liegen vor, wenn die erforderlichen Leitungen nicht neu errichtet werden müssen, sondern schon vorhanden sind und andern Zwecken dienen. Die Rechnung wird dann zum Vorteil des Drahtweges entschieden, wenn erstens ein Brennstoff in Betracht kommt, der sehr billig, aber nicht beförderungsfähig ist, und zweitens, wenn die bestehenden Leitungen ganz oder teilweise zur Fortleitung elektrischer Energie in umgekehrter Richtung dienen; denn in diesem Falle bringt die ihnen zugedachte neue Aufgabe nicht eine Mehrbelastung, sondern eine Entlastung.

Für Italien kann das letztere Verhältnis eintreten. Als seine Brennstofflieferer kommen, soweit es die Steinkohle betrifft, hauptsächlich England und Belgien auf dem Wasserwege, Deutschland und Frankreich auf dem Schienenwege in Betracht. Diese letzteren Staaten verfügen auch über Brennstoffe, die viel billiger sind als die gute ausfuhrfähige Kohle, das sind die Kohlenabfälle in den Gruben und die Braunkohlen. An Ort und Stelle kann man aus diesen Brennstoffen elektrische Energie besonders billig erzeugen. Zwischen den betreffenden Erzeugungsstätten und den künftigen italienischen Verbrauchstellen liegen zwar sehr beträchtliche Entfernungen; es liegt außerdem ein fremdes Land, die Schweiz, dazwischen. Nach Ansicht Nizzolas wird aber die Entfernung kein unüberwindliches Hindernis bilden und die Gegenwart des dritten Staates auch nicht, sofern dafür gesorgt wird, daß auch dieser aus einem solchen Durchgangsverkehr Nutzen ziehen kann.

Die Hauptwasserkräfte der Schweiz gruppieren sich einerseits im Süden des Landes um den Alpenhalbkreis, anderseits im Norden des Landes vorwiegend an den großen Flüssen, Aare und Rhein. Der Hauptverbrauch liegt in der Mitte und im Norden. Ein stattliches Netz von Hochspannungsleitungen, Abb. 1, verbindet schon heute Erzeugungs- und Verbrauchstätten. Der Energiefluß ist darin vorwiegend von Süden nach Norden gerichtet, und da die Krafterzeugung der Schweiz den Verbrauch übersteigt, wird noch Energie nach Deutschland und Frankreich ausgeführt; also auch hier ein nordwärts gerichteter Energiefluß. Ähnlich verhält es sich mit den deutschen Rhein-

[3]) Vergl. Trüb, Schweiz. Bauz. Bd. 87 (1926) S. 160.

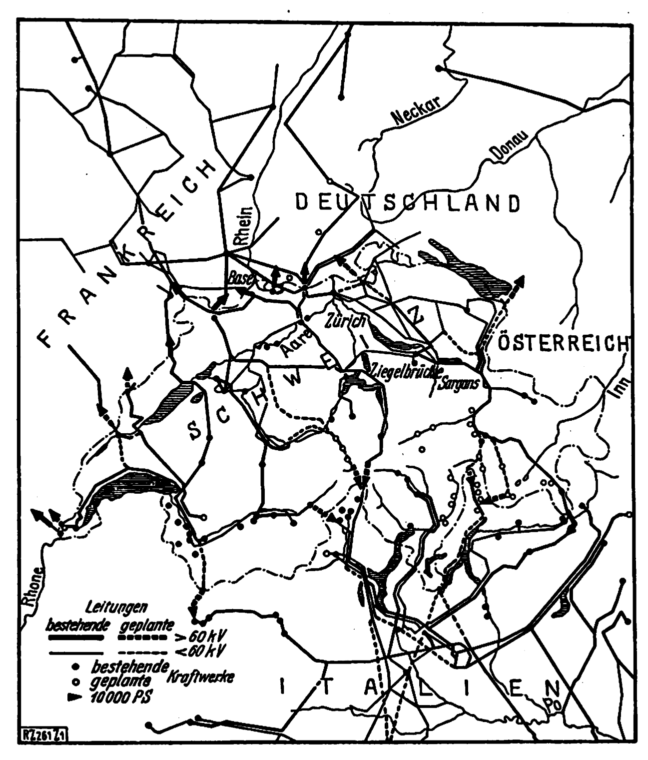


Abb. 1
Kraftanlagen und Energieübertragungsleitungen in der Schweiz

wasserkräften; ihre Energie fließt heute schon vom Rhein nordwärts nach dem Innern des Landes und wird es gezwungenermaßen auch in Zukunft tun.

Man ersieht hieraus, daß sich unter Benutzung vorhandener, andern Zwecken dienender Leitungen ein beträchtlicher Nord-Süd-Fluß von Energie bewerkstelligen ließe, der zum großen Teile die betreffenden Leitungen nicht belasten, sondern entlasten würde. Das praktische Ergebnis dieses Umstandes kommt einer bedeutenden Annäherung zwischen den billigen deutschen und französischen Wärmeenergiequellen und dem norditalienischen Verbrauchsgebiet gleich.

Wenn die heutigen Verhältnisse bereits eine solche Schlußfolgerung zulassen, so wird dies bei fortschreitendem Ausbau der noch brachliegenden schweizerischen Kräfte und der Rheinkräfte noch ausgesprochener der Fall sein. Man denke an die Bündner Kräfte. Dort harren noch mehr als ½ Mill. kW mit einer Jahreserzeugung von mehreren Milliarden Kilowattstunden des Ausbaues. Eine Verwendung an Ort und Stelle erscheint so gut wie ausgeschlossen; also müßte diese Energie, um in der Schweiz verwendet zu werden, den Weg nach Norden, zunächst den Rhein entlang, bis Sargans, dann über Ziegelbrücke gegen Zürich, Basel usw. machen. Man bedenke, daß man zum Fortleiten dieser Energie mindestens fünf neue große Stränge mit je sechs Leitern bauen müßte.

In Abb. 1 sind andeutungsweise mehrere vorhandene oder im Bau begriffene Leitungen hervorgehoben, die, mit kurzen Verbindungsstücken ergänzt, einem solchen internationalen Durchgangs-Energieverkehr leicht dienstbar gemacht werden können. Außer für die hier genannten Länder wäre auch für eine Reihe von andern Gebieten Ähnliches zu überlegen.

Schlußfolgerungen

Aus der Gesamtheit der eingelaufenen Berichte und aus den sich aus ihnen ergebenden Überlegungen können etwa folgende allgemeine Leitsätze für die wirtschaftlichen Beziehungen zwischen der Erzeugung elektrischer Energie aus Wärme- und aus Wasserkraft aufgestellt werden:

1. Ein wesentlicher Unterschied zwischen beiden Erzeugungsarten ergibt sich aus der ganz verschiedenen Gliederung ihrer Kosten. Die Wasserkraftwerke erfordern im allgemeinen wesentlich größere Anlagekosten als die Wärmekraftwerke, die dafür viel größere eigentliche Betriebskosten verursachen.

2. Infolgedessen überwiegen bei den Wasserkraftwerken die festen Lasten der Energieerzeugung, wie die Verzinsung, die Abschreibung, die Tilgung des Anlagekapitals, während die mit der Menge der erzeugten Arbeit wachsenden Lasten



eine kleinere Rolle spielen. Bei den Wärmekraftwerken verhält es sich umgekehrt; die Fälle mit ganz geringer Ausnutzungsdauer der Anlagen ausgenommen, übersteigen die eigentlichen Betriebskosten die festen Lasten.

3. In den Fällen, in denen die Möglichkeit vorliegt, ebenso die eine wie die andre Erzeugungsart anzuwenden, gilt folgendes:

a) Die Erzeugung aus Wasserkraft wird unwirtschaftlich erscheinen und daher ausscheiden, wenn die Energie bei jeder praktisch in Betracht kommenden Gebrauchsdauer teurer zu stehen kommt als bei Erzeugung aus Wärme. Im allgemeinen ist das aber nicht der Fall, wenigstens nicht in Gebieten, die über nicht allzuweit entfernte Wasserkräfte verfügen; vielmehr werden die Erzeugungskosten der Energie, sofern die Gebrauchsdauer höher liegt als ein bestimmter kritischer Wert, bei Wasserkrafterzeugung günstiger werden. Da der Bedarf eines Gebietes stets in zwei Teile zerlegt werden kann, von denen der eine eine längere, der andre eine kürzere Gebrauchsdauer hat als der kritische Wert, ist die Wirtschaftlichkeit des Zusammenarbeitens beider Erzeugungsarten gegeben.

b) Umgekehrt wird die thermische Erzeugung unwirtschaftlich erscheinen und daher im allgemeinen ausscheiden, wenn Wasserkräfte in genügendem Maße vorhanden sind, die bei der durch den Verbrauch gegebenen Benutzungsdauer und Ausnutzungsmöglichkeit die Energie billiger zu erzeugen gestatten als jedes Wärmekraftwerk. Solche Verhältnisse kommen selten vor, in der Hauptsache nur für wenige mit außerordentlich günstigen Wasserkräften versehene Gebiete (vergl. 5). In solchen Fällen kommt Wärmekraft nur noch als Aushilfe in Betracht oder etwa dann, wenn die Notwendigkeit, die Anlagekosten einzuschränken, den Vorzug eines billigen Betriebes überwiegt.

4. Die Wärmekraftwerke haben im allgemeinen den Vorzug der leichteren Anpaßfähigkeit an die Bedürfnisse des Verbrauchs. Die Wasserkraftwerke sind dagegen vom Wasserabfluß abhängig, der veränderlich ist und einen Verlauf aufweist, der von demjenigen des ebenfalls veränderlichen Energieverbrauchs verschieden ist. In einzelnen Fällen ist es innerhalb wirtschaftlicher Grenzen möglich, die Wasserkraft durch Stauen oder Pumpen dem Bedarf anzupassen, doch sind diese Möglichkeiten begrenzt, und es ist z. B. nicht denkbar, daß auf diese Weise der größere Teil der in den Alpen verfügbaren Wasserkraft in Übereinstimmung mit dem Verlauf des Verbrauches gebracht wird.

5. Aus dem vorstehend Gesagten ergibt sich, daß die Versorgung eines bestimmten Verbrauchsgebietes ausschließlich aus Wasserkraftwerken im allgemeinen zu unvermeidlichen Verlusten durch unbenutzt abfließendes Wasser führt. Aus dieser Eigentümlichkeit der Wasserkraftwerke erhellt am besten der große Nutzen, der aus einer Kupplung der beiden Erzeugungsarten im allgemeinen erwachsen kann. Je größer der Gewinn an sonst verlorengehender Wasserenergie durch eine solche Kupplung wird, desto größer der Spielraum, der für die Wärmeenergie übrigbleibt, bis die zulässige Grenze ihrer Erzeugungskosten erreicht ist.

6. Aus Leitsatz 4 folgt auch, daß, allgemein gesprochen und wenn größere Verhältnisse ins Auge gefaßt werden, bei der Kupplung von Energieerzeugung aus Wasserkraft und aus Wärme, der Energieerzeugung aus Wärme die Aufgabe zufällt, die Energieerzeugung aus Wasserkraft zu ergänzen und nicht etwa umgekehrt.

7. Eine Frage für sich bildet bei gemischter Energieerzeugung die Vorausbestimmung der noch zulässigen Ausbaugröße der Wasserkraftwerke, d. h. die Ermittlung der Grenzen, bis zu denen die Ausnutzung nicht beständiger Wasserabflüsse wirtschaftlich noch getrieben werden kann. Über diese Grenzen führen einige Berichterstatter Beispiele an.

8. Unter allen Umständen kommen die großen Überlandverbindungsleitungen den wirtschaftlichen Wechselbeziehungen zwischen Wärme- und Wasserenergie sehr zustatten. Diese Verbindungen erfüllen die doppelte Aufgabe, sowohl die Verbrauchs- als auch die Erzeugungseigentümlichkeiten ausgedehnter Gebiete zu vermischen. Aus den wechselnden Ansprüchen des Verbrauches, wie sie in einzelnen beschränkten Teilen des Gebietes entstehen, ergibt sich dadurch ein Durchschnittsverbrauch, dessen Verlauf viel stetiger wird; aus den wechselnden Erzeugungsmöglichkeiten bildet sich eine Durchschnittserzeugung. Die Wirtschaftlichkeit einer solchen Ausdehnung der Überlandverbindungsleitungen, der allerdings auch Grenzen gezogen sind, springt in die Augen: Herabsetzung des Verhältnisses der in den Kraftwerken aufzustellenden Maschinenleistung zur Summe der bei den einzelnen Abnehmern auftretenden Einzelleistungen, womit auch eine die Erzeugungskosten weiter verbilligende Verlängerung der Ausnutzungsdauer der Kraftwerkanlagen verbunden ist.

9. Beim Kuppeln von verschiedenen Wasser- und Wärmeenergiequellen wird die Einfügung der Erzeugung jeder einzelnen Quelle in das Verbrauchsnetz sich im allgemeinen leicht von selbst ergeben. Man wird danach streben, Laufkraftwerke und Abfallwärme-Kraftwerke restlos auszunutzen, d. h. unten in dem Verbrauchsdiagramm unterzubringen; Wasserkraftwerke mit Tagesspeicherung sind ebenfalls täglich restlos auszunutzen, aber im Verbrauchsdiagramm werden sie die Spitze decken. Die Wasserkraftwerke mit Jahresspeicherung werden zur Deckung von Verbrauchspitzen sowie auch von Wassermangel herangezogen; der Grad der Ausnutzung wird auf Grund eines von vornherein aufgestellten Planes, aber noch in Anpassung an die jeweils eintretenden Witterungsverhältnisse erfolgen.

Von den übrigen Wärmekraftwerken wird man erwarten, daß sie den Fehlbetrag im Verbrauchsdiagramm decken, wobei die Dampfwerke vorzugsweise eine gleichmäßige Belastung, wenn möglich im Tag- und Nachtbetrieb, erhalten, während Dieselwerke die Spitzen zu decken haben werden.

10. Ein Umstand sei noch erwähnt, der von mehreren Berichten behandelt wird: die größeren technischen und wirtschaftlichen Verbesserungsmöglichkeiten der thermischen Energieerzeugung in der Zukunft. Es ist sowohl damit zu rechnen, daß der Wirkungsgrad, mit dem die von der Natur dargebotene Wärmeenergie in elektrische Arbeit umgesetzt wird, viel verbesserungsfähiger ist als der aus Wasserkraft, ferner auch damit, daß die nur mittelbar mit dem Wirkungsgrad zusammenhängenden Kosten des Erzeugungsverfahrens sich bei der thermischen Erzeugung in weit stärkerem Verhältnis werden herabsetzen lassen als bei der Wasserkraft; namentlich scheint es aussichtsvoll, ausgehend von den Brennstoffen, gleichzeitig chemische Erzeugnisse und elektrische Arbeit zu gewinnen und überdies die bei den heutigen thermischen Energieerzeugungsverfahren als Abfallerzeugnis freiwerdende Wärme auszunutzen. Demgegenüber hat die Wasserkraft offensichtlich keine großen Verbilligungen der Erzeugungskosten zu erwarten, mit Ausnahme derjenigen, die von der fortschreitenden Tilgung des ursprünglichen Anlagekapitals herrührt. Dagegen dürfte in den meisten Ländern die Verbilligung des Kapitals (Fallen der im allgemeinen heute ungewöhnlich hohen Zinssätze) mit der Zeit sich zugunsten der Wasserkräfte auswirken.

Diese Sachlage ist geeignet, diejenigen Länder, die noch über unausgenutzte Wasserkräfte verfügen, zu veranlassen, diese möglichst bald auszubauen, solange neue Wasserkraftwerke noch wettbewerbfähig erscheinen. Durch die normale und fortschreitende Abschreibung wird es möglich sein, sie auch in Zukunft wettbewerbfähig zu erhalten, zumal zu erwarten ist, daß die Brennstoffgewinnung, sei es durch die allmähliche Erschöpfung der günstigen Vorkommen, sei es durch die Erhöhung der Löhne, einer Verteuerung entgegengeht.

11. Die Verbindungsleitungen werden nicht vor den Landesgrenzen Halt machen; ihre stets zunehmende Ausdehnung wird dazu führen, daß der Austausch elektrischer Energie zwischen Nachbarländern an Bedeutung zunimmt. Hierbei können sich Verhältnisse einstellen, bei denen auch recht große Entfernungen mit Leichtigkeit überwunden werden können, wenn dazwischen Leitungen bestehen, die schon zu Energieübertragungen in umgekehrter Richtung benutzt werden. Auch Energielieferungen zwischen nicht angrenzenden Ländern liegen im Bereich der wirtschaftlichen Möglichkeit, zumal wenn dazwischenliegende fremde Gebiete mit ihrer eigenen Erzeugung sich zum Energieaustausch eignen. So erweitern sich die Kreise der wirtschaftlichen Wechselbeziehungen zwischen Wärme- und Wasserkraft ganz wesentlich und eröffnen einen äußerst beachtenswerten Ausblick für die Zukunft. [M 261]

München D. Thoma



Neuere Anschauungen über Zünd- und Verbrennungsvorgänge in Dieselmotoren

Von Dr.-Ing. Fr. Sass, AEG, Berlin.

Beweise dafür, daß weder eine Vergasung noch eine Verdampfung des eingespritzten Treiböles vor der Zündung stattfindet; auch die Wasserstoffzahl ist bedeutungslos. Dagegen ist die Kenntnis der Lage des Zündpunktes unter Berücksichtigung des Zündverzuges wichtig. Nach Eintritt der Zündung spielt sich die Verbrennung in einer Reihe von „Mechanismen" ab, von denen heute wenigstens die Endglieder bekannt sind.

Es ist merkwürdig, daß man sich mit dem Dieselmotor etwa dreißig Jahre lang beschäftigt und ihn zu verhältnismäßig großer technischer Vollkommenheit gebracht hat, ohne sich von den Vorgängen im Verbrennungsraum eine auch nur annähernd richtige Vorstellung zu machen. Man war überzeugt, daß der Brennstoff, also das Gasöl oder Teeröl, nach seiner Einführung in den Verbrennungsraum, aber vor seiner Entzündung, eine eigentümliche Verwandlung durchmachen müsse; man glaubte, daß sich alle Brennstoffteilchen, die im Augenblick des Einspritzens noch flüssig sind, vor der Zündung in Ölgase verwandeln müssen und daß keine Zündung und Verbrennung möglich sei, bevor nicht diese Vergasung bei jedem einzelnen Tröpfchen restlos durchgeführt sei. Diesel selbst lebte in dieser Vorstellung; 1912[1]) bezeichnete er als zweiten seiner „Grundgedanken" das „allmähliche Einführen von fein verteiltem Brennstoff unter Verbrennung desselben in diese hoch erhitzte und verdichtete Luft unter gleichzeitiger Arbeitsleistung derselben auf den ausschiebenden Kolben" und sagte dann weiter:

> „Da ein Brennstoff nur brennen kann, wenn er zuvor vergast ist, so war für alle nicht gasförmigen Brennstoffe die unmittelbare Folge aus diesem zweiten Grundgedanken: 3. allmähliche Vergasung des Brennstoffes im Arbeitszylinder selbst, jeweils nur in geringsten Mengen auf einmal, für jeden Hub des Kolbens besonders unter Entnahme der Vergasungswärme aus dem Arbeitsprozeß selbst, mit andern Worten: die Ausbildung des Vergasungsprozesses zu einem Teil des Arbeitsprozesses im Arbeitszylinder."

Auch an vielen andern Stellen sprach Diesel von der notwendigen Vergasung des Brennstoffes. In seinem Buch[2]) bezeichnete er als eines der „grundlegenden Gesetze des Dieselmotorbaues" die

> „Einblasung des Brennstoffes mit hochgespannter, aber gekühlter und gereinigter Luft, nicht nur wegen der innigen Mischung, sondern besonders auch zum Zweck der Vergasung, die dadurch entsteht, daß zahlreiche Brennstoffpartikel in der ganzen Masse der Verbrennungsluft zuerst vergasen, dann in Brand geraten, und dadurch die zur Vergasung des Brennstoffes nötige Wärme entwickeln, zu welcher die Kompressionswärme allein nicht ausreicht."

Es ist nicht sicher, ob dies von vornherein Diesels Anschauung war, oder ob er durch die 1907/08 erschienene Arbeit von P. Rieppel[3]) beeinflußt worden ist. Rieppel war der erste, der nach einer wissenschaftlichen Erklärung dafür suchte, daß sich aliphatische Gasöle und aromatische Steinkohlenteeröle in der Dieselmaschine ganz verschieden verhalten. Er glaubte auf Grund von Beobachtungen an der laufenden Maschine, die mit Gasölen und Steinkohlenteerölen sowie mit Mischungen beider betrieben wurde, und auf Grund von Bombenversuchen diese Erklärung darin zu finden, daß die verwendbaren Öle schon bei geringer Wärmezufuhr Ölgas bilden, während die schwerer verbrennlichen Öle größerer Wärmezufuhr oder längerer Zeit zur Ölgasbildung bedürfen.

Auch die aus der Elementaranalyse ermittelte Wasserstoffzahl des Brennstoffes, d. i. das Molekularverhältnis von Wasserstoff zu Kohlenstoff, sollte nach Rieppel von entscheidender Bedeutung sein, weil es in erster Linie der Wasserstoff sei, der sich bei den brauchbaren Ölen

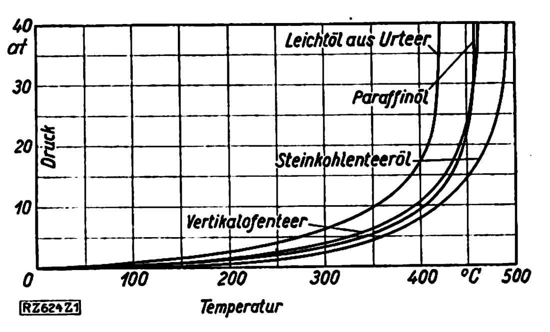


Abb. 1
Druck-Temperatur-Linien von Treibölen nach Wollers und Ehmcke

bereits nach verhältnismäßig geringer Wärmezufuhr abscheide und infolge seines niedrigen Zündpunktes — den Rieppel mit 500 °C zu niedrig ansetzte — die Selbstentzündung der übrigen Moleküle einleite. Dieser Bewertung der Treiböle nach der Wasserstoffzahl schloß sich auch Aufhäuser[4]) an, und bald darauf war die Meinung, daß sich das flüssige Treiböl im Verbrennungsraum der Ölmaschine vor der Entzündung unbedingt in Ölgas verwandelt haben müsse, allgemein verbreitet.

Eigentümlich bleibt hierbei, daß keiner sich die Frage vorgelegt zu haben scheint, ob in der außerordentlich kurzen Zeit zwischen Einspritzung und Zündung (die in der Regel nach wenigen Tausendsteln Sekunden zählt), die völlige Umwandlung des Treiböles in Ölgas überhaupt möglich ist.

Die Versuche von Wollers und Ehmcke

Auch heute ist man von der völligen Aufklärung der Vorgänge bei Zündung und Verbrennung noch ziemlich weit entfernt; wenn aber wenigstens der richtige Anfang gemacht zu sein scheint, so ist das vor allem der Arbeit von Wollers und Ehmcke[5]) zu verdanken, die auf Anregung des zu früh verstorbenen Dr.-Ing. Alt zunächst unternommen wurde, um die Verwendbarkeit von Steinkohlenteerölen im Dieselmotor zu erforschen. Dabei ergaben sich überzeugende Beweisgründe gegen die Möglichkeit einer Ölgasbildung in der Dieselmaschine, die inzwischen durch weitere Beobachtungen an der laufenden Maschine erhärtet worden sind.

Wollers und Ehmcke untersuchten vier durch ihr verschiedenes Verhalten im Dieselmotor gekennzeichnete Treiböle, nämlich Leichtöl aus Urteer, Paraffinöl, Vertikalofenteer und Steinkohlenteeröl, in einer elektrisch geheizten Bombe und analysierten die bei vier verschiedenen Drücken erhaltenen Gasgemische. Hierbei zeigte sich, daß die durch Versuch ermittelte Abhängigkeit der Dampfdrücke von der Temperatur, Abb. 1, und von der Dauer der Vergasung, Abb. 2, nicht so verschieden war, wie man beim Verhalten der Treiböle im Dieselmotor erwarten müßte. In Abb. 1 deckt sich z. B. die Linie des bekanntlich leicht verbrennenden Paraffinöls ziemlich genau mit der Linie des schwer brennbaren Vertikalofenteers und liegt mitten zwischen den Linien des für Dieselmotoren im allgemeinen ungeeigneten Leichtöles aus Urteer und des Steinkohlenteeröls. Abb. 2 ist ebensowenig

[1]) Die Entstehung des Dieselmotors, Jahrb. der Schiffbaut. Gesellsch. Bd. 14 (1913) S. 269.
[2]) Berlin 1913, S. 150.
[3]) Versuche über die Verwendung von Teerölen zum Betrieb des Dieselmotors, Forschungsarb. Heft 55, Berlin 1908; Z. Bd. 51 (1907) S. 613.
[4]) Die Treibmittel des Dieselmotors mit besonderer Berücksichtigung der Seeschiffahrt, Jahrb. der Schiffbaut. Gesellsch. Bd. 14 (1913) S. 368.
[5]) Der Vergasungsvorgang der Treibmittel, die Ölgasbildung und das Verhalten der Oeldämpfe und Oelgase bei der Verbrennung im Dieselmotor, Kruppsche Monatshefte Bd. 2 (1921) S. 1.

Zahlentafel 1
Aufspaltung von Treibölen in gas- und dampfförmige Anteile nach Wollers und Ehmcke

	Leichtöl aus Urteer			Paraffinöl			Steinkohlenteeröl			Vertikalofenteer		
Sättigungsdruck . . . . at	40	27,5	13	42	35	28	40	34	28	41	28	13
Sättigungstemperatur . . . . °C	419	418	369	459	455	441	495	494	474	464	445	413
Dampf-Gas-Gemisch: Gas-Anteil . . . vH	54	19	8	69	56	54	93	84	75	86	75	12
Dampf-Anteil . „	46	81	92	31	44	46	7	16	25	14	25	88

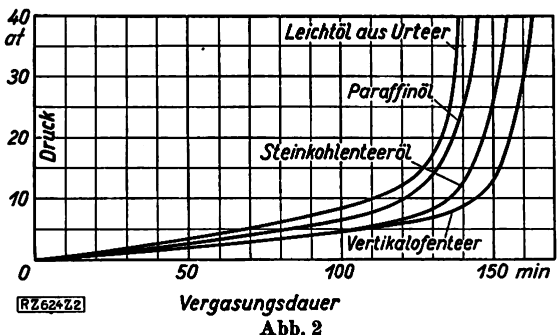


Abb. 2
Druck-Zeit-Linien von Treibölen nach Wollers und Ehmcke

gesetzmäßig, denn die Linie des gut brauchbaren Paraffinöles liegt zwischen dem weit schlechter verwendbaren Leichtöl aus Urteer und dem Steinkohlenteeröl.

Bei einer weiteren Versuchsreihe wurden durch plötzliches Abkühlen der Bombe die gebildeten Öldämpfe kondensiert und durch Messung des Teildruckes der übrigbleibenden Ölgase die verhältnismäßigen Raumanteile von Öldämpfen und Ölgasen ermittelt. Auch hier widersprach das Ergebnis, Zahlentafel 1, durchaus der bis dahin allgemein gültigen Ansicht, daß Vergasung des Brennstoffes vor der Zündung notwendig sei; gerade die schwer verbrennlichen Öle, das Steinkohlenteeröl und der Vertikalofenteer, ergaben bei gleichen Drücken eine wesentlich größere Ölgasausbeute als das aliphatische Paraffinöl (z. B. 93 und 86 vH gegenüber 69 vH beim Paraffinöl), und nur bei dem aromatischen Leichtöl aus Urteer war der gasförmige Anteil des Dampfgasgemisches verhältnismäßig gering (54 vH). Auffallend war auch das Ergebnis der Gasanalysen, daß gerade das aromatische Steinkohlenteeröl eine reichliche Ausbeute an Wasserstoff liefert, während das aliphatische Paraffinöl in dieser Beziehung ganz zurücktritt. Das ist das gerade Gegenteil von dem, was man sich bis dahin von dem Verhalten der Treiböle im Dieselzylinder vorgestellt hatte.

Noch überzeugender wird die Unrichtigkeit der älteren Anschauung durch die Ergebnisse der Zündversuche einmal an den Ölgasen aus den vier Treibölen, und dann an den flüssigen Treibölen bewiesen. Die Zündpunkte der Ölgase wurden im Dixon-Ofen, die der flüssigen Treiböle im Zündpunktprüfer nach Moore, beide Male im Sauerstoffstrom bei 1 at bestimmt, Zahlentafel 2. Überraschenderweise liegen die Zündpunkte der Ölgase viel höher als die der flüssigen, nicht vergasten Treiböle; zudem sind die Zündtemperaturen der in der Bombe erzeugten Ölgase praktisch alle gleich hoch und lassen nichts von den Unterschieden erkennen, welche die Öle im Dieselmotor zeigen. Die Zündpunkte der flüssigen Treiböle dagegen, der Höhe nach geordnet, fügen sich genau in die gleiche Reihe ein, die ihre leichtere oder schwerere Verbrennlichkeit im Motor kennzeichnet.

Zahlentafel 2
Zündpunkte von Ölgasen und flüssigen Treibölen nach Wollers und Ehmcke

	Zündpunkte im Sauerstoffstrom bei 1 at: Ölgase °C	flüssige Treiböle °C
Paraffinöl	614 bis 655	240
Leichtöl aus Urteer . . .	615 „ 651	326
Steinkohlenteeröl	645	445
Vertikalofenteer	635 bis 661	468

Daß die Zündpunkte der Ölgase trotz ihrer verschiedenen Herkunft nahezu gleich hoch liegen, erklärt sich nach den gasanalytischen Untersuchungen von Wollers und Ehmcke ohne weiteres daraus, daß die Ölgasgemische alle die gleichen Bestandteile haben und sich nur in der Menge dieser Bestandteile unterscheiden. Hiernach ist es äußerst unwahrscheinlich, daß für die Entzündung der leicht entzündlichen flüssigen Treiböle erst der Umweg über die viel schwerer entzündlichen Ölgase notwendig ist.

Messung der Zündtemperatur in der Maschine

Einen weiteren Beweis dafür, daß im Verbrennungsraum der Ölmaschine vor der Zündung keine Vergasung des Treiböles stattfinden kann, ergibt die Messung der Zündtemperaturen in der Glühkopfmaschine, in der die Zündung natürlich ebenso wie im Dieselmotor verlaufen muß. Die Glühkopfmaschine eignet sich besonders gut zu solchen Beobachtungen, weil die Wandtemperatur eines Teiles des Verbrennungsraumes, nämlich des Glühkopfes, unmittelbar der Messung zugänglich ist. Bei einem AEG-Mitteldruckmotor neuer Bauart von 30 PS Zylinderleistung mit 15 bis 16 at Verdichtungsdruck und Zündung durch eine kleine Glühkuppel *a*, Abb. 3, die beim Anfahren mittels einer Patrone erwärmt wird, wurden die in Zahlentafel 3 angegebenen Temperaturen der Glühkuppel gemessen. Die Glühkuppel war an den Punkten 1 bis 3 bis dicht an die innere Oberfläche angebohrt, und in die Löcher von 5 mm Dmr. wurde ein Platin-Platinrhodium-Thermoelement eingeführt. Die Löcher 1 und 2 wurden zur besseren Wärmeübertragung mit flüssigem Zinn angefüllt. Meßstelle 2 liegt in der Nähe des Kernes des Brennstoffkegels von etwa 30° Spitzenwinkel, die Meßstellen 1 und 3 liegen mehr am Rande. Die Meßgenauigkeit des Thermoelements betrug nach Eichung ± 1 vH.

Bei ¾ Last ergaben sich entsprechend der mit der Belastung wechselnden Einspritzzeit die niedrigsten Temperaturen der Glühkuppel; sie betragen nur 270 bis 315°, liegen also um mehr als 100° unter dem Zündpunkt von

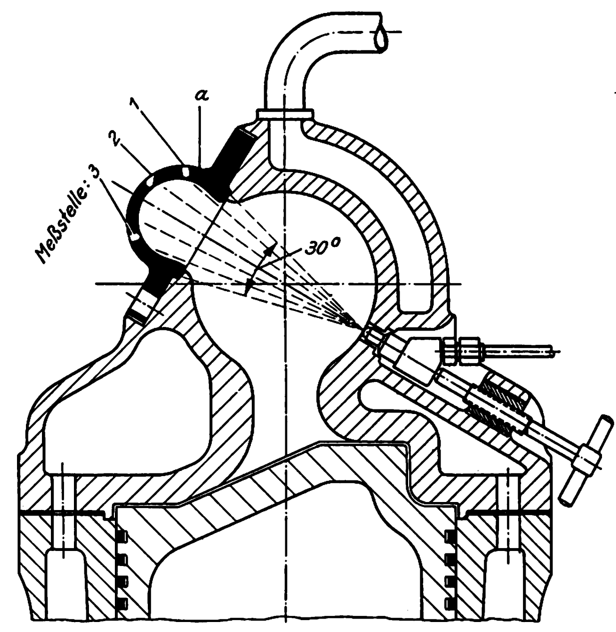


Abb. 3
Temperaturmessungen an der Glühkuppel eines AEG-Mitteldruckmotors von 30 PS Zylinderleistung

a Glühkuppel



Zahlentafel 3
Temperaturen der Glühkuppel eines AEG-Mitteldruckmotors von 30 PS Zylinderleistung bei wechselnder Belastung

Zeit	Uml./min	Belastung kW	Temperaturen der Glühkuppel Meßstelle 1 °C	Meßstelle 2 °C	Meßstelle 3 °C	Temperatur der Auspuffgase °C
9³⁰ bis 11⁰⁰	400	20,1 = 1/1	365	395	350	281
11⁰⁵ „ 11³⁰	405	14,9 = 3/4	290	315	270	211
11³⁵ „ 12¹⁰	410	10,5 = 1/2	320	360	300	177
12¹⁵ „ 12⁴⁵	415	5,2 = 1/4	440	490	460	159
12⁵⁰ „ 1²⁰	420	Leerlauf	400	460	430	125
1²⁵ „ 2⁰⁰	275	Langsamer Leerlauf	420	450	415	109

Azetylen, das nach Zahlentafel 4 mit 416 bis 440° den niedrigsten Zündpunkt der Bestandteile der Ölgasmischung hat. Wäre also eine Vergasung des Treiböles vor der Verbrennung unerläßlich, so könnte in diesem Motor von Volllast bis etwa ¼ Last überhaupt keine Zündung zustande kommen, weil die Temperatur der Zündquelle in diesem Lastbereich unter dem niedrigsten Zündpunkt der Ölgasbestandteile bleibt. In Wirklichkeit sind jedoch die Zündungen bei allen Belastungen gleichmäßig und sicher.

Verdampfung vor der Zündung

Die vielfach umstrittene Frage, ob eine Verdampfung des eingespritzten Treiböles vor der Zündung notwendig sei, haben in neuester Zeit angestellte Forschungen ebenfalls geklärt. Alt[6]) weist mit Recht darauf hin, daß die mittleren Siedetemperaturen mancher schwer verbrennlichen aromatischen Treiböle niedriger liegen als die entsprechenden Temperaturen des Gasöles und Paraffinöles, und daß anderseits die mittleren Siedetemperaturen der aliphatischen Treiböle oberhalb ihres Zündpunktes liegen. Hieraus folgert Alt, daß die Verdampfung für die Entzündung nicht besonders wichtig sein kann, denn sonst müßte es um so günstiger für die Entzündung sein, je höher der Zündpunkt über dem Siedepunkt läge.

Kürzlich hat Neumann[7]) den Verdampfvorgang mathematisch untersucht und bewiesen, daß wegen Zeitmangels keine nennenswerte Verdampfung der Brennstofftröpfchen vor der Zündung stattfinden kann, Abb. 4. Als Zeit für die Verdampfung steht nur der Zündverzug zur Verfügung, d. i. die zwischen dem Beginn des Einspritzens und dem Beginn der Verbrennung verstreichende Zeit.

[6]) Flüssige Brennstoffe und ihre Verbrennung in der Dieselmaschine, Z. Bd. 67 (1923) S. 686 und Sonderheft „Dieselmaschinen" 1923.
[7]) Untersuchungen über die Selbstzündung flüssiger Brennstoffe, Z. Bd. 70 (1926) S. 1071.

Zahlentafel 4
Zündpunkte der Bestandteile eines Ölgasgemisches nach Wollers und Ehmcke

	Zündpunkte in O_2 bei 1 at °C
Wasserstoff H_2	580 bis 590
Methan CH_4	556 „ 700
Äthan C_2H_6	520 „ 630
Propan C_3H_8	490 „ 570
Äthylen C_2H_4	500 „ 519
Azetylen C_2H_2	416 „ 440
Kohlenoxyd CO	637 „ 658

Diese ist noch kürzer als Neumann annimmt, der bei kompressorlosen Dieselmotoren dem Zündverzug ungefähr die Zeit zwischen Förderbeginn der Brennstoffpumpe und sichtbarem Druckanstieg im Indikatordiagramm gleichsetzt.

In Wirklichkeit entfällt ein erheblicher Bruchteil dieser Zeit — in der Regel mehr als die Hälfte — auf den „Einspritzverzug", d. h. die Zeit, die zwischen Förderbeginn der Brennstoffpumpe und Beginn des Einspritzens liegt und die zum Zusammendrücken des Treiböles und zur Dehnung der Rohrleitung verbraucht wird. Nach eigenen Messungen beträgt der Zündverzug nur etwa 1/300 bis 1/400 s, höchstens

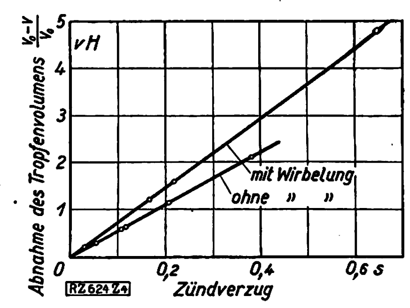


Abb. 4 Abnahme des Tropfenvolumens bei der Verdampfung in Abhängigkeit vom Zündverzug nach Neumann

1/100 s, und in dieser kurzen Zeit kann nach Abb. 4 das Tropfenvolumen kaum um 0,1 vH abgenommen haben. Man kann also aussprechen, daß so gut wie keine Verdampfung des eingespritzten Treiböles vor der Zündung stattfindet.

Die Wasserstoffzahl

Zahlentafel 5 enthält die Ergebnisse der Untersuchung von sechs aliphatischen Treibölen im chemischen Laboratorium der AEG-Turbinenfabrik[8]). Von diesen hat das

[8]) Das Laboratorium hat bis jetzt über 80 Treibölproben sehr verschiedener Herkunft chemisch untersucht, den größeren Teil davon auch in der laufenden Maschine.

Zahlentafel 5. Elementaranalysen und Kennzahlen einiger Treiböle

		1	2	3	4	5	6
Herkunft des Öles		Deutsches Paraffinöl	Nordamerik. Gasöl	Mexikanisches Gasöl I	Mexikanisches Gasöl II	Argentinisches Gasöl	Südafrikanisches Gasöl
Elementar-Analyse	C . . . vH	86,74	84,36	84,61	84,99	84,65	86,44
	H . . . „	10,65	11,75	11,50	7,54	13,54	8,56
	O + N . „	1,64	3,59	1,66	5,02	1,63	5,00
	S . . . „	0,97	0,30	2,23	2,45	0,18	0,00
Asche . . . . vH		0,027	0,00	0,00	0,01	Spuren	0,02
Wasser . . . . „		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Spuren
Hartasphalt . . . . . „		0,11	0,00	0,975	0,00	0,00	1,167
Flammpunkt . . . . °C		77	91	67	112	210	111
Brennpunkt . . . . „		108	104	131	141	255	133
Stockpunkt . . . . . . „		—3	unter —15	—5,5	—5		unter —15
Spez. Gew. bei 20° . kg/l		0,875	0,863	0,875	0,870	0,865	0,921
Heizwert	Oberer . kcal/kg	10 738	11 500	10 856	10 919	10 843	10 759
	Unterer „ „	10 162	10 866	10 253	10 512	10 193	10 297
Zähigkeit in Engler-Graden	bei . . . 12 °C	2,13 bei 10 °C	1,67	2,69	1,83	45,18	13,22
	„ . . . 20 „	1,68	1,41	—	—	29,25	7,03
	„ . . . 30 „	—	—	1,76	1,57	16,96	4,58
	„ . . . 50 „	1,23	—	1,44	1,44	5,46	1,95

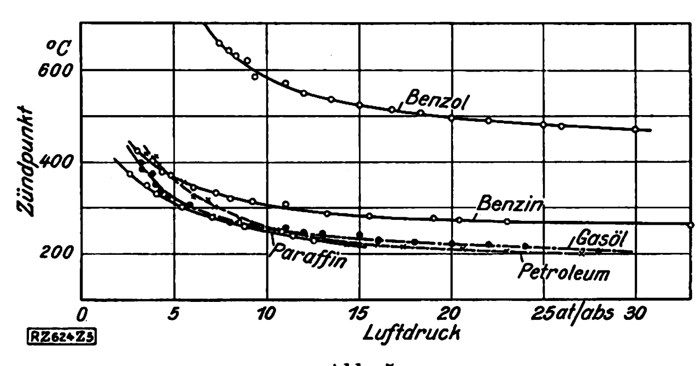


Abb. 5
Erniedrigung des Zündpunktes von Treibölen mit steigendem Luftdruck nach Tausz und Schulte

mexikanische Gasöl II die Wasserstoffzahl 7,54: (84,99 : 12) =1,066, das südafrikanische Gasöl 8,56: (86,44 : 12) =1,19; beide Werte sind sehr niedrig im Vergleich zum höchsten von rd. 2,0, und trotzdem waren beide Treiböle sehr gut brauchbar und hatten auch einen guten Heizwert. Das mexikanische Gasöl I dagegen war wegen seines Gehaltes an Hartasphalt von 0,975 vH unbrauchbar, trotz des höheren Wasserstoffgehaltes von 11,5 vH und der günstigen Wasserstoffzahl 1,63. Der Wasserstoff spielt eben bei der Einleitung der Zündung nicht die Rolle, die man ihm früher zuschrieb; er spaltet sich nicht zuerst ab und leitet dadurch die Zündung ein, wozu er wegen seines hohen Zündpunktes von 580 bis 590°, Zahlentafel 4, gar nicht imstande ist[9]), sondern verbrennt erst nach Beginn der Zündung gleichzeitig mit dem Kohlenstoff auf dem Umweg über eine Reihe von Zwischenstoffen, die den „Verbrennungsmechanismus" des Treiböles kennzeichnen.

Erklärung der Zündung nach Tausz

Wenn es somit weder Vergasung noch nennenswerte Verdampfung des Treiböles vor der Zündung gibt, so müssen die Treiböltropfen unmittelbar aus dem flüssigen Zustand zünden, wozu man sie zuerst auf eine gewisse Temperatur, den Zündpunkt, erhitzen muß. Der Zündpunkt, der nicht mit dem Flammpunkt und Brennpunkt verwechselt werden darf, ist die niedrigste Temperatur, bei der sich ein Körper von selbst entzündet. Er wird im Zündpunktprüfer gemessen, den Moore[10]) angegeben und den Fried. Krupp, A.-G., verbessert hat, und zwar kann die Messung in Luft oder in Sauerstoff von 1 at erfolgen. Richtiger ist es, den Zündpunkt in Druckluft von der Spannung zu messen, die am Ende der Verdichtung im Dieselmotor erreicht wird, wie Tausz und Schulte[11]) getan haben.

Man erhält in den drei Fällen ganz verschiedene Werte des Zündpunktes, Zahlentafel 6. In der Regel liegt der Zündpunkt in Sauerstoff niedriger als in Luft und noch niedriger in Druckluft von der im Dieselmotor üblichen Spannung. Bei einigen Stoffen, wie Äthylbenzol, Allylalkohol, Trinitrophenol u. a. liegt der Zündpunkt im Sauerstoff höher als in Luft. Diese Beobachtung hat Tausz veranlaßt, eine interessante Erklärung der Zündung zu geben. Danach lagern die Stoffe vor der

[9]) Bei aromatischen Treibölen, z. B. Steinkohlenteeröl, die bei Erhitzung Wasserstoff abspalten, kann der Wasserstoff die Zündung einleiten.
[10]) „The Automobile Engineer" 1920 S. 199.
[11]) Über Zündpunkte und Verbrennungsvorgänge im Dieselmotor, Halle 1924; Z. Bd. 68 (1924) S. 574.

Zahlentafel 6
Zündpunkte einiger aliphatischer Brennstoffe in Luft und Sauerstoff bei 1 at und in Druckluft nach Tausz und Schulte

	Zündpunkte bei 1 at in Luft °C	Zündpunkte bei 1 at in Sauerstoff °C	Zündpunkte in Druckluft °C	bei at
Gasöl	336	270	205	27
Petroleum	290 bis 435	250 bis 265	200	26
Schieferöl	354 „ 435	272 „ 290	200	23
Paraffin	388 „ 414	243 „ 258	228	11,5

Entzündung Sauerstoff an, wobei sich Superoxyde (Peroxyde, Moloxyde), d. h. übersättigte Sauerstoffverbindungen, bilden, die nur in einem engen, rasch durchlaufenen Druck- und Temperaturbereich beständig sind, jenseits dieses Bereichs aber plötzlich zerfallen. Dieser Zerfall vollzieht sich unter starker Wärmeabgabe: der Körper zündet.

Bei den Stoffen, deren Zündpunkt in Sauerstoff höher liegt als in Luft, kann das schon gebildete Superoxyd, noch bevor es zerfällt, d. h. zündet, weiter Sauerstoff aufnehmen, wodurch ein Stoff von höherem Zündpunkt entsteht. Die Sauerstoffanlagerung braucht sich nur bei einem verhältnismäßig kleinen Teil der den Brennstofftropfen bildenden Moleküle zu vollziehen; denn die beim Zerfall des Superoxydes freiwerdende Wärmemenge genügt, um auch die übrigen Moleküle des Brennstofftröpfchens aufzulockern, d. h. die Verbrennung einzuleiten. Nur soweit diese Sauerstoffanlagerung eine Zersetzung des Brennstoffes in ganz unerheblichem Maße bedeutet, ist man also berechtigt, davon zu sprechen, daß sich das eingespritzte Treiböl vor der Zündung zersetzt.

Zündpunkte in Druckluft

Die Untersuchungen von Tausz und Schulte haben ferner ergeben, daß der Zündpunkt durch steigenden Luftdruck zumeist erniedrigt wird, bei einigen Stoffen, die für den Motorenbetrieb nicht in Frage kommen, aber auch bis zu einem gewissen Grad erhöht werden kann. Mischungen verhalten sich anders als die ursprünglichen Stoffe. Einige der Zündpunktlinien sind in Abb. 5 wiedergegeben. Das für den Dieselmotor meist verwendete Gasöl zündet bei dem gebräuchlichen Verdichtungsdruck von rd. 30 at etwas über 200°; ähnlich verhält sich das Petroleum. Höher liegt der Zündpunkt des Benzins und wesentlich höher der des Benzols. Trotzdem kann man auch diese beiden Öle im Dieselmotor sehr gut verbrennen, nur muß dann die Verdichtung beträchtlich höher sein, besonders beim Benzol. Da dies zu hohen Triebwerkbeanspruchungen führt und auch die Preise wesentlich über dem des Gasöls liegen, so kommen sie für den Dieselmotorbetrieb nicht in Betracht.

Neumann vertritt die Ansicht, daß es richtiger sei, die Erniedrigung des Zündpunktes auf die zunehmende Dichte, statt auf den Druck der Luft zurückzuführen, da sich die Brennstofftröpfchen durch Wärmeleitung erwärmen, die Wärmeleitung aber von der Luftdichte abhängt. Durch Auftragen der von Tausz und Schulte gefundenen Zündpunkte in Abhängigkeit von der Luftdichte γ findet Neumann die in Abb. 6 wiedergegebene Linie der absoluten Zündtemperaturen T_s, die dem Gesetz

$$T_s = C\,\gamma^{-m}$$

folgt; dabei ist für aliphatische Treiböle $C \sim 709$ und $m = 0{,}160$. Darin, daß für die Lage des Zündpunktes die Luftdichte und nicht der Luftdruck maßgebend ist, kann man Neumann folgen; nur ist die Formel für den mittleren Zündpunkt verschiedener Treiböle ohne Bedeutung für die Praxis, weil die Zündpunkte verschiedener Brennstoffe Unterschiede aufweisen, die bei der Wahl der Verdichtung unbedingt berücksichtigt werden müssen, während sie in der Formel nicht zum Ausdruck kommen.

Der Zündverzug

Das für den Dieselmotorenbetrieb fast ausschließlich verwendete Gasöl zündet nach Tausz und Schulte bei der gebräuchlichen Verdichtung in der Dieselmaschine bei rd. 200°. Mindestens auf diese Temperatur müssen also die in den Verbrennungsraum eingeblasenen oder unter Druck eingespritzten Brennstofftröpfchen erwärmt werden. Es ist aber bekannt, daß man für kompressorlose Motoren wenigstens 27 bis 28 at Verdichtung braucht — bei Druckluftzerstäubung wegen der Kühlung durch die expandierende Einblaseluft sogar rd. 30 at —, wenn der Motor aus dem kalten Zustand sicher anlaufen soll. Nimmt man 28 at an, so findet man (etwa nach der Gasentropietafel von Schüle[12])) als zugehörige Endtemperatur für 27° Anfangstemperatur (kalte Maschine) 500°, für 50° An-

[12]) Die thermischen Eigenschaften der einfachen Gase und der technischen Feuergase zwischen 0° und 3000° C, Z. Bd. 60 (1916) S. 630.



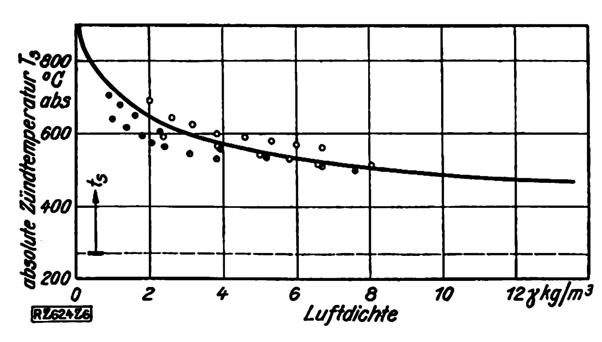


Abb. 6
Abhängigkeit des Zündpunktes von der Luftdichte nach Neumann

fangstemperatur (warme Maschine) 550°, d. h. einen Temperaturüberschuß von rd. 300 bis 350° über dem Zündpunkt.

Deutlich zeigt dies Abb. 7. Die Schnittpunkte der Zündpunktlinie für Gasöl auf den Linien der Verdichtungsdrücke für 27 und 50° Anfangstemperatur ergeben diejenigen Verdichtungsdrücke, bei denen der Zündpunkt in der kalten und der warmen Maschine schon erreicht wäre; diese Punkte liegen überraschend niedrig und betragen nur 6,1 und 7,3 at. Daß man trotzdem viel höher verdichten muß, liegt daran, daß die Brennstofftropfen zur Erwärmung auf ihre Zündtemperatur eine gewisse Zeit brauchen, im Betrieb muß aber diese Erwärmung erfolgt sein, wenn die Kurbel 3 bis 5° zurückgelegt hat.

Die Zeit zwischen Beginn des Einspritzens und Eintreten der Zündung nennt Hawkes[13]), der diese Erscheinung zuerst untersucht hat, Zündverzug (time lag). Abb. 8 zeigt ihn für schottisches Schieferöl (spez. Gew. 0,86) in Druckluft von 14 at in Abhängigkeit von der Temperatur. Bei 500° beträgt er rd. $^1/_{500}$ s; dieser Wert scheint zu groß, was mit der Unzulänglichkeit der Versuchsanordnung zusammenhängen mag (die Zusammendrückbarkeit des Öles wurde nicht berücksichtigt, auch waren vielleicht Luftsäcke in dem wagerechten Brennstoffventil vorhanden). Grundsätzlich bedeutet aber die Erkenntnis von der Bedeutung des Zündverzuges einen großen Fortschritt, da sie im Zusammenhang mit der Abhängigkeit des Zündpunktes vom Druck die Wahl der Verdichtung ermöglicht.

Weitere Messungen des Zündverzuges an der laufenden Maschine wären wertvoll, da die Lage des Zeitpunktes gegenüber dem Totpunkt, in dem die Zündung eintritt, den Höchstdruck und somit die Triebwerkbeanspruchung, die Form des Indikatordiagramms, die Verbrennung und den Brennstoffverbrauch bestimmt. Der Zündverzug darf aber nicht der Zeit gleichgesetzt werden, die zwischen Hubbeginn der Brennstoffpumpe und dem Druckanstieg im versetzten Indikatordiagramm verstreicht; vielmehr muß von dieser Zeit der Einspritzverzug abgezogen werden, den man getrennt ermitteln muß, wie Hesselman[14]) angegeben hat.

Mechanismus der Verbrennung von Kohlenwasserstoffen

Die Frage, wie das eingespritzte Treiböl nach seiner Zündung im Dieselmotor verbrennt, ist heute noch nicht gelöst; man kennt noch nicht einmal die Zusammensetzung der Treiböle genau, sondern weiß nur, daß sie sehr verwickelte Gemische von Kohlenwasserstoffen sind, aliphatischen, aus dem Erdöl oder dem Braunkohlenteer, vorwiegend von der Zusammensetzung C_nH_{2n+2} (Paraffine) und C_nH_{2n} (Olefine oder Naphthene) in kettenförmiger Bindung, und aromatischen aus dem Steinkohlenteer der Naphthalin-, Fluoren-, Phenanthren- und Anthrazen-Gruppe von ringförmiger Bindung.

Die Verbrennungsgase beider Treibölarten enthalten, von den immer vorhandenen Verunreinigungen abgesehen, im allgemeinen CO_2 und H_2O. Es steht aber fest, daß sich die Verbrennung nicht etwa so vollzieht, daß das Treiböl

[13]) Fuel Oil in Diesel Engines, „Engineering" Bd. 110 (1920) S. 786.
[14]) Hochdruckölmotor mit Einspritzung des Brennstoffes ohne Druckluft, Z. Bd. 67 (1923) S. 658.

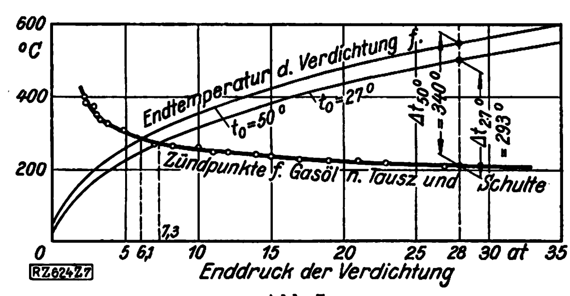


Abb. 7
Endtemperaturen der Verdichtung und Zündpunkte für Gasöl

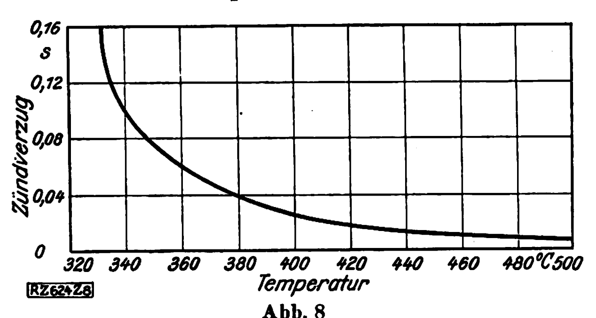


Abb. 8
Zündverzug von Schieferöl in Druckluft von 14 at nach Hawkes

nach der Zündung in C und H zerfällt und diese Elemente dann einfach in dem Sauerstoff der verdichteten Luft verbrennen. Die Verbrennung der Öle verläuft vielmehr sozusagen mechanisch-zwangläufig über eine große Zahl von Zwischenverbindungen, die bei den Gasölen anders sind als bei den aromatischen Kohlenwasserstoffen.

Als Beispiel führt Franz Fischer[15]) das Xylol (C_8H_{10}) an; sein Molekül wird beim Erhitzen unter Abspalten der Seitenketten zunächst kleiner, wobei vorübergehend Toluol, Benzol, Äthylen, Methan u. a. entstehen; darauf wird das Molekül wieder größer, es entsteht unter Abspaltung von Wasserstoff Diphenyl ($C_{12}H_{10}$), und unter fortschreitendem Wasserstoffverlust bilden sich immer größere Moleküle, die schließlich gleichsam nur noch große Kohlenstoffskelette sind.

Anders verhalten sich die aliphatischen Gasöle, die für den Dieselmotor in erster Linie in Betracht kommen; sie zerfallen beim Erhitzen in kleinere Moleküle, vor allem in Äthylen (C_2H_4). Wahrscheinlich führt dieser Zerfall auch über das Methan (CH_4), da alle Kohlenwasserstoffe dazu neigen, in diesen wasserstoffreichsten Kohlenwasserstoff und in C zu zerfallen[16]). Der Mechanismus der Verbrennung des Äthylens und Methans ist heute bekannt.

Dixon[17]) hatte 1884 gefunden, daß ein vollkommen trockenes Gemisch von Kohlenoxyd und Sauerstoff durch den elektrischen Funken nicht zur Explosion gebracht werden könne[18]), während es bei Zusatz kleinster Mengen Wasserdampf sofort zünde. Während Dixon aber schloß, daß sich die Verbrennung des CO zu CO_2 nach den Gleichungen

$$CO + H_2O = CO_2 + H_2$$
$$2\,H_2 + O_2 = 2\,H_2O$$

vollziehe, bewies Wieland[19]), daß sie auch über Ameisensäure (HCOOH) führen müsse:

$$CO + H_2O = HCOOH$$
$$HCOOH = CO_2 + H_2$$
$$H_2 + {}^1/_2O_2 = H_2O.$$

Indessen auch dieser Mechanismus der Verbrennung des Kohlenoxyds ist noch nicht richtig; denn v. Wartenberg und

[15]) Die neuesten Anschauungen über die Vorgänge bei der Verbrennung und der Oxydation der Kohlen, Gesammelte Abhandlungen zur Kenntnis der Kohle Bd. 4 (1920) S. 448.
[16]) H. v. Wartenberg, Verbrennungsvorgänge im Dieselmotor Z. Bd. 68 (1924) S. 153.
[17]) Conditions of Chemical Change in Gases: Hydrogen, Carbonic Oxide, and Oxygen, Phil. Trans. Roy. Soc. London Bd. 175 (1885) S. 617.
[18]) Nach Manchot, Chemiker-Z. Bd. 47 (1923) S. 781, ist trockenes Kohlenoxyd nicht unentzündlich, sondern nur schwer entzündlich.
[19]) Zur Verbrennung des Kohlenoxyds, Ber. d. Deutsch. Chem. Gesellsch. Bd. 45 (1912) S. 679.

Sieg[20]) haben gezeigt, daß auch Wasserstoffsuperoxyd H_2O_2, das schon früher bei der Verbrennung von CO gefunden wurde, ein unentbehrliches Zwischenglied der Verbrennung von CO ist:

$$CO + H_2O = HCOOH \quad (1)$$
$$HCOOH = CO_2 + H_2 \quad (2)$$
$$H_2 + O_2 = H_2O_2 \quad (3)$$
$$H_2O_2 = H_2O + {}^1/_2 O_2 \quad (4)$$

CO tritt wieder als Endglied in den Verbrennungsgleichungen von Methan und Äthylen auf, also derselben Stoffe, in die die Gasmoleküle während der Verbrennung zerfallen. Die Verbrennungsgleichung von Methan lautet nach Bone und Wheeler[21])

$$CH_4 + O_2 = CH_2O + H_2O \quad (5)$$

wobei der Formaldehyd CH_2O gleichzeitig nach

$$CH_2O + O_2 = CO_2 + H_2O \quad (6)$$

und nach $2\,CH_2O + O_2 = 2\,CO + 2\,H_2O \quad (7)$

zu CO_2 und CO oxydiert wird. CO verbrennt dann weiter über HCOOH, H_2 und H_2O_2 zu CO_2 und H_2O. Verbindet man Gl. (5) bis (7) mit Gl. (1) bis (4), so erkennt man, daß das Methan nach folgendem Mechanismus verbrennen muß:

$CH_4 + O_2 = CH_2O + H_2O$
- $CH_2O + O_2 = CO_2 + H_2O$
- $2\,CH_2O + O_2 = 2\,CO + 2\,H_2O$
  - $CO + H_2O = HCOOH$
    - $HCOOH = CO_2 + H_2$
      - $H_2 + O_2 = H_2O_2$
        - $H_2O_2 = H_2O + \frac{1}{2} O_2$

Es treten also nicht weniger als fünf Zwischenglieder auf, nämlich Formaldehyd, Kohlenoxyd, Ameisensäure, Wasserstoff und Wasserstoffsuperoxyd, die aber alle sofort wieder verschwinden, so daß nur CO_2 und H_2O übrig bleiben.

Ähnliches gilt für Äthylen, das gemäß

$$C_2H_4 + O_2 = 2\,CO + 2\,H_2$$

zu Kohlenoxyd und Wasserstoff verbrennt[22]). Der Mechanismus seiner Verbrennung ist also

$C_2H_4 + O_2 = 2\,CO + 2\,H_2$
- $H_2 + O_2 = H_2O_2$
  - $H_2O_2 = H_2O + \frac{1}{2} O_2$
- $CO + H_2O = HCOOH$
  - $HCOOH = CO_2 + H_2$
    - $H_2 + O_2 = H_2O_2$
      - $H_2O_2 = H_2O + \frac{1}{2} O_2$

Die Zahl der Zwischenglieder ist hier um eins geringer als beim Methan.

Die Verbrennungsgleichung von Azetylen lautet

$$C_2H_2 + O_2 = 2\,CO + H_2,$$

folglich der Mechanismus seiner Verbrennung:

$C_2H_2 + O_2 = 2\,CO + H_2$
- $H_2 + O_2 = H_2O_2$
  - $H_2O_2 = H_2O + \frac{1}{2} O_2$
- $CO + H_2O = HCOOH$
  - $HCOOH = CO_2 + H_2$
    - $H_2 + O_2 = H_2O_2$
      - $H_2O_2 = H_2O + \frac{1}{2} O_2$

In den Verbrennungsgasen des Äthan aus der Paraffinreihe fand Evans[23]) u. a. Formaldehyd und Ameisensäure, so daß anzunehmen ist, daß das Äthan einen dem Methan ähnlichen Mechanismus der Verbrennung hat.

Ist also erwiesen, daß die Gasöle bei ihrer Verbrennung in kleinere Moleküle, in erster Linie Äthylen und Methan zerfallen, so wird es äußerst wahrscheinlich, daß mit den angegebenen Mechanismen der Verbrennung auch die Endglieder der Verbrennung der Gasöle allgemein gefunden sind. Freilich sind es nur die letzten Abschnitte der Mechanismen; wieviele Reaktionen noch vorhergehen, ist nicht bekannt; es ist möglich, daß ihre Zahl sehr groß ist, und es bleibt zu wünschen, daß es der chemischen Forschung gelingt, weitere Aufschlüsse hierüber zu geben und die Vorgänge bei der Verbrennung von Kohlenwasserstoffen im Dieselmotor der völligen Aufklärung zuzuführen.

Wenn Zündung und Verbrennung des Treiböles in der Dieselmaschine in der angegebenen Weise vor sich gehen, so kann man die Frage aufwerfen, wie man die Verbrennungsmechanismen beeinflussen kann, damit die Öle nur zu Kohlensäure und Wasserdampf verbrennen. Daß auch andere Verbindungen entstehen, ist bekannt; man braucht nur an den so häufigen rauchenden Auspuff zu denken. Sind die Auspuffgase nicht sauber, so enthalten sie Rußteilchen, die nicht reiner Kohlenstoff, sondern hochmolekulare Kohlenwasserstoffe sind[24]). In diesem Fall hat der Mechanismus der Verbrennung einen unerwünschten Ablauf genommen.

Um das zu vermeiden, darf man u. a. im Verbrennungsraum keine wärmegeschützten Teile anordnen, die sich über eine bestimmte Temperaturgrenze, für aliphatische Treiböle rd. 600°, erhitzen. Noch flüssige Treiböltropfen dürfen mit so heißen Stellen nicht in Berührung kommen, da sonst eine Art von Kracken auftritt; die Folge ist rußiger Auspuff, wovon man sich durch einen Versuch leicht überzeugen kann.

Im übrigen führt die Frage nach der Beeinflussung des Mechanismus der Verbrennung im Dieselmotor auf das wichtige Problem der Gemischbildung, die in weit höherem Maß, als man bisher annahm, ein mechanisches Problem ist.

[20]) Über den Mechanismus einiger Verbrennungen, Ber. d. deutsch. Chem. Gesellsch. Bd. 53 (1921) S. 2192.

[21]) The slow oxidation of methane at low temperatures, Proc. of the Chem. Soc. Bd. 19 (1903) S. 191.

[22]) Bone und Wheeler, Journ. Chem. Soc. Bd. 81 (1902) S. 535.

[23]) The chemistry of combustion. „The Chemical Age" Bd. 5 (1921) S. 36.

[24]) K. A. Hofmann und W. Freyer, Wasserlösliche Kolloide aus künstlichen Kohlen, Ber. d. deutsch. Chem. Gesellsch. Bd. 53 (1920) S. 2078.

[B 624]

Neue englische Versuchstreckenanlage bei Buxton

Das englische Mines Department hat außer der im Jahre 1908 angelegten Versuchstreckenanlage auf der Altoftsgrube bei Normanton, Yorkshire, in großzügiger Weise eine neue Anlage bei Buxton, Derbyshire, geschaffen, die die zweite englische Versuchsanlage bei Eskmeals, Cumberland, aus dem Jahre 1911 ersetzen soll.

Auf dem sich über 166 ha erstreckenden Gelände sind zwei aus 16 mm dicken Stahlblechen aufgebaute Versuchstrecken mit 1,2 und 2,3 m Dmr. und 300 und 90 m Länge angelegt. Die Untersuchungen sollen sich zunächst auf die Einwirkung kleiner Öffnungen in der Strecke auf die Ausbreitung von Kohlenstaubexplosionen erstrecken[1]). Zu diesem Zweck ist die 300 m lange Versuchstreckenanlage, deren einzelne Stahlblechschüsse von 7,6 m Länge auf einen Druck von 35 at geprüft sind, mit einer Anzahl verschließbarer elliptischer Löcher ausgerüstet, deren Gesamtfläche dem Streckenquerschnitt gleich ist. Ein an dem abgeschlossenen Ende der Strecke aufgestellter Lüfter kann einen Wetterstrom in beiden Richtungen von 6 m/s Geschwindigkeit erzeugen. Längs der Streckenanlage sind mehrere Gerätekammern verteilt, die mit Meßvorrichtungen zur Feststellung von Flammenlänge, Explosionsgeschwindigkeit und -druck weitgehend ausgerüstet sind. Die ähnlich eingerichtete 90 m lange Versuchstrecke ist in der Hauptsache für Untersuchungen von Schlagwetterexplosionen gedacht.

Zur Untersuchung der bei Bränden im Alten Mann zu treffenden Maßnahmen ist ein besonderes aus Beton gebautes Gebäude mit 83 m² Fläche vorgesehen. Der eigentliche Versuchsraum kann durch Stahlschiebetüren von außen luftdicht abgeschlossen und von außen mit Methan in verschiedenen Mengenverhältnissen beschickt werden, das durch Drahtgaze und Asbestwolle gleichmäßig über die ganze Kammer verteilt wird.

[N 771] Pr.

[1]) „Engineering" Bd. 123 (1927), S. 728.



Kurzprüfung von Anstrichstoffen

Von Dr. M. Schulz, Kirchmöser (Havel)

Vorgetragen in der Fachsitzung „Anstrichtechnik" der 66. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure Mannheim-Heidelberg, 28. Mai 1927

Da die Prüfung von Anstrichstoffen eine mindestens zweijährige Beobachtung erfordert, war die Ausarbeitung von Kurzprüfverfahren notwendig. Auf die Farben wirken die Sonnenstrahlen, der Wechsel von Trockenheit und Feuchtigkeit, der Wechsel von Wärme und Kälte, Bestandteile der Rauchgase. Beschreibung von Geräten, die in kurzer Zeit diese Einflüsse nachahmen

Die technische Prüfung der Anstrichstoffe wurde bis vor einigen Jahren meist noch handwerksmäßig mittels Probeanstriche ausgeführt, die längere Zeit der Witterung ausgesetzt wurden. Sehr häufig verzichtete man aber auf dieses langwierige Prüfverfahren und beschaffte Anstrichstoffe auf Grund der Vertrauenswürdigkeit oder auch der Anpreisungen der Lackfabriken. Mangels genauer Prüfverfahren muß auch jetzt noch die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft die Zulassung neuartiger Anstrichstoffe davon abhängig machen, daß mit diesen hergestellte Versuchanstriche ihre Haltbarkeit beim Betriebs- oder Freilagerversuch während mehrerer Jahre nachweisen. Das Verfahren, das einer praktischen Erprobung gleichkommt, führt, wenn man von den nicht unerheblichen Abweichungen der atmosphärischen Einwirkungen in Deutschland absieht (lange Winter im Norden, starke Sonnen- und Wärmeeinwirkungen im Gebirge und im Süden, größere Luftfeuchtigkeit an der Seeküste als im Binnenland), wohl zu dem besten Bild der technologischen Eigenschaften von Anstrichstoffen. Da man dieses Bild aber erst nach mindestens zweijährigem Beobachten im Freien erhält, ist dies Prüfverfahren sowohl für den Verbraucher wie für den Lieferer nicht als allen Anforderungen entsprechend zu bezeichnen.

Zur Vermeidung dieser umständlichen Prüfart regte ich vor sechs Jahren gelegentlich einer Beratung mit Vertretern von größeren Lackfabriken und der wissenschaftlichen Anstrichstoffprüfung im Reichsbahn-Zentralamt, Berlin, an, der Ausgestaltung eines Kurzprüfverfahrens näher zu treten, das gestattet, sich in erheblich kürzerer Zeit ein Bild von dem Gebrauchswert von Anstrichmitteln zu verschaffen. Davon ausgehend, daß dieser Gebrauchswert, von Sonderforderungen (wie Säure- und Alkalifestigkeit) abgesehen, durch die Widerstandfähigkeit der Anstriche gegen die atmosphärischen Einwirkungen dargestellt wird, und daß eine Kurzprüfung in der Einwirkung der wichtigsten in der Luft enthaltenen Stoffe bestehen müsse, die im Wirkungsgrad erheblich verstärkt sind und im häufigen Wechsel wirksam werden, habe ich damals empfohlen, die atmosphärische Einwirkung auf Anstriche in ihre wichtigsten Komponenten zu zerlegen und sie verstärkt und in wiederholtem Wechsel anzuwenden. Es kommen hierbei folgende Teilwirkungen, nach ihrer Wirksamkeit geordnet, in Betracht:

1. die chemisch besonders wirksamen kurzwelligen Strahlen des Sonnenlichts in ihrer Einwirkung sowohl auf trockene Anstriche wie auf Anstriche, die durch Benetzen mit Wasser feucht gehalten werden,
2. Wechsel von Trockenheit und Feuchtigkeit,
3. Wechsel von Wärme und Kälte,
4. kommen außerdem die auf Anstriche wie auf Eisen chemisch besonders stark einwirkenden Bestandteile der Rauchgase (schweflige Säure und Kohlensäure) in Betracht.

Die schon im Dezember 1922 in der Nürnberger Sitzung des seiner Zeit vom Reichsverkehrsministerium eingerichteten Reichsausschusses für Anstrichverfahren von mir geäußerte und damals nicht allgemein geteilte Ansicht, daß dem chemisch wirksamen Teile des Sonnenlichtspektrums eine ausschlaggebende Wirkung für die Haltbarkeit von Anstrichen zukommt, wird auch von dem bekannten amerikanischen Forscher Gardner geteilt und kann jetzt wohl als unbestritten gelten.

Die prüftechnische und, als sogenannte künstliche Höhensonne, auch ärztliche Verwendung dieser besonders kurzwelligen Strahlen, die sich wegen ihrer stärkeren Brechbarkeit über das violette Ende des Spektrums hinaus erstrecken und daher ultraviolette Strahlen genannt werden, ist durch die zuerst von Heraeus, Hanau, in den Handel gebrachte Quarz-Quecksilberlampe (Uviollicht), Abb. 1, ermöglicht worden; denn Quarz läßt im Gegensatz zu Glas die von dem glühenden Quecksilberdampf ausgehenden ultravioletten Strahlen ungehindert durch.

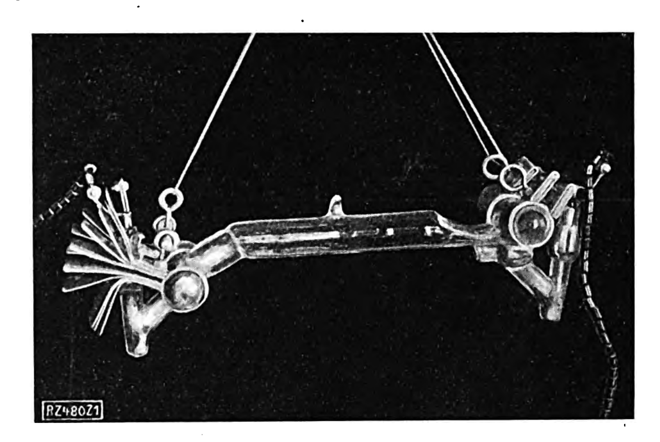


Abb. 1
Quarz-Quecksilberdampflampe

Die künstliche Höhensonne der Quarzlampe enthält alle für unsere Prüfzwecke notwendigen Strahlenarten der natürlichen Höhensonne und gibt die höchste überhaupt mögliche Bestrahlungsdichte der natürlichen Sonnenstrahlen wieder, selbst wie diese im Hochgebirge mit Strahlen bis zu 290 $\mu\mu$ Wellenlänge vorkommt. Sie enthält darüber hinaus aber auch Strahlen von noch kürzeren Wellenlängen, die in der natürlichen Höhensonne nicht vorhanden sind. Diese, wenn man so sagen will, unnatürlich kurzwelligen Strahlen, die bei der Krankenbehandlung bei unachtsamer Anwendung der künstlichen Höhensonne sogar zu Zerstörungen der Hautzellen führen können, sind chemisch noch wirksamer als die ultravioletten Strahlen der natürlichen Höhensonne und daher für die Zwecke der Kurzprüfung, die ja die verstärkte Anwendung der atmosphärischen Komponenten zur Voraussetzung hat, besonders geeignet; das für ärztliche Zwecke in Frage kommende Entfernen dieser besonders kurzwelligen, chemisch stark wirksamen Strahlen durch Vorschaltung von Filtergläsern erübrigt sich daher bei der Kurzprüfung. Aus der Tatsache, daß die Strahlen der künstlichen Höhensonne das Sauerstoffmolekül zu spalten und dabei Ozon zu bilden vermögen, ist zu schließen, daß darin Strahlen von weniger als 200 $\mu\mu$ Wellenlänge vorhanden sind.

Worauf die besondere chemische Wirkung der ultravioletten Strahlen zurückzuführen ist, ist noch nicht geklärt. Physikalisch betrachtet, ist der Energieinhalt dieser Strahlen gering. Man nimmt an, daß die aufprallenden, an sich sehr kleinen Energiemengen sich in punktförmige Wärmezentren umwandeln. Die sehr kleinen, unzähligen Wärmezentren führen, unterstützt von dem aus dem Luftsauerstoff gebildeten Ozon, bei den aus trocknenden Ölen bestehenden Bindemitteln der Anstriche anfangs zu einer schnellen Durchtrocknung und Härtung, schließlich aber zur zerstörenden Oxydation und Verrottung der Oberfläche.

Bei den in den letzten Jahren wegen ihrer schnellen Verarbeitungsfähigkeit zu weitgehender Verwendung gelangten Nitrolackfarben, deren Bindemittel im

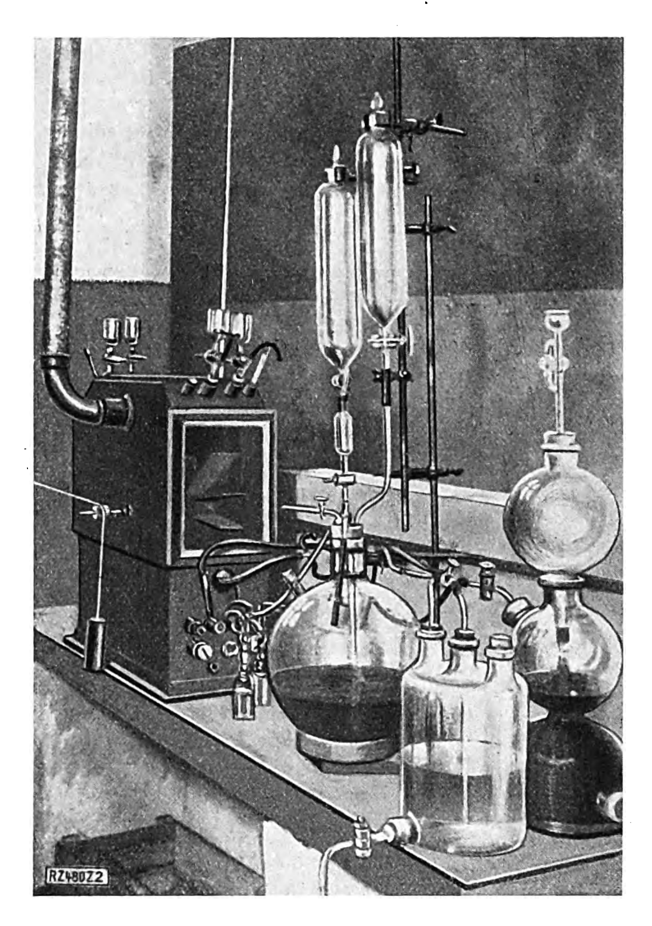


Abb. 2
Wetterapparat der I.-G. Farbenindustrie

wesentlichen aus der die Eigenschaften eines leicht zerfallenden Sprengstoffes aufweisenden Nitrozellulose besteht, äußert sich die Wirkung dieser auf den ultravioletten Teil der Sonnenstrahlen zurückzuführenden Wärmezentren in Zerfallerscheinungen der Nitrozellulosemoleküle. Die Wetterbeständigkeit der Nitrolackfarben wird daher die der lein- oder holzölhaltigen Farben nicht erreichen. (Vergl. Erläuterung zu Abb. 11.) Ihre Haltbarkeit wird aber um so größer werden, je mehr es der Anstrichfarbenindustrie gelingt, die leicht zerfallende Nitrozellulose durch andre widerstandfähigere Stoffe von gleich guter Löslichkeit in organischen Lösungsmitteln zu ersetzen. Dieser Weg ist von den Lackfabriken bereits durch den ständig steigenden Zusatz von Weichmachungsmitteln, Harzen und fetten Ölen mehr oder weniger bewußt beschritten worden.

Die für die Kurzprüfung wichtige an zweiter Stelle genannte atmosphärische Teilwirkung: Wechsel von Trockenheit und Feuchtigkeit, ist die vermehrte Wiedergabe einer in unseren Breitengraden häufigen atmosphärischen Beanspruchung der Anstriche. Der Aufbau eines Anstriches stellt mit seinen drei Farbfilmen (Grundanstrich, erster und zweiter Deckanstrich), kolloidchemisch betrachtet, disperse Systeme, und zwar im wesentlichen Teile Gele dar, die ähnlich wie z. B. eine Leimschicht, bei der Einwirkung von Wasser, sei dieses flüssig oder dampfförmig, unter Wasseraufnahme quellen und in trockener Luft Wasser z. T. wieder abgeben. Ebenso wie die häufige Wiederkehr starker mechanischer Beanspruchungen im Eisen zu molekularen Umlagerungen und Ermüdungserscheinungen führt, tritt bei dem häufigen Wechsel von Aufquellen und Austrocknen allmählich ein Nachlassen der Elasitizität des Anstriches ein.

Die durch die ultravioletten Strahlen bewirkte Verhärtung der Farbhaut, vermehrt durch die beim wiederholten Wechsel von Trockenheit und Feuchtigkeit eintretende Elastizitätsverminderung, führt zum Altern des Anstriches, das sich durch stumpfes Aussehen und Kreidigwerden kenntlich macht. Wird der schon unter diesen Einflüssen alternde Anstrich überdies dem als dritte atmosphärische Komponente angegebenen Wechsel von Wärme und Kälte mehrfach ausgesetzt, so vermag er der Ausdehnung und Zusammenziehung des als Anstrichträger benutzten Eisens nicht mehr zu folgen, die Spannungen im Anstrich sind größer als die Kohäsion seiner Teilchen, und es bilden sich Risse, durch die das Eisen z. T. freigelegt und dem Rostangriff ausgesetzt wird.

Die als wirksamster Bestandteil der Rauchgase schließlich bei der Kurzprüfung verwendete schweflige Säure wirkt in zwei Richtungen. Einmal wirkt sie auf die trocknenden Öle und auf die in Mineralsäure löslichen Farbkörper zersetzend ein, vergrößert dabei z. T. deren Volumen und lockert den Zusammenhang des Anstrichs; außerdem beschleunigt sie das Rosten der durch das Verrotten des Anstrichs freigelegten und mit Luft und Feuchtigkeit in Berührung kommenden Teile der Eisenplatte. Je stärker die Rosterscheinungen sind, als um so weiter vorgeschritten muß die Verrottung des Anstrichs angesehen werden. Der Verrostungsgrad des Eisens kennzeichnet also den Verrottungsgrad des Anstrichs.

Neben der Kurzprüfung von Anstrichen auf Eisenplatten in der eben geschilderten Weise gibt auch die Feststellung der mechanischen Eigenschaften der Farbfilme, d. h. der durch bestimmte Behandlung hergestellten freien Anstrichhäute, brauchbare Hinweise für die Beurteilung von Anstrichfarben. Als solche mechanischen Eigenschaften kommen in Frage: Zerreißfestigkeit, Dehnbarkeit und Elastizität. Die hierfür ermittelten Zahlen müssen aber vorsichtig ausgewertet werden, insbesondere ist es nicht angängig, von mehreren Anstrichfarben ohne weiteres diejenige als die beste zu bezeichnen, deren Film die höchste Dehnungsfähigkeit zeigt. So wichtig für die Güte eines Anstriches eine gewisse Dehnbarkeit ist, wichtiger noch ist es, daß er möglichst hohe Festigkeit und Härte hat. Da Dehnbarkeit und Härte zueinander im Gegensatz stehen, wird die zu stellende Forderung in einem Kompromiß zwischen beiden zu suchen sein. Schließlich braucht ein Anstrich ja nicht wesentlich dehnbarer zu sein, als die Flächenausdehnung des Untergrundes Eisen (unter dem wechselnden Einfluß von Kälte und Wärme) oder Holz (unter dem wechselnden Einfluß von Trockenheit und Feuchtigkeit) verlangt.

Die ebenfalls als eine Kurzprüfung zu betrachtende physikalische Prüfung von Anstrichfilmen auf Festigkeit und Dehnbarkeit wird nach drei Richtungen auszugestalten sein:

1. muß der Zeitraum zwischen Herstellung der Filme und Vornahme der Zerreißprüfung festgelegt werden,

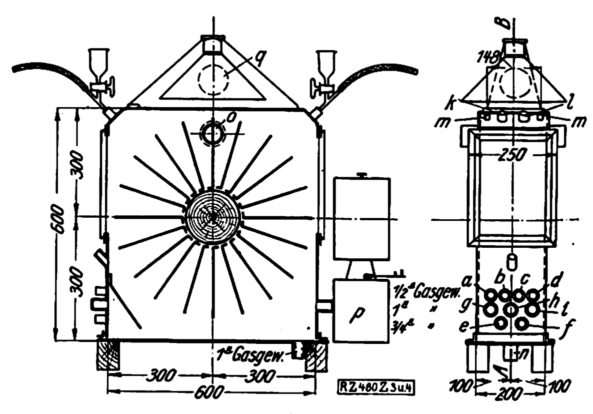


Abb. 3 und 4
Gerät zur Prüfung der Wetterbeständigkeit von Anstrichstoffen

a kalte Luft
b warme Luft
c feuchte Luft
d Ammoniak
e Schwefelwasserstoff
f schweflige Säure
g Kohlensäure
h Dampf
i, *p* Zugangsröhren für etwa zu verwendende andre Angriffstoffe
k Beregnung
l Flugasche
m Thermometer und Hygrometer
n Abfluß
o Abzug
q Beleuchtung

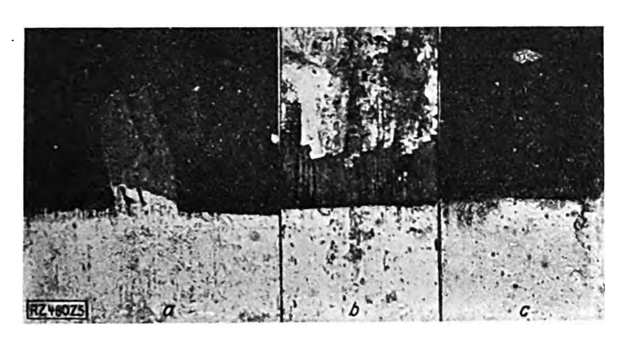


Abb. 5. Vergleich zwischen den Ergebnissen der Kurzprüfung und der natürlichen Verwitterung

a, b, c abgelaugter Teil der drei Versuchstafeln
a Hauptkanal *b* Wetterapparat *c* Wasserdampf

2. müssen die Filme während dieser Zeit in einem Raum von gleichbleibender relativer Luftfeuchtigkeit (zweckmäßig 65 vH) lagern und
3. vor allem empfiehlt es sich, junge Filme bezüglich ihrer Festigkeit und Dehnbarkeit mit natürlich und mit künstlich gealterten Filmen zu vergleichen. Die künstliche Alterung kann durch Bestrahlen mit Uviollicht wie auch durch Erwärmen bis höchstens 90° bewirkt werden.

Von den in den letzten Jahren entstandenen Kurzprüfverfahren sollen diejenigen beschrieben werden, deren Nachprüfung und Bewertung der Deutsche Verband für die Materialprüfungen der Technik, Ausschuß 20, gemeinsam mit der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft übernommen hat.

Kurzprüfungen durch bloße Einwirkung von schwefliger Säure unter Mitwirkung von feuchter Wärme auf die Versuchsanstriche werden seit mehreren Jahren von der Lackfabrik Gustav Ruth A.-G., Wandsbek, vorgenommen. Das Verfahren hat nach Angabe der Firma bei der vergleichenden Erprobung neuartiger Anstrichmittel als Betriebsprobe zu brauchbaren Ergebnissen geführt. Die Lackfabrik G. Ruth wendet also bei ihrem Kurzprüfverfahren die ultravioletten Strahlen nicht an.

Einen ähnlichen Standpunkt hierin nimmt das Leuna-Werk der I.-G. Farbenindustrie ein. Das zur Wetterbeständigkeitsprüfung verwendete Gerät zeigen Abb. 2 bis 4. Die Versuchsplatten werden 14 Tage lang einer Wärmebehandlung unter zeitweiligem Zuleiten von Dampf ausgesetzt und dann 14 Tage lang einer Kältebehandlung unter Verwendung von flüssiger Luft. Die dem Leuna-Werk mit seinen viele Kilometer langen Eisenrohrleitungen im großen Umfange zur Verfügung stehenden Versuchsunterlagen gestatten einen guten Vergleich der im Kurzprüfverfahren gewonnenen Ergebnisse mit den Betriebsergebnissen. Da im Leuna-Werk wie auch in andern chemischen Großbetrieben durch die zahlreich vorhandenen Kühltürme mit einer verhältnismäßig starken und dauernden Feuchtigkeitseinwirkung zu rechnen ist und außerdem auch verschiedenartige Industriegase in anormal großen Mengen zur Einwirkung gelangen, ist das Versuchsgerät des Leuna-Werks in Anlehnung an die Betriebsbeanspruchungen der Anstriche so gehalten, daß man alle Arten von Gasen, insbesondere Ammoniak und Schwefelwasserstoff, auf die Versuchsplatten einwirken lassen kann.

Man wird das Ergebnis von Kurzprüfungen unter dem Einfluß solcher Gase nicht ohne weiteres in Vergleich mit dem von Kurzprüfungen stellen können, bei denen die Wetterbeständigkeit im allgemeinen, d. h. die Widerstandfähigkeit von Anstrichen nur gegen die Normalatmosphäre, wiedergegeben werden soll, und bei denen von Gasen bloß die in Industriegebieten gewöhnlich vorkommenden Rauchgasbestandteile (SO_2 und CO_2) mitwirken. Der Vergleich zwischen den Ergebnissen der Kurzprüfung und der natürlichen Bewitterung zeigt nach den Feststellungen des Leuna-Werks stets gute Übereinstimmung, Abb. 5.

Der untere (helle) Teil der drei Versuchstafeln ist durch Ablaugen von dem Anstrich befreit, wodurch die gleichmäßige Verteilung der dunkeln Roststellen auf den drei Platten deutlich zu Tage tritt.

Wenn das Leuna-Werk eine besondere Wirkung der ultravioletten Strahlen bei ihren Versuchen nicht hat feststellen können, so ist dies wahrscheinlich vor allem darauf zurückzuführen, daß der anstrichzerstörende Einfluß der in diesem chemischen Großbetrieb neben den natürlichen in der Luft enthaltenen Stoffen vorkommenden besonderen Industriegase (NH_3 und H_2S) stark überwiegt.

Ebenso wie die Reichsbahn legt auch Gardner bei seinem Kurzprüfverfahren besonderen Wert auf die Verwendung von Uviollicht. Das sogenannte Gardner-Rad, Abb. 6, verwenden die Zöllner-Werke A.-G., Berlin-Neukölln. Die bei der Erprobung neuer Anstrichmittel gemachten Erfahrungen sind nach Angabe der Zöllner-Werke, die bereits mehrere dieser Räder benutzen, sehr befriedigend. Bei diesem Gerät werden die Versuchsanstriche bei jeder Umdrehung des Rades an einer Uviollampe und einer Heizlampe vorbei und außerdem durch kaltes Wasser geführt. Hierdurch soll die bisherige Dauerprüfung auf Wetterbeständigkeit auf ein Siebentel der Zeit abgekürzt werden[1]). Die Konstruktion dieses Gerätes erscheint mir insofern noch nicht ganz zweckmäßig, als nur etwa die Hälfte der in der Quarzlampe erzeugten Strahlen einwirkt. Der über der Quarzlampe angebrachte Metallschirm soll die den Versuchsanstrichen abgewendete Hälfte der Strahlen durch Reflektion zur Geltung bringen. Die Wirkung eines Reflektors bei dieser Art Strahlen ist jedoch nur geringfügig, weil die kurzwelligen Strahlen nicht reflektiert, sondern zum größten Teil verschluckt werden.

Die Chemisch-Technische Reichsanstalt hat für die Schnellprüfung von Anstrichen eine dem Gardner-Rad ähnliche Einrichtung, Abb. 7, getroffen. Sie unterscheidet sich aber von dem Gardner-Rad dadurch, daß gleiche Anstriche (auf fünf verschiedenen Platten) durch fünf Tauchbäder geleitet werden, wobei sie in diesen gleichzeitig fünf verschiedenen Beanspruchungen durch Wasser, Säuren, Alkalien oder Salzlösungen unterworfen werden können. Die ursprüngliche Prüfungsanordnung ohne Benutzung der

[1]) Vergl. Schmidinger, „Korrosion und Metallschutz", Bd. 2 (1926) S. 24.

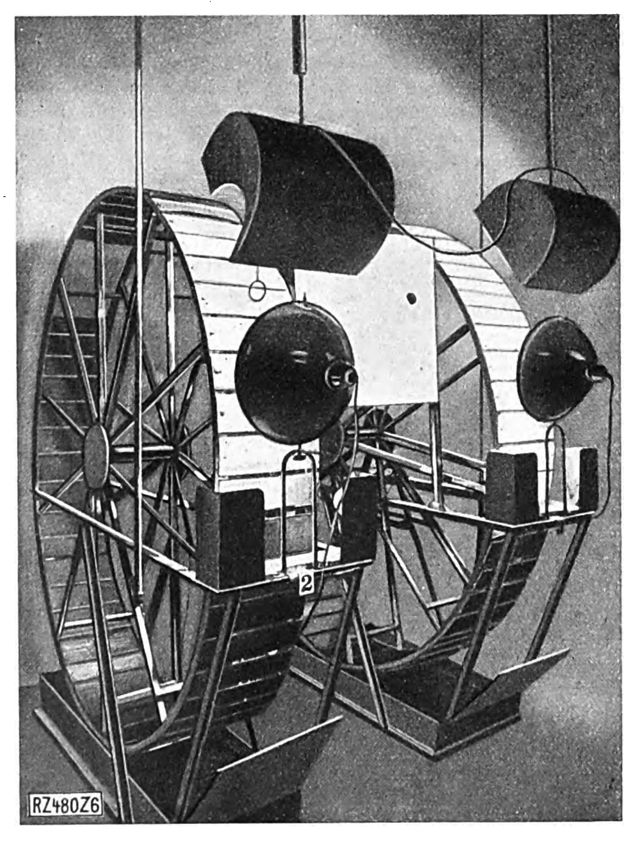


Abb. 6
Gardner-Rad der Zöllner-Werke, A.-G.

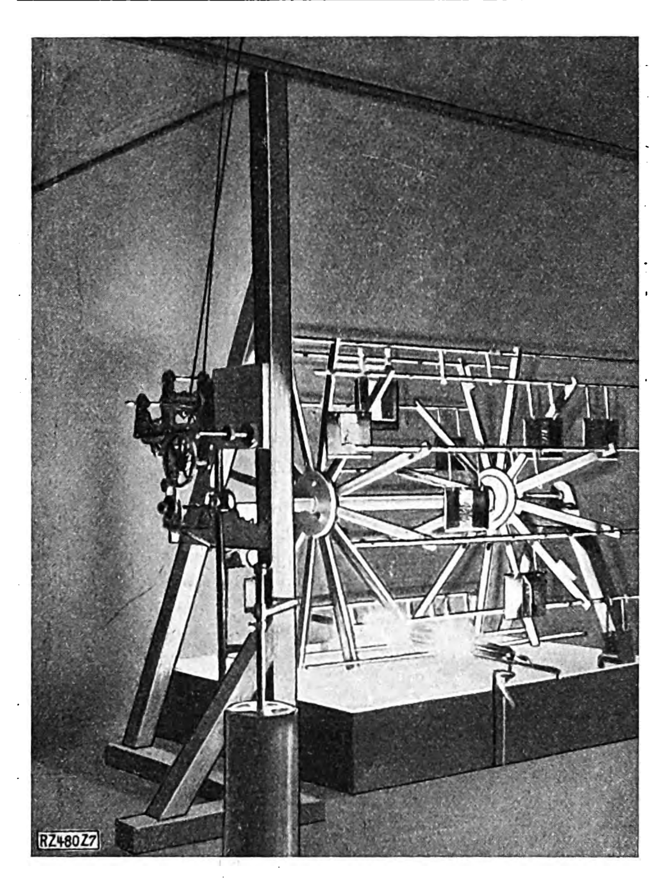


Abb. 7
Tauch- und Bestrahlgerät der Chemisch-Technischen Reichsanstalt

Quarzquecksilberlampe ist auch auf gleichzeitige Bestrahlung mit Uviollicht ausgedehnt worden[2]). Das Gerät wird durch ein Uhrwerk angetrieben. Die zu prüfenden Anstriche werden während einer Dauer von 20 min durch die Flüssigkeiten geführt und dann 40 min der Lufteinwirkung und der Bestrahlung ausgesetzt. Nach dem vorgenannten Jahresbericht der Chemisch-Technischen Reichsanstalt entsprechen die Kurzprüfungsergebnisse gut den Ergebnissen der Freilagerversuche.

[2]) Vergl. Chemisch-Technische Reichsanstalt (1924/25) Jahresbericht 4.

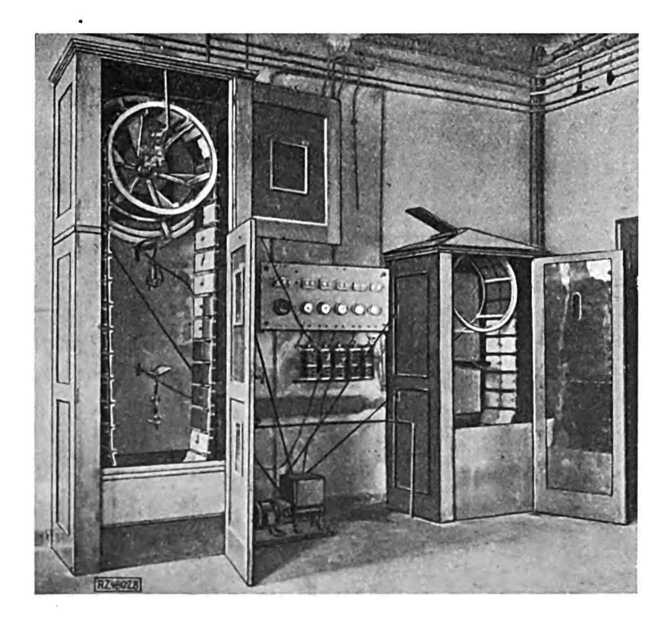


Abb. 8
Uviol-Bestrahlgerät der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft

Die bei der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft verwendeten beiden Bestrahlgeräte, Abb. 8, sind mit drei und zwei Quarzlampen versehen und können 76 und 52, also insgesamt 128 Versuchsplatten von je 125×200 mm² Größe zur gleichzeitigen Bestrahlung aufnehmen. Um den infolge Absorption durch Reflektoren wie beim Gardner-Rad entstehenden Verlust an Uviolstrahlen zu vermeiden, werden die Versuchsplatten um die in der Mitte befindlichen Lichtquellen im Abstand von 300 mm durch ein Kettenband herumgeführt, das durch ein im Kugellager laufendes Rad so in gleichmäßiger Bewegung erhalten wird, daß das Kettenband in 3 min einmal umläuft. Die als Träger der Versuchsanstriche dienenden Eisenplatten werden durch die Bestrahlung auf 30 bis 50° erwärmt. Durch mehr oder weniger weites Öffnen der am Schrank oben angebrachten Abzugklappen kann die Temperatur im Innern des Schrankes und damit die der Versuchsplatten geregelt werden.

Im unteren Teile der Bestrahlgeräte ist ein Flüssigkeitsbehälter angebracht, dessen Inhalt durch eine mit einer Kältemaschine in Verbindung stehende Kühlschlange auf 0° und darunter abgekühlt, wie auch durch eine Heizschlange beliebig erwärmt werden kann. Die durch die Bestrahlung auf 30 bis 50° oder durch Einschalten einer besonderen Heizlampe noch höher erwärmten Versuchsanstriche können also bei jedem Durchgang durch den Flüssigkeitsbehälter einem regelmäßig wiederholten schroffen Temperaturwechsel unterworfen werden. Durch Ent-

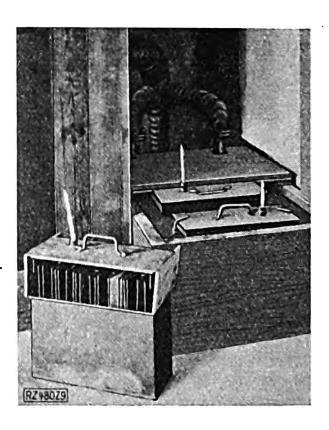




Abb. 9
Gefrierkasten

leeren des Behälters ist die Möglichkeit gegeben, die Versuchsanstriche nicht nur unter ständiger Feuchterhaltung, sondern auch im trocknen Zustand den Uviolstrahlen auszusetzen.

Die durch die Bestrahlung hervorgerufene Veränderung der Anstriche besteht in einem schnelleren Durchtrocknen und Härten, so daß die Wirkung der Bestrahlung als ein künstliches Altern zu bezeichnen ist. Der so alternde Anstrich wird unter dem Einfluß von mehrfachem Wechsel von Feuchtigkeit und Trockenheit und von Wärme und Kälte zum Quellen und Schrumpfen und endlich zum Spröde- und Rissigwerden gebracht. Der außerdem wegen seiner Sprengwirkung auf verhärtete Filme wichtige Einfluß gefrierender Feuchtigkeit wird durch wiederholtes Einhängen der mit Wasser gesättigten Anstriche in einen Kühlbehälter von $-5°$ nachgeahmt, Abb. 9.

Da die durch diese Behandlungsweisen hervorgerufene Verrottung des Anstriches, abgesehen vom Kreidigwerden und Verlust des Glanzes, für das Auge nicht immer deutlich genug zutage tritt, kommt die Behandlung mit einem Schwefligsäure-Luftgemisch von 1 vH SO_2-Gehalt hinzu, Abb. 10. Die schweflige Säure hat, als schädlichster Bestandteil der Rauchgase, die für den Versuchszweck günstige Eigenschaft, nicht nur die ölhaltigen Bindemittel der Anstriche anzugreifen, sondern beim Zusammentreffen mit ungeschütztem Eisen auf dieses im Verein mit Feuchtigkeit und dem Sauerstoff der Luft stark angreifend einzuwirken und damit den Verrottungsgrad des Anstriches zu kennzeichnen.

Um ein Bild von der Wetterbeständigkeit eines Anstriches zu haben, muß man den geschilderten Gang der



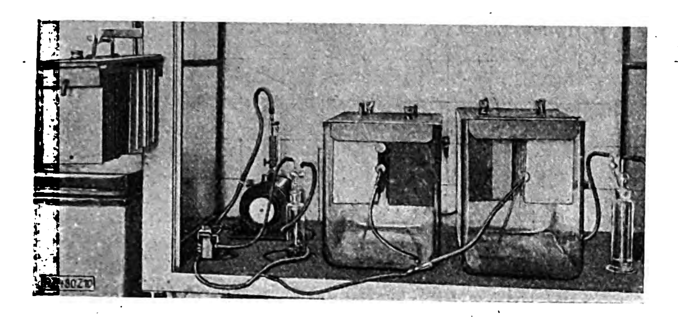


Abb. 10
Behandlung des Anstriches mit SO_2 und CO_2

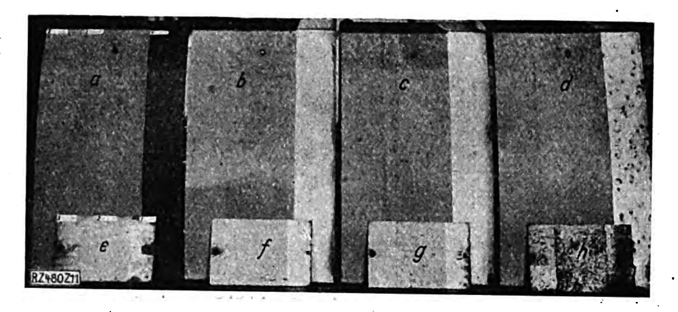


Abb. 11
Versuchsanstriche, im Freien ausgehängt und kurzgeprüft
a bis *d* Ergebnisse von Freilagerversuchen *e* bis *h* Ergebnisse von Kurzprüfungen *a* und *e* mit Ölbleimennige grundiert, *b, c, d, f, g, h* mit verschiedenen Nitrolacken in Verbindung mit Zinkweiß grundiert

Kurzprüfung im allgemeinen sechsmal auf den Versuchsanstrich einwirken lassen. Hierfür sind etwa sechs Wochen erforderlich. Diese Zeit ist für ein Verfahren, das als Kurzprüfung bezeichnet wird, noch reichlich lang. Es ist jedoch zu bedenken, daß der Gewinn gegenüber der für Freilagerversuche erforderlichen Zeit schon recht groß ist, und daß eine Überspannung der Einwirkung der atmosphärischen Teilwirkungen in bezug auf Energieaufwand und häufigen Wechsel wohl zum schnelleren Verrotten und Zerstören von Anstrichen führen kann, daß hiermit aber auch die Gefahr erhöht wird, Ergebnisse zu erhalten, die von denen der natürlichen atmosphärischen Einwirkung zu stark abweichen.

Die Versuche, die Dauer der Kurzprüfung auf eine noch kürzere Zeit zusammenzudrängen, werden natürlich fortzusetzen sein; maßgebend muß jedoch immer bleiben, daß die stets zum Vergleich heranzuziehenden Anstriche mit Farben, deren technologische Eigenschaften man auf Grund langdauernder Freilagerversuche genau kennt, nach der Kurzprüfung ein dem natürlichen Verrottungszustand entsprechendes Aussehen zeigen. Für solche Anstriche verwendet man Bleiweiß, Zinkweiß und Lithopon. Den Grad der Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen der Kurzprüfung und der Dauerprüfung zeigen Abb. 11 und 12.

In Abb. 11 geben die Tafeln *a* bis *d* die Ergebnisse von Freilagerversuchen, die Tafeln *e* bis *h* die von Kurzprüfungen wieder. Die Freilagerversuche haben drei Monate, die Kurzprüfungen drei Wochen gedauert. Die Tafeln *a* und *e* sind mit Ölbleimennige grundiert, haben in der Mitte einen Deckanstrich und am linken Rand zwei Deckanstriche von getöntem Zinkoxyd in Leinölfirnis. Die andern Tafeln sind statt mit Bleimennige mit verschiedenen Nitrolacken in Verbindung mit Zinkweiß als Farbkörper grundiert und darauf wie die Versuchstafel *a* mit einem oder zwei Deckanstrichen von Zinkoxydfarbe versehen worden.

Zweck dieser Versuche war, festzustellen, ob Nitrolackfarben wegen ihrer angeblichen Wasserundurchlässigkeit geeignet sind, Bleimennigeanstriche als Rostschutzmittel zu ersetzen oder zu ergänzen. Das Ergebnis zeigt bei der Kurzprüfung wie beim Freilagerversuch übereinstimmend die Überlegenheit der Bleimennige. Bei der Kurzprüfungstafel *e* zeigt sich die stark bleichende Wirkung der ultravioletten Strahlen auf die Bleimennigegrundierung im Gegensatz zum Freilagerversuch, bei dem eine bleichende Wirkung des Sonnenlichts, da die Tafeln im Winter ausgehängt waren, nicht zur Geltung gekommen ist, der Mennigegrund noch rot geblieben ist und daher auf dem Lichtbild dunkel erscheint. Die nach rechts zunehmende Verwitterung der drei mit Nitrolackfarbe grundierten Tafeln tritt bei den Kurzprüfergebnissen in einer den Freilagerversuchsergebnissen entsprechenden Steigerung in Erscheinung.

Abb. 12 gibt nach drei verschiedenen Zeitabschnitten aufgenommene Lichtbilder von vier Eisentafeln wieder, die den gleichen zweimaligen Lithopon-Leinölfirnisanstrich erhalten haben, wobei aber die Tafeln a_1, b_1, c_1, a_3, b_3, c_3 vor dem Anstrich durch Sandstrahlbehandlung von der Walzhaut befreit worden sind, während auf den Tafeln a_2, b_2, c_2, a_4, b_4, c_4 die Walzhaut erhalten geblieben ist. Die Tafeln a_1, a_2, b_1, b_2, c_1, c_2 stellen Kurzprüfungsergebnisse, die Tafeln a_3, a_4, b_3, b_4, c_3, c_4 Freilagerversuchsergebnisse dar. Die Tafeln a_1 und a_2 geben die Kurzprüfergebnisse

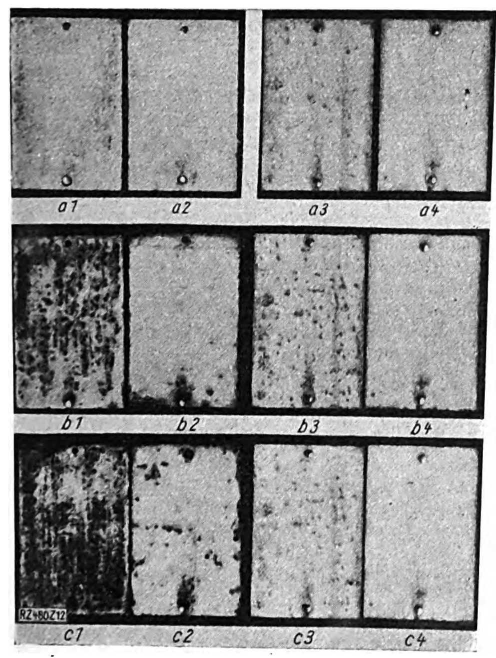


Abb. 12
Lichtbilder von vier Eisentafeln mit gleichem Anstrich, nach drei verschiedenen Zeitabschnitten aufgenommen.
a_1, a_2, b_1, b_2, c_1, c_2 Kurzprüfung
a_3, a_4, b_3, b_4, c_3, c_4 Freilagerung

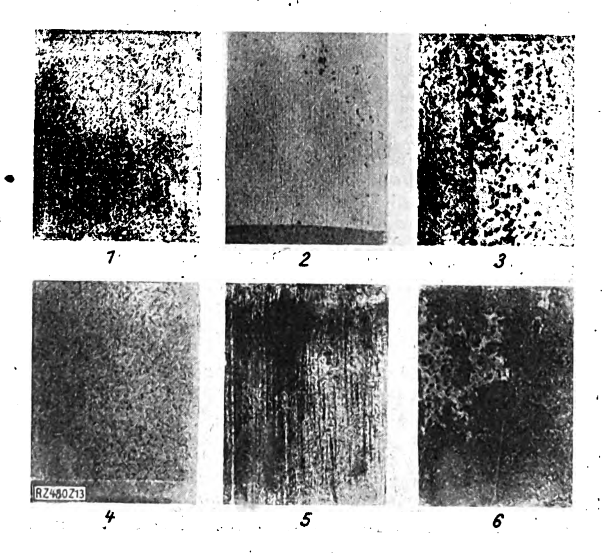


Abb. 13
Verrottungsgradskala der I.-G. Farbenindustrie

nach zwei Wochen, die Tafeln b_1, b_2 nach vier Wochen und die Tafeln c_1 und c_2 nach sechs Wochen wieder. Die Tafeln a_3 und a_4 geben die Freilagerversuchsergebnisse nach acht Wochen, die Tafeln b_3 und b_4 nach zehn Wochen und die Tafeln c_3 und c_4 nach zwölf Wochen wieder. Die Tafeln a_1, a_2, b_1, b_2, c_1, c_2 lassen den schnellen Verrottungsfortschritt im Verlauf des Kurzprüfungsganges deutlich erkennen, während die Tafeln a_3, a_4, b_3, b_4, c_3, c_4 als Freilagerversuchsergebnisse einen naturgemäß langsameren, aber ebenfalls deutlich erkennbaren Verrottungsfortschritt zeigen. Das Ergebnis der Kurzprüfungen entspricht somit gut dem der Freilagerversuche. Außerdem zeigt der Vergleich der Tafeln a_1, b_1, c_1, a_3, b_3, c_3 mit den Tafeln a_2, b_2, c_2, a_4, b_4, c_4 deutlich, daß die von der Walzhaut befreiten Eisentafeln durch den Anstrich erheblich weniger geschützt werden als die Eisentafeln, bei denen die Walzhaut erhalten geblieben ist.

Je mehr man von Kurzprüfungen solcher Art Gebrauch macht, um so notwendiger ist es, sich über gewisse Normen für die Größe der dabei entstehenden Rosterscheinungen zu einigen. Die von der I.-G. Farbenindustrie in Verrottungsgrad 1 bis 6 eingeteilte Skala, Abb. 13, gibt eine brauchbare Grundlage für diese Normung.

Wenn nun die Frage aufgeworfen werden würde, welches der beschriebenen Kurzprüfverfahren als das geeignetste anzusehen und allgemein einzuführen sei, so wäre eine Antwort darauf zur Zeit verfrüht. Wir stehen hier am Beginn einer Prüfungsart, deren Weiterentwicklung oder gar endgültige Form jetzt noch nicht genügend zu übersehen ist, und die, wie hier nebenbei bemerkt sein mag, nicht nur auf Anstrichmittel beschränkt bleiben, sondern, zweckentsprechend abgeändert, auf alle Stoffe angewendet werden soll, die beim Gebrauch den atmosphärischen Einwirkungen in besonderem Maße ausgesetzt sind, z. B. Textilien, Gummischläuche für Zugheizung und -bremsung, Dacheindeckungsstoffe usw.

Ein vorläufiger Vergleich der beschriebenen Kurzprüfverfahren ist durch den Deutschen Verband für die Materialprüfungen der Technik, Ausschuß 20, in die Wege geleitet worden. Die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft, die in diesem Ausschuß vertreten ist, hat eine große Zahl verschiedenartiger Anstriche an sechs verschiedenen Stellen Deutschlands ausgehängt, wobei in der Auswahl der Orte die Unterschiede der klimatischen Verhältnisse Deutschlands berücksichtigt worden sind. Diese große Zahl von Freilagerversuchen mit verschiedenen Anstricharten soll eine Grundlage für die technologische Bewertung der verschiedenen Anstrichstoffe geben, die ein zum großen Teil noch unbekanntes Gebiet ist; dann aber sollen die hierbei gewonnenen umfangreichen Unterlagen die Vergleichgrundlage für die Beurteilung von Kurzprüfergebnissen liefern, die mittels der beschriebenen fünf Verfahren an Versuchsanstrichen durchgeführt werden, die mit den gleichen Farben hergestellt sind wie die Freilageranstriche.

Durch den Vergleich von Kurz- und Langprüfergebnissen wird man wertvollen Aufschluß darüber erhalten, welche der fünf Kurzprüfverfahren den verschiedenen atmosphärischen Beanspruchungen am nächsten kommen, und ob und welche Verstärkung oder Abschwächung einzelner Einwirkungsarten geboten ist. Bei diesen sich wahrscheinlich auf mehrere Jahre erstreckenden Arbeiten werden die geeignetsten Prüfungskomponenten jedes Verfahrens allmählich hervortreten, so daß wir im Laufe der Zeit zu einer Annäherung der verschiedenen Arbeitsweisen und endlich zu einem Einheitsverfahren kommen werden, das unter Weglassung des Zusatzwortes „Kurz" etwa als Verwitterungsprüfung von Anstrichstoffen zu bezeichnen wäre. [B 480]

Amerikanische Hochspannungskabel für 132 kV

In Amerika sind zwei Hochspannungskabel mit hohler Ader, Bauart Pirelli[1]), verlegt worden, die sich im Betrieb wohl gut bewährt, aber anscheinend bei der Verlegung und bei Instandsetzungen einige Schwierigkeiten bereitet haben. Das veranlaßte die Public Service Electric & Gas Co. of Newark, N. J., Versuche mit neuen Hochspannungskabeln für 132 kV zu machen[2]). Die einadrigen Kabel wurden von drei Firmen geliefert, denen es freigestellt war, wie sie die Kabel ausführen wollten; es war lediglich zur Bedingung gemacht worden, daß die Kabel bei der Abnahmeprüfung den Anforderungen entsprächen.

Die Standard Underground Cable Co. lieferte ein Kabel mit hohler Ader und Fettfüllung, Abb. 1. Der Bleimantel ist innen gerieft, damit das Öl von den Verbindungsstellen aus besser fließen kann. Das Kabel ist 24 mm dick mit getränktem Papier isoliert; um die Isolation ist ein metallisches Papierband gewickelt.

Die Safety Cable Co. lieferte ein Kabel von der bei rd. 70 kV gewählten Ausbildung mit verseilter Ader, Abb. 2. Die Isolation ist ebenfalls 24 mm dick. Die einfache, normale Ausführung des Kabels erscheint besonders bemerkenswert.

Bei dem Kabel der Okonite-Callender Cable Co. ist der Leiter geteilt, Abb. 3. In der Mitte befindet sich eine verseilte Ader; um diese herum, durch eine 6 mm dicke Papierschicht isoliert, ist der andre Teil des Leiters als hohle zweite Ader gewickelt. Die äußere Isolation um diese Hohlader ist 25 mm dick.

Die Kabelverbindungen wurden bei zwei Kabeln mit Maschinen nach dem Verfahren der Underground Cable Co. hergestellt[3]); die Okonite-Callender Cable Co. benutzte für die Verbindungsstellen ihres Kabels Papier und getränkte Bänder, die mit der Hand gewickelt wurden. Über dieses Verfahren soll später Näheres veröffentlicht werden, wenn es sich bewährt hat.

Die Kabelrohre bestehen aus Fiber und sind in Beton eingebettet in drei verschiedenen Anordnungen:

1. vier Rohre senkrecht übereinander, von denen das dritte von oben leer ist und nur zu Messungen dient;
2. vier Rohre wagerecht nebeneinander, von denen eines der äußeren leer ist zu Messungen;
3. je zwei Rohre in zwei Reihen; ein Rohr der unteren Reihe ist leer zu Messungen.

[1]) Z. Bd. 69 (1925) S. 1335. [2]) „Electrical World" Bd. 90 (1927) S. 57.
[3]) Journal of the Am. Inst. of El. Eng. Bd. 46 (1927) S. 252.

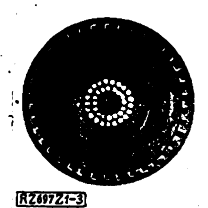


Abb. 1 Hohlkabel mit Fettfüllung und gerieftem Bleimantel der Standard Underground Cable Co.

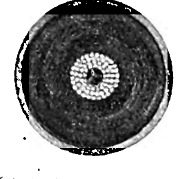


Abb. 2 Verseiltes Kabel normaler Bauart der Safety Cable Co.

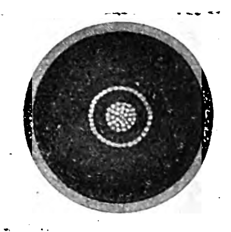


Abb. 3 Kabel mit geteiltem Leiter der Okonite-Callender Cable Co.

In jedem Rohr, in dem ein Kabel liegt, sind in verschiedenen Querschnitten je drei Thermoelemente angebracht: auf dem Kabelmantel, an der Rohrwand und in dem Luftraum zwischen Rohrwand und Kabel; in den leeren Rohren sind je zwei Thermoelemente senkrecht übereinander in einigem Abstand von der Wand angebracht. Außerdem sind Thermoelemente auf dem ganzen Umfang der (bei Anordnung 1 und 2) rechteckigen oder (bei Anordnung 3) quadratischen Betonumwehrung verteilt.

Weiterhin wurde in einem Querschnitt ein 5,5 m breites, 1,8 m tiefes Netz von Thermoelementen im Erdboden senkrecht zu den Kabelrohren eingebettet; die oberste Reihe der Thermoelemente, die 300 mm Abstand voneinander haben, liegt 200 mm unter der Oberfläche; in der Nähe der Kabelleitung sind die Abstände der Thermoelemente auf 150 mm verringert. Zur Messung plötzlicher Spannungserhöhungen ist ein dreiphasiger Klydonograph[4]) eingebaut. Beim Verlegen des Kabels wurde die erforderliche Zugkraft mit einem Dynamometer gemessen; der Höchstwert betrug rd. 700 kg; der höchste plötzliche Zug belief sich auf rd. 2400 kg. Während des Verlegens wurde das Kabel mit Fett geschmiert.

Seit dem 1. Juni d. J. ist das Kabel unter voller Last in Betrieb; über die umfangreichen Prüfungen, die noch nicht abgeschlossen sind, ist ein ausführlicher Bericht zu erwarten. [M 697] Pa.

[4]) Z. Bd. 68 (1924) S. 859 und Bd. 71 (1927) S. 1013.



Ein neuer Zähigkeitsprüfer (Viskosimeter)

Von Dr. phil. Albrecht und Dipl.-Ing. Wolff, Göttingen

Das neue Gerät zeichnet selbsttätig die Dämpfung eines Pendels auf, das in Öl schwingt. Diese Dämpfung ist ein Maß der Zähigkeit. Das Gerät erlaubt daher ohne Umbau, sehr hohe bis sehr geringe Zähigkeiten zu messen, insbesondere auch von Farben, verschmutzten oder graphitierten Ölen bei beliebigen Temperaturen.

Zweck des Gerätes

Das Gerät dient dazu, in kürzester Zeit Zähigkeits-Temperaturkurven von Flüssigkeiten mit möglichster Genauigkeit schriftlich aufzunehmen. Sein besonderer Zweck ist, die den übrigen Zähigkeitsmessern anhaftenden Nachteile zu vermeiden, die sich bei deren fortwährender Anwendung in der Versuchsabteilung Göttingen der Deutschen Reichsbahn gezeigt haben. Die Anregung zum Bau des Gerätes sowie seine physikalische Grundform gab der Leiter dieser Abteilung, Reichsbahnrat Müller.

Die Mängel der bisherigen Geräte sind:

Beim Engler-Gerät:

1. Ungenauigkeit beim Umrechnen auf absolute Zähigkeitswerte von 1 Englergrad an abwärts;
2. sehr lange Versuchsdauer bei hohen Zähigkeiten, selbst bei Anwendung des Zehntelgefäßes (Zylinderöl bei 20° im Zehntelgefäß ½ h, Mineralöl bei 20° im großen Gefäß ¾ h);
3. Unmöglichkeit über 150° Messungen vorzunehmen (Veränderung der Ausflußkapillare durch Wärmeausdehnung).

Bei den Kapillargeräten:

1. Unterbrechung der Kurvenaufnahme durch Auswechseln der Kapillaren;
2. lange Versuchsdauer bei hohen Zähigkeiten;
3. häufiges Zerbrechen der Kapillaren bei starkem Gebrauch.

Das neue Gerät bietet folgende Vorteile:

1. größere Genauigkeit des Meßgerätes von 0,1 Poisen oder ~2 Engler an abwärts, weil die Kurve des Dämpfungsbeiwertes in diesem Gebiet steiler fällt (Abb. 1). Beim Engler-Gerät scheint das Öl zwischen 100 und 150° sich wenig (~ 0,5 Engler) zu ändern, so daß die Streuung der Werte die Genauigkeit beeinträchtigt;
2. Anwendbarkeit innerhalb sehr großer Zähigkeitsgrenzen (von ungefähr 30 Poisen an abwärts), und zwar ohne irgend eine Unterbrechung der Messung oder Reinigung des Gerätes;
3. Versuchsdauer für je eine Messung höchstens 10 min;
4. Anwendungsmöglichkeit auch bei höheren Temperaturen (150° und mehr);
5. selbsttätige Aufnahme der Kurve, ohne den Fehler eines Beobachters;
6. Möglichkeit, graphitierte oder verschmutzte (aus Reinigungsanlagen stammende) Öle zu messen, ohne Störungen befürchten zu müssen.

Beschreibung des Gerätes

Der Pendel-Zähigkeitsprüfer, Abb. 2 bis 4, besteht aus einem Pendel *a* mit verstellbarem linsenförmigem Gewicht *b*. Das Pendel hat oben einen Wagebalken *c*, in dem zwei Stellschräubchen *d* angebracht sind, die eine Feineinstellung der Schwingungszeit ermöglichen. Über dem

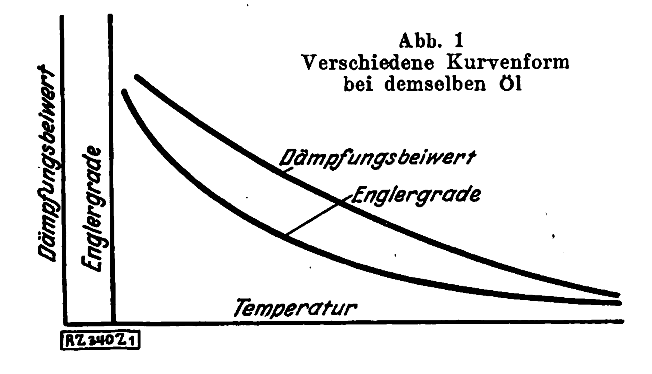


Abb. 1
Verschiedene Kurvenform
bei demselben Öl

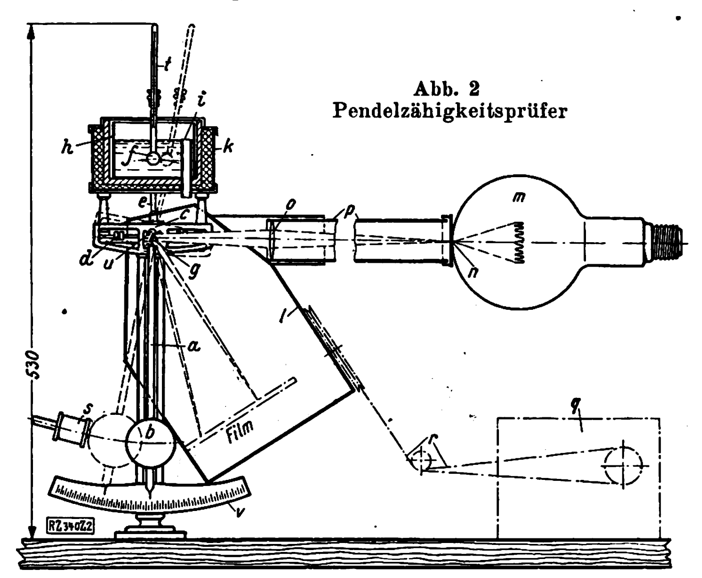


Abb. 2
Pendelzähigkeitsprüfer

a Pendel *b* verstellbares linsenförmiges Gewicht *c* Wagebalken *d* Stellschräubchen für Feineinstellung *e* Rahmen für *f* Kügelchen und *g* Spiegel *h* Ölgefäß *i* Überlaufrohr *k* äußeres Gefäß mit eingebauter elektrischer Heizung *l* luftdicht abgeschlossener Kasten *m* Lampe mit *n* Punktblende *o* Linse *p* Rohr für die Linse *q* Antrieb zur Fortbewegung des Papiers *r* Schnurübertragung *s* Elektromagnet *t* Thermometer *u* Schneide *v* Gradeinteilung

Wagebalken *c* sitzt ein Rahmen *e*, der das Kügelchen *f* und den Spiegel *g* trägt. Das Kügelchen *f* taucht bis zu einer bestimmten Tiefe in das Ölgefäß *h*. Ein Überlaufrohr *i* sorgt dafür, daß die Standhöhe der Flüssigkeit immer dieselbe bleibt, auch wenn infolge Erwärmung das Öl sich ausdehnt. In dem äußeren Gefäß *k* ist eine elektrische Heizung eingebaut, um die zu prüfende Flüssigkeit auf jede gewünschte Temperatur zu bringen.

Im lichtdicht abgeschlossenen Kasten *l*, Abb. 4, rollt der photographische Film ab, auf den die Schwingungen selbsttätig aufgezeichnet werden, indem eine Lampe *m* mit Punktblende *n* durch die Linse *o* im Rohr *p* mittels des Spiegels *g* einen Lichtpunkt auf den Film wirft. Der mit dem Wagebalken *c* fest verbundene Spiegel *g*, und damit der Lichtstrahl, macht alle Bewegungen des Pendels *a* mit, während das Papier durch den Antrieb *q* (umgebautes Morse-Gerät) und die Schnurübertragung *r* fortbewegt wird.

In dem Kasten *l* befindet sich ein Tisch, über den der Film weggeführt wird, und an dem eine spitze Nadel angebracht ist, die auf dem Film die Null-Linie aufzeichnet. Der Tisch sorgt gleichzeitig für ein gleichmäßiges Aufliegen des Films. Der Elektromagnet *s* läßt das Pendel immer aus einer bestimmten Schwingungsweite abschwingen und gewährleistet eine genaue Auslösung, wobei die Glühbirne *a*, Abb. 3, nur als Widerstand zur Erzeugung eines schwachen Gleichstromes dient.

Zur Nachprüfung der Eintauchtiefe des Kügelchens *f*, Abb. 2, in die zu prüfende Flüssigkeit, dienen zwei Lehren *a* und *b*, Abb. 5 und 6. Die Lehre *a*, Abb. 5, prüft den Abstand zwischen dem Kügelchen *f*, Abb. 2, und der oberen Querleiste des Wagebalkens *c*, Abb. 2, und die Lehre *b*, Abb. 5, den Abstand zwischen Oberkante Überlaufrohr *i*, Abb. 2, und der oberen Querleiste des Wagebalkens *c*, Abb. 2. Die Öltemperatur mißt man mit dem Thermometer *t*, Abb. 2, dessen Quecksilberkugel mit einer kugelförmigen Hülse von 12,71 mm Dmr. umgeben ist und dadurch die Reibung in der Flüssigkeit erzeugt. Man mißt also die Temperatur derjenigen Ölteilchen, an denen auch die Reibung gemessen wird und bekommt keine Fehler, falls innerhalb des Ölbades Temperatur-

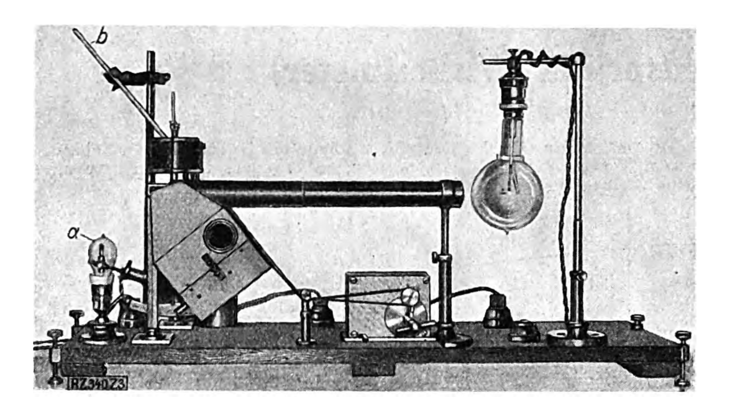


Abb. 3
Pendelzähigkeitsprüfer
a Glühlampe *b* Thermometer

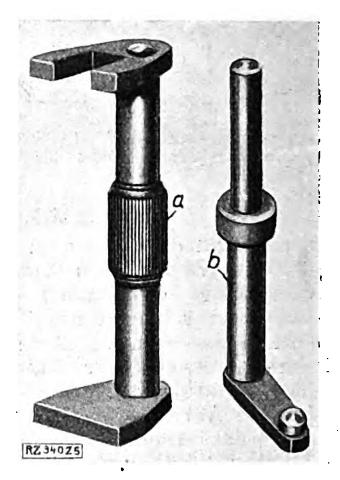


Abb. 5
Lehren zum Nachprüfen der Eintauchtiefe des Kügelchens

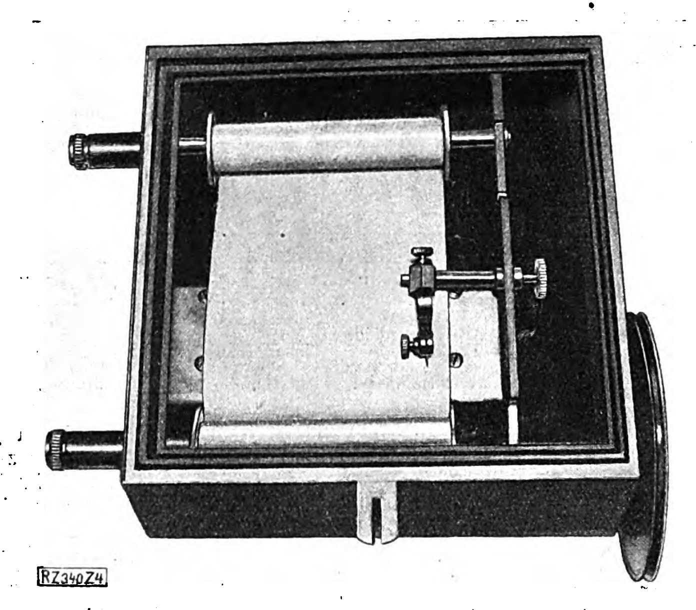


Abb. 4
Innenansicht des lichtdicht abgeschlossenen Kastens

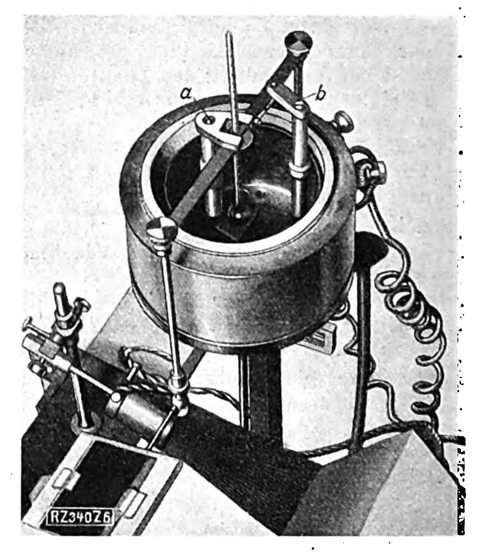


Abb. 6
Lehren eingebaut

unterschiede bestehen. Man kann jedoch, um dies festzustellen und nach Möglichkeit zu vermeiden, ein zweites Thermometer *b*, Abb. 3, einführen. Gleichmäßigkeit der Temperatur innerhalb des Ölbades erreicht man durch Rühren mit dem Pendel selbst, vor der Aufnahme. Die senkrechte Stellung des Pendels wird mittels der vier Schrauben am Grundbrett erreicht. Der Magnet *s*, Abb. 2, wird so eingestellt, daß 10° Anfangsausschlag für die Mittelachse des Pendels erreicht ist, die ihrerseits durch die Schneide *u*, Abb. 2, bestimmt ist. Zur ungefähren Beurteilung der Abnahme der Schwingungsweite dient die Gradeinteilung *v*, Abb. 2, unten an der Hauptsäule des Pendels.

Bedienung des Gerätes

Die zu prüfende Flüssigkeit wird in das Ölgefäß *h*, Abb. 2, eingefüllt und auf die gewünschte Temperatur gebracht, wobei durch Schwingenlassen des Pendels eine gleichmäßige Temperatur im ganzen Ölgefäß erreicht wird. Hierauf wird das Pendel von dem Elektromagnet angezogen und festgehalten, der Filmantrieb *q* in Bewegung gesetzt, so daß der Film über den Tisch läuft, und die Lampe *m* angezündet. Das Pendel wird ausgelöst und eine Schwingungskurve bis zu einem bestimmten Mindestausschlag (ungefähr 3°) aufgenommen. Wie der folgende Abschnitt zeigt, ist die Schwingungszeit nicht zur Berechnung des Dämpfungsbeiwertes notwendig, so daß ein ungleichmäßiges Ablaufen des Filmes keine Störung verursacht.

Der Film wird in der Dunkelkammer entwickelt, und die Schwingungen werden ausgemessen; an Stelle eines Filmes genügt ein wesentlich billigeres lichtempfindliches Papier, das aber nicht pausfähig ist. Den Film kann man bei Tageslicht einlegen, da die Filmrollen mit einem gewöhnlichen Papier von ungefähr 30 cm Länge an beiden Enden lichtdicht überwickelt sind. Die Papierenden werden unter der Nadel durchgezogen und an der ziehenden Rolle befestigt. Auf dem Tisch ist ein Körner angeordnet, auf den die Nadel genau eingestellt ist und auf den der Lichtstrahl in Ruhelage des Pendels möglichst genau zeigen soll, was durch Einstellen des Spiegels erreicht wird. Etwaige Abweichungen werden nachher bei der Ausmessung berücksichtigt. Ein Verziehen des Filmes durch Wässern und Trocknen, was an der Größe des Anfangsausschlages genau meßbar ist, fällt in der Rechnung von selbst heraus.

Einen scharfen Lichtpunkt stellt man auf dem Film durch Verstellen des großen Rohres *p*, Abb. 2, ein, in das die Linse *o* eingelassen ist. Durch sie wird ein scharfes Bild der Punktblende *n* erzeugt, die ihrerseits deshalb möglichst fein sein muß. Im Spiegel *g* ist der Lichtpunkt noch unscharf.

Berechnung der Kurven

Aus der Dämpfungskurve wird eine Zahl gesucht, die den Dämpfungsbeiwert darstellt. Dieser wird empirisch (durch Eichung) mit der absoluten Zähigkeit verbunden. Es handelt sich um Kurven, die die freie gedämpfte Schwingung darstellen[1]). Voraussetzung ist, daß die Dämpfung nicht so stark ist, daß die Kurve *b*, Abb. 7, entsteht.

[1]) Vergl. „Hütte" 1915 Bd. 1 S. 221.

Weiterhin sei Voraussetzung, daß der Widerstand proportional der Geschwindigkeit sei, also bei der raschen Bewegung der Kugel im tiefsten Punkt am größten ist. Falls der Widerstand schneller als verhältnisgleich der Geschwindigkeit steigt, wird sich dieser Fehler später bei der Berechnung der Kurve zeigen, indem verschiedene Werte für die Dämpfungszahl herauskommen, je nachdem man 5 oder 10 Schwingungen zur Berechnung heranzieht. Der Widerstand wird dann schneller als bisher mit der Geschwindigkeit steigen, wenn man oberhalb der kritischen Geschwindigkeit ist. Es sei:

- m die Masse desjenigen mathematischen Pendels, das gleiche Schwingungszeit und gleiches Trägheitsmoment hat $\left(\frac{\mathrm{kgs}^2}{\mathrm{m}}\right)$,
- G das zu m gehörige Gewicht (kg),
- x jeweiliger Ausschlag (m) senkrecht auf die Mittelachse gemessen, bei einem Halbmesser gleich 1 m, so daß x dimensionslos ist und den Sinus des Ausschlagwinkels darstellt. Die rücktreibende Kraft ist daher proportional x, also $= G\,x$,
- t Zeit von dem ersten Durchgang durch die Mittellage (s),
- T Zeit einer Doppelschwingung (s),
- c Dämpfungsbeiwert $\left(\mathrm{kg}\,\frac{\mathrm{s}}{\mathrm{m}}\right)$.

Die grundsätzliche Differentialgleichung lautet:

$$m\,g\,x + m\frac{d^2x}{dt^2} + c\frac{dx}{dt} = 0 \quad \ldots\ldots \quad (1),$$

in Worten: die Summe folgender Kräfte muß null sein:

1. die rücktreibende Kraft $(m\,g\,x)$,
2. die Beschleunigung der Masse $\left(m\frac{d^2x}{dt^2}\right)$,
3. die Dämpfungskraft = Dämpfungsbeiwert × Geschwindigkeit $\left(c\frac{dx}{dt}\right)$.

Die Integration führt zu folgender Gleichung:

$$c = \frac{1}{z\,\pi}\,\frac{G}{\sqrt{g\,l}}\,\ln\frac{A}{a} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2).$$

Als Dimension erhält man: $c = \dfrac{\mathrm{kg}}{\sqrt{\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\cdot\mathrm{m}}} = \dfrac{\mathrm{kg\,s}}{\mathrm{m}}$.

Hierin ist:

- A Anfangsausschlag, a Endausschlag } den wir gewählt haben
- z Zahl der dazu gehörigen Doppelschwingungen
- g Erdbeschleunigung $\left(\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right)$.

Da A durch a dividiert wird, ist der Maßstab, in dem sie gemessen werden, gleichgültig. A ist nicht der erste Ausschlag, sondern kann beliebig gewählt werden, Abb. 8.

l ist die Länge des dazu gehörigen mathematischen Pendels (m) und errechnet sich aus der Formel $l = \dfrac{T^2\,g}{4\,\pi^2}$.

G ist nicht das Eigengewicht des Pendels, sondern das Gewicht des mathematischen Pendels, das, abgesehen von der gleichen Schwingungszeit, auch die gleiche Trägheit hat. Es erscheint erstaunlich, daß es notwendig ist, dieses neue Gewicht (G) zu suchen. Eine Vorstellung, daß verschiedene Trägheit in zwei Pendeln stecken kann, auch wenn die reduzierte Pendellänge und das Gewicht

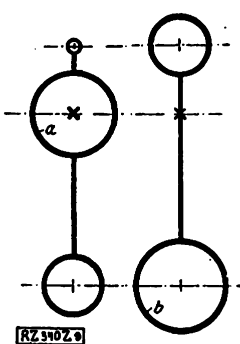


Abb. 9
Verschiedene Trägheit bei gleicher Schwingungszeit (reduzierte Pendellänge)
a kleine Trägheit
b große „

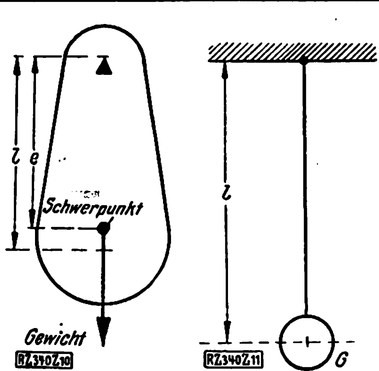


Abb. 10 und 11
Physisches und mathematisches Pendel

dieselben sind, gibt Abb. 9. Der Einwand ist falsch, daß ein mathematisches Pendel keine Trägheit hat. Es wäre richtiger zu sagen, beim mathematischen Pendel macht das Gewicht und die Trägheit nichts aus, weil die Masse so stark vereinigt ist, daß ihre Ausdehnung verschwindet gegenüber l und infolgedessen $l = e$ gesetzt werden kann. Beim Pendel a hat die zentrale Masse kaum einen Einfluß auf die Schwingungsdauer sowie auf die Trägheit und auf die Arbeitsfähigkeit, die in ihm steckt, wenn es schwingt. Zweifellos läßt sich das Pendel a leichter abbremsen, obwohl es durch richtige Verteilung der Massen die gleiche Schwingungszeit hat wie das Pendel b. Das einzusetzende Gewicht G wird folgendermaßen berechnet (Abb. 10 und 11):

- l reduzierte Pendellänge (m),
- e Abstand des Schwingungsschwerpunktes (m),
- J Trägheit des Pendels um seinen Schwerpunkt (kg s² m),
- G' tatsächliches Gesamtgewicht des Pendels (kg) $= m'g$,
- G Gewicht, das im Abstand der reduzierten Pendellänge angebracht werden muß, um dieselbe Trägheit zu bekommen.

Es ist

$$J = \frac{G'\,e\,T^2}{4\,\pi^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3),$$

$$J = \frac{G\,l^2}{g} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

und da $l = \dfrac{T^2\,g}{4\,\pi^2}$

$$J = \frac{G}{g}\,\frac{g^2\,T^4}{\pi^4\,16};$$

$$\frac{G'\,e\,T^2}{4\,\pi^2} = \frac{G\,g\,T^4}{\pi^4\,16} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (5),$$

$$G = \frac{G'\,e\,\pi^2\,4}{g\,T^2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (6).$$

Das so berechnete G wird in Gl. (2) verwendet.

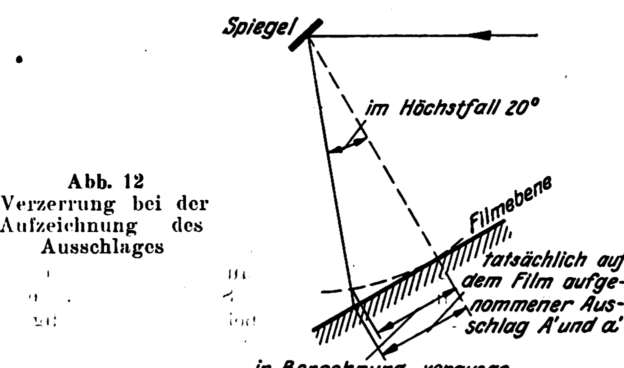


Abb. 12
Verzerrung bei der Aufzeichnung des Ausschlages

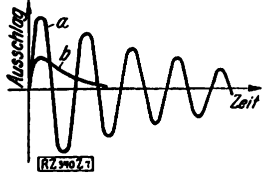


Abb. 7
Freie gedämpfte Schwingung
a Dämpfung schwach
b „ stark

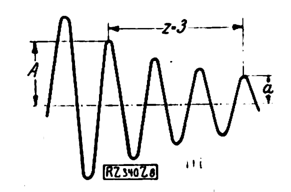


Abb. 8
Berechnung der Dämpfungskurve

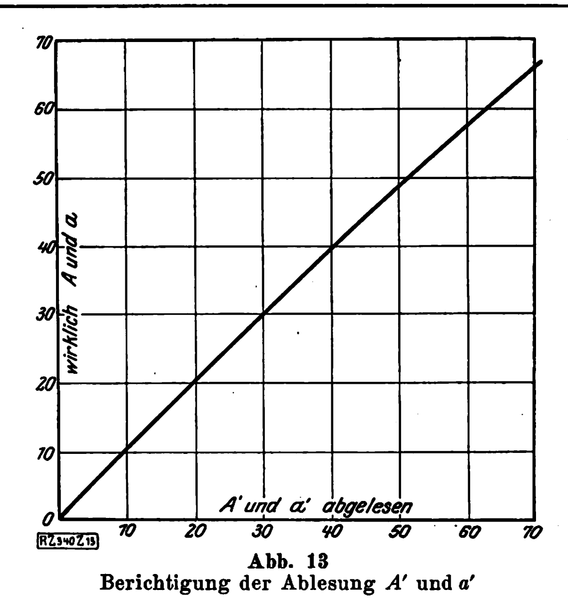


Abb. 13
Berichtigung der Ablesung A' und a'

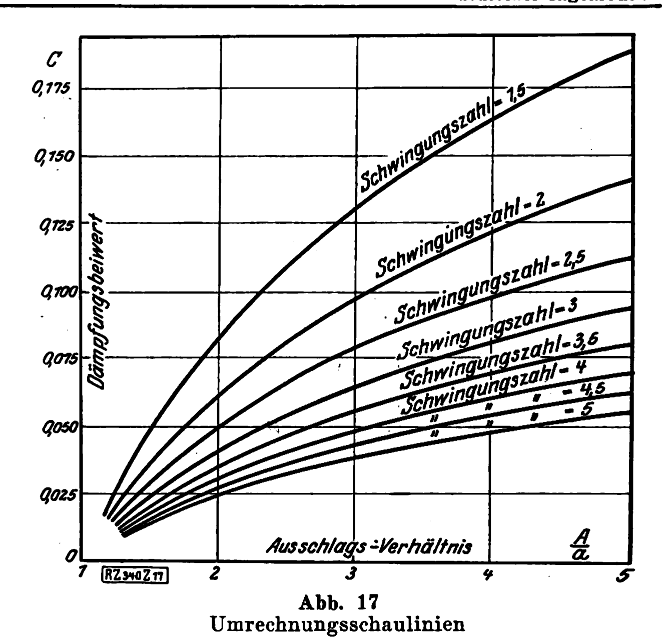


Abb. 17
Umrechnungsschaulinien

Durch die Art der Filmführung (Ebene, nicht Kreisbogen) tritt eine leichte Verzerrung ein, Abb. 12, die beim größten Ausschlag 6 vH ausmacht und durch eine Berichtigungskurve, Abb. 13, oder einen ungleichartig geteilten Maßstab berücksichtigt wird. In den Formeln wäre die Größe A einzusetzen, während uns der Film A' gibt. Ihre Abhängigkeit von einander läßt sich geometrisch leicht ermitteln.

Um Film zu sparen, nimmt man nur eine Hälfte der Schwingungen auf, vergl. Abb. 14 bis 16. Der Vorteil der Hauptformel, Gl. (2), besteht im Fehlen der Zeit, sowohl der gesamten Schwingungsdauer als auch der Einzelschwingungszeit. Das kommt daher, daß die Dämpfung (selbst bei Zylinderöl) die Schwingungszeit nicht beeinflußt, und hat den praktischen Vorteil, daß Unregelmäßigkeiten im Vorschub des Films das Ergebnis nicht stören.

Zur raschen Auswertung der Kurven vermeidet man die Benutzung von Gl. (2), indem man Abb. 17 und 18 verwendet. Dabei ist vorausgesetzt, daß man immer eine runde Zahl Schwingungen benutzt und den Wert $\frac{A}{\leq a}$ gebildet hat. Der Dämpfungsbeiwert c ist dann ohne weiteres aus dieser Kurve ablesbar.

Zahlentafel 1
Streuung des Dämpfungsbeiwertes bei dreimaliger Messung

Temperatur °C	c	Größter Unterschied	gesamte Streuung vH	Mittelwert
20	0,009 95 0,009 97	0,000 02	0,2	0,009 96
25	0,007 02 0,007 12 0,007 18	0,000 16	2,3	0,007 11
35	0,004 16 0,004 31 0,004 22	0,000 15	3,5	0,004 23
50	0,002 39 0,002 40 0,002 44	0,000 05	2,1	0,002 41
75	0,001 42 0,001 42 0,001 39	0,000 03	2,1	0,001 41
150	0,000 64 0,000 66	0,000 02	3,1	0,000 65

Über den Grad der Genauigkeit, den wir erreicht haben, gibt die Zahlentafel 1 für das Achsenöl Voltol 5045 Auskunft, das wir bei verschiedenen Temperaturen mehrmals geprüft haben.

Die Streuung ist nicht abhängig von der Temperatur und beträgt im Höchstfalle 3,5 vH $= \pm 1{,}8$ vH. Zu diesem Versuch haben wir nicht etwa hintereinander die verschiedenen Messungen bei gleicher Temperatur vorgenommen, sondern mit jedesmal neuer Ölmenge eine Meßreihe mit steigender Temperatur aufgenommen.

Der Dämpfungsbeiwert c ist mit der absoluten Zähigkeit durch eine Eichkurve verbunden, Abb. 19.

Allerdings muß vorher das spezifische Gewicht s der Flüssigkeit in der Weise berücksichtigt werden, daß der Dämpfungsbeiwert c durch $\sqrt{s}$ geteilt wird. Er wird dadurch für Flüssigkeiten mit $s > 1$ kleiner und für Flüssigkeiten mit $s < 1$ größer. Diese Verbesserung wurde empirisch gefunden und stimmte bei den gemachten Versuchen für Flüssigkeiten mit s von 0,85 bis 2,18 gut überein. Die Eichkurve geht nicht durch null, sondern durch den Punkt 0,000 161, der durch Schneiden- und Luftreibung bedingt ist. Dieser Wert wird nicht abgezogen, sondern dient nur zum Prüfen des Gerätes. Es ist günstiger, bei dünnen Ölen oder hohen Temperaturen den Wert $\frac{c}{\sqrt{s}}$ zum Vergleich zweier Öle zu benutzen, da er in Abhängigkeit von der Temperatur im Gebiete geringer Zähigkeiten steiler fällt als die dazu gehörigen η-Werte. Abb. 20 und 21 zeigen an einigen Beispielen (Zylinder-, Mineral- und Voltolöl) das steilere Fallen der Kurven für $\frac{c}{\sqrt{s}} : t$ gegenüber den $\eta : t$-Kurven bei geringen Zähigkeiten (höheren Temperaturen).

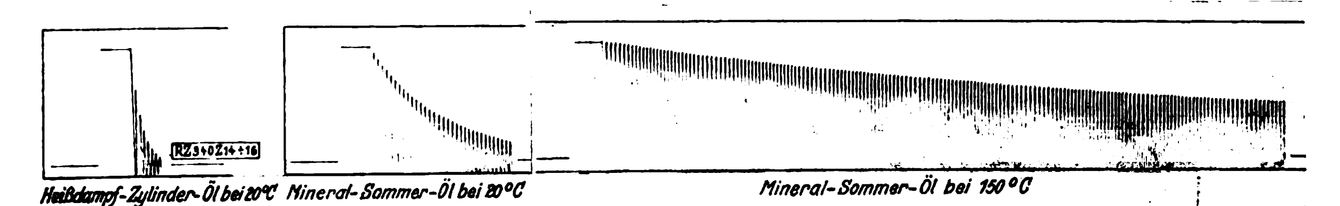


Abb. 14 bis 16
Schwingungskurven bei stark verschiedener Zähigkeit

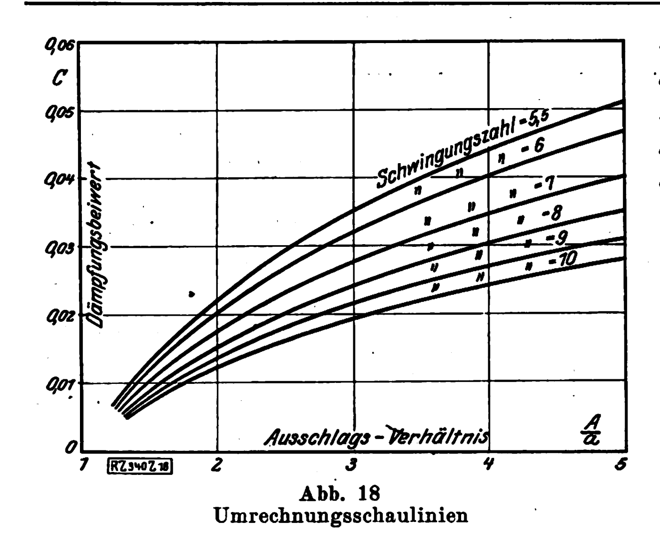


Abb. 18
Umrechnungsschaulinien

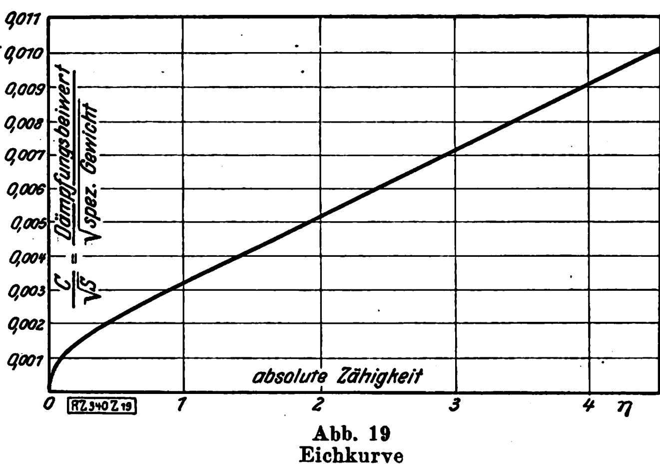


Abb. 19
Eichkurve

Eine gute Bestätigung sowohl der allgemeinen Form unserer Eichkurve als auch der Art der Berücksichtigung des spezifischen Gewichts $\left(\frac{c}{\sqrt{s}}\right)$ gibt Kirchhoff[2]). Er berechnet dort rein mathematisch die Dämpfung einer Kugel, die wagerecht in einer Flüssigkeit hin und her schwingt.

Zusammenfassung

Die zunehmende Beanspruchung der einzelnen Maschinenteile, besonders der aufeinander gleitenden Teile (Lager, Zylinder) stellt auch höhere Ansprüche an die zu verwendenden Schmierstoffe. Wenn man sich auch heute darüber klar ist, daß der Schmierwert eines Schmierstoffes nicht vollkommen durch seine Zähigkeit bestimmt und erfaßt wird, so ist die Kenntnis oder Feststellung der Zähigkeitskurve doch von außerordentlicher Bedeutung. Der von uns durchgebildete Pendel-Zähigkeitsprüfer[3]) ermöglicht in einfacher und schneller Weise die Aufnahme einer großen Zahl von Punkten der Zähigkeitskurve für alle vorkommenden Temperaturen. Vor allen Dingen kann man mit dem Gerät die Zähigkeit von gebrauchten, verschmutzten oder graphitierten Ölen, ferner von Emulsionen aufnehmen. Die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft verwendet das Gerät bereits bei mehreren Untersuchungsstellen mit bestem Erfolge. Neben der Untersuchung von Ölen auf ihre Schmiereigenschaften werden neuerdings mit diesem Gerät Farben aller Art auf einen vorgeschriebenen Flüssigkeitsgrad untersucht, der bei der Verarbeitung der Farbe mit der Spritzpistole unbedingt eingehalten werden muß. [B 340]

[2]) Vergl. Kirchhoff, Mechanik, 26. Vorlesung S. 388; B. G. Teubner, Leipzig 1877.

[3]) Die Herstellung des Gerätes hat die Firma Spindler & Hoyer, G. m. b. H., Göttingen, übernommen.

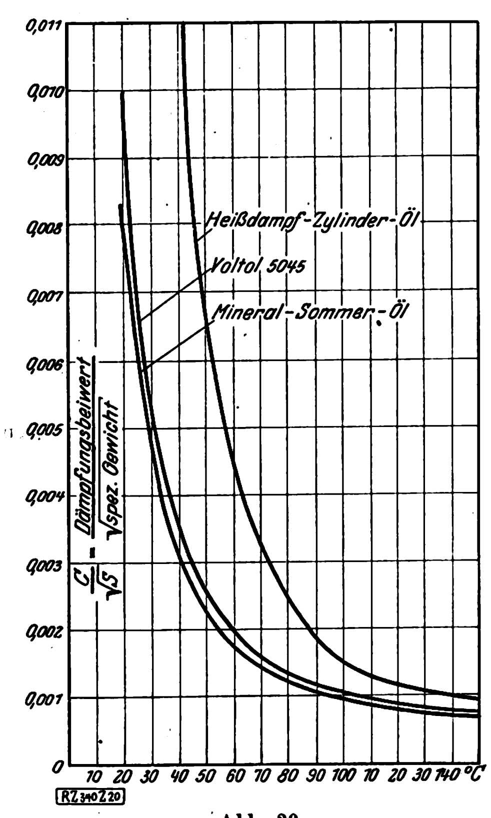


Abb. 20
Abhängigkeit des Dämpfungsbeiwertes von der Temperatur

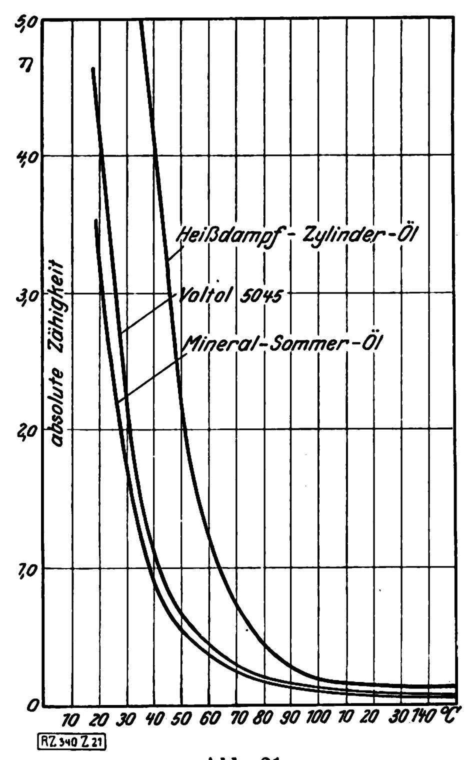


Abb. 21
Abhängigkeit der absoluten Zähigkeit von der Temperatur

RUNDSCHAU

Kältetechnik

Fortschritte der Kältephysik und Kältetechnik

Im Deutschen Kälteverein sind drei Arbeitsabteilungen gegründet worden: 1. für wissenschaftliche Arbeiten, 2. für Bau und Lieferung von Maschinen und Geräten, 3. für Anwendung von künstlicher Kälte und Natureis. Am 31. Mai traten diese Abteilungen in Karlsruhe zu Sitzungen zusammen, in denen sieben kürzere Berichte erstattet wurden; daran schloß sich am 1. Juni die Hauptversammlung des Vereines mit drei größeren Vorträgen. Das Bemerkenswerteste aus sieben dieser Vorträge soll im folgenden zusammengestellt werden.

Wissenschaftliche Arbeiten

M. Jakob, Berlin: Die Wärmeleitfähigkeit von Eis bis —125°. Von der Wärmeleitzahl des Eises hängt die Geschwindigkeit des Gefrierens von Eisblöcken und der Tauvorgang ab, ferner der Durchgang der Wärme durch die vereisten Rohrleitungen von Kälteanlagen; die Gletscher- und Polareisforschung braucht diese Größe ebenso wie die Physik, die aus dem Sprung der Wärmeleitzahl beim Gefrieren, aus ihrer Größe und Temperaturabhängigkeit Aufschlüsse über die Natur des festen Zustandes zu gewinnen sucht. Schon viele Forscher haben daher Messungen der Wärmeleitzahl des Eises ausgeführt, die sich nicht weit unter den Gefrierpunkt erstreckten, deren Ergebnisse aber trotzdem um ± 50 vH voneinander abwichen. Jakob und Erk haben daher neuerdings in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt Versuche nach einem Verfahren von Jakob unternommen, die bisher bis —125° ausgedehnt wurden und noch fortgesetzt werden. Eine Flüssigkeitsschicht von 5 mm Dicke zwischen zwei kreisrunden Kupferplatten wird zum Gefrieren gebracht, indem die untere Platte durch einen Strom von flüssiger Luft gekühlt wird. Dann wird in einem elektrischen, auf die obere Kupferplatte aufgesetzten Heizkörper Wärme erzeugt und von oben nach unten geleitet, indem die untere Platte, wieder durch flüssige Luft, auf einer tieferen Temperatur gehalten wird. Aus der dem Heizkörper zugeführten elektrischen Energie und dem Temperaturgefälle zwischen den Kupferplatten (gemessen mit Thermoelementen) wird die Wärmeleitzahl des Eises bestimmt. Die Einstrahlung von Wärme wird durch ein über das Plattensystem gestülptes gläsernes Vakuum-Mantelgefäß sehr verringert und der Messung zugänglich gemacht. Bisher wurden 10 Eisplatten untersucht, die zum Teil sechs Tage lang bei tiefer Temperatur erhalten blieben; an jedem Tage wurde dann bei einer andern Temperatur beobachtet; insgesamt sind bis jetzt Messungen an 31 Tagen gelungen. Die Wärmeleitzahl scheint nach diesen Versuchen zwischen den äußersten Werten früherer Beobachter zu liegen und mit abnehmender Temperatur etwas zuzunehmen. Starke Streuungen der Versuchswerte bei —70 °C bedürfen noch der Nachprüfung. Die Vermutung eines Umwandlungspunktes in dieser Gegend wurde durch Wärme-Ausdehnungsmessungen an Eisstäben (bis zu —189°) bisher nicht bestätigt.

F. Simon, Berlin: Ein neues Verfahren zur Erzeugung sehr tiefer Temperaturen. Simon geht aus von der Eigenschaft aktiver Kohle und andrer Stoffe, insbesondere eines Ceolith genannten Stoffes, bei tiefer Temperatur gierig Gase aufzusaugen (zu adsorbieren). Er hat z. B. in einem in flüssigen Wasserstoff getauchten Gefäß mit 15 g aktiver Kohle 8 l Helium adsorbiert. Bei der Adsorption wird, wie man schon aus dem Raumverhältnis dieser beiden Stoffe erkennt, das Gas stark verdichtet und Wärme entwickelt. Umgekehrt muß man Wärme aufwenden, wenn man das adsorbierte Gas wieder befreien will. Saugt man also das Gas ab, so entzieht es seiner Umgebung Wärme und kühlt sie dabei. Simon ist es bei seinen gemeinsam mit Lange ausgeführten Versuchen gelungen, mit Laboratoriumsgeräten bis zu —269°, also unter die Temperatur der Heliumverflüssigung, zu gelangen. Er führte einen Versuch bei Zimmertemperatur vor, bei dem er durch Abpumpen an Kohle adsorbierter Kohlensäure in kurzer Zeit von + 15° auf —7° kam; als die Kohlensäure wieder eingelassen wurde, stieg die Temperatur wieder an: der Vorgang ist umkehrbar, aber nicht ohne Unterbrechung ausführbar; er hat den Vorteil, daß man für wissenschaftliche Zwecke ganz tiefe Temperaturen mit sehr kleinen Einrichtungen und ohne Hilfskräfte erzielen kann.

W. Meißner, Berlin: Elektrisches Verhalten der Metalle im Temperaturgebiet des flüssigen Heliums. Die Helium-Verflüssigungsanlage der Reichsanstalt kann, sobald die Verflüssigungstemperatur von —268,9° einmal erreicht ist, in 7 min 400 cm³ flüssiges Helium liefern. Davon verdampft in 2 h die Hälfte, worauf die Verflüssigung mit ganz geringer Anlaufzeit (3 min) wieder einsetzt. Mit einem Aufwand von 10 l flüssigem Wasserstoff hat man so die Möglichkeit, etwa fünf Stunden lang mit flüssigem Helium zu arbeiten. Ein Schwimmer, der den Stand der Flüssigkeit im Versuchsgefäß anzeigt, dient gleichzeitig als Rührwerk. Der Temperaturaustausch ohne Rühren ist sehr schlecht (Unterschiede bis zu 2°); flüssiges Helium muß also ein schlechter Wärmeleiter sein.

Meißners bisherige Versuche beziehen sich auf die elektrischen Eigenschaften von Metallen, besonders auf die rätselhafte Erscheinung der Supraleitfähigkeit, die von Kamerlingh-Onnes in Leiden entdeckt wurde und darin besteht, daß bei Temperaturen zwischen —266° und —269,5° gewisse Metalle sprunghaft ihren elektrischen Widerstand fast völlig verlieren; z. B. floß in einem Bleiring ein Strom nach Abschalten der Stromerzeugung sechs Stunden unvermindert weiter, was darauf schließen ließ, daß der Widerstand des Bleis sich von der Zimmertemperatur an auf weniger als den 10^{12}ten Teil verringert hatte. Meißner berührte in seinem Vortrag zunächst die Möglichkeit, auf die Umkehr des thermoelektrischen Effektes, den sogenannten Peltier-Effekt, eine Kältemaschine zu gründen, die noch tiefere Temperaturen zu erreichen gestatten würde. Hat man nämlich eine Lötstelle im flüssigen Helium, so würde sich unter der Wirkung des Peltier-Effektes, wenn Strom durch die Drähte fließt, die Lötstelle abkühlen; die Supraleitfähigkeit würde den Strom beliebig lange aufrecht erhalten.

Bisher hat man die Supraleitfähigkeit nur bei fünf Metallen feststellen können, die im periodischen System nahe beieinander liegen, nämlich bei Indium, Zinn, Quecksilber, Thallium und Blei. Meißner hat diesen benachbarte Metalle wie Kadmium und Gold untersucht, und zwar in sehr reinem Zustand (z. B. Gold mit weniger als 0,001 vH Verunreinigung) und in Form von Einkristallen. Er kommt zu dem Schluß, daß sehr wahrscheinlich nur bestimmte Metalle supraleitend werden und daß der Reinheitsgrad nicht maßgebend für die Erscheinung sei. Seine weiteren Forschungen betreffen vor allem den beträchtlichen Einfluß magnetischer Felder auf das Eintreten der Supraleitfähigkeit und die Thermokraft, die sich auch bei den tiefsten Temperaturen noch stetig ändert, so daß die Temperaturmessung möglich bleibt.

Maschinen und Geräte.

F. Merkel, Dresden: Der Wärmeübergang in Luftkühlern. Merkel weist zunächst auf die Analogie des „Wärmeüberganges" und des „Wasserüberganges" bei der Berührung feuchter Luft mit kühlen Wänden hin. Dabei gilt die Beziehung $\frac{\alpha}{\sigma} = c_p = 0{,}24$, wenn α die Wärmeübergangszahl und c_p die spezifische Wärme der Luft ist; somit ist $\sigma \sim 4\,\alpha$. Es werden nun die Formeln für die Wasserausscheidung auf eine Form gebracht, in der eine „scheinbare" Wärmeübergangszahl und eine „scheinbare" spezifische Wärme vorkommen; das sind physikalische Größen eines gedachten Stoffes, der ohne Wasserausscheidung die gleiche Wärme abgeben würde wie die feuchte Luft mit Wasserausscheidung.

Nun ergibt sich aber ein Unterschied, je nachdem sich an den Flächen Tau oder Reif bildet. Bei Tau stellt sich ein Beharrungszustand ein, da das Wasser abläuft. Man kann dann das Problem nach den Gleichungen von Nußelt für die Wasserhaut behandeln. Die Isolierfähigkeit der Wasserhaut kommt kaum in Frage, da sie sehr dünn ist. Anders bei Reif; da wird die Schicht immer dicker, isoliert also immer besser; der Temperaturunterschied an der Wand wird größer, die Kälteleistung nimmt ab. Schließlich muß der Reif entfernt werden. Hier spielt die Wärmeleitzahl des Reifes eine große Rolle. Sie hängt von seiner mittleren Dichte ab und hat als Grenzwert die Wärmeleitzahl von reinem Eis.

Nach diesen physikalischen Ansätzen ging Merkel auf die Behandlung wirklicher Kälteanlagen über und stellte vor allem an Diagrammen das Zusammenarbeiten des Luftkühlers mit der Kältemaschine dar. Versuche über die Wasserausscheidung an kühlen Flächen, die Wasserübergangzahl und die Gestaltung der Kühlflächen werden im Maschinenlaboratorium der Technischen Hochschule Dresden ausgeführt.



Wagner, Wiesbaden: Aus dem Anwendungsgebiet mehrstufiger Kältemaschinen. Nach einem allgemeinen Überblick kommt Wagner zu dem Schluß, daß vom Verdichtungsverhältnis 1 : 5 ab die zweistufige Bauart, von 1 : 20 bis 1 : 25 ab die dreistufige Bauart in Frage kommt. Kolbenmaschinen mit mehr als drei Stufen werden selten ausgeführt. Das eigentliche Gebiet der mehrstufigen Kältemaschine liegt unter — 30 °, umfaßt also vor allem die Zerlegung von Gasgemischen. Da die Koksgaszerlegung besonders behandelt wurde, wählte Wagner als Beispiel die Chlorverflüssigung, die im Verlaufe von 40 Jahren eine große Entwicklung genommen hat.

Ein zweites Anwendungsgebiet der mehrstufigen Maschinen bilden Anlagen in tropischen Gegenden, wo man mit hohen Kühlwassertemperaturen rechnen muß, ein drittes Schiffskühlanlagen, die für die ungünstigsten Verhältnisse gebaut werden müssen. Erwähnt wurde ferner eine 2000-pferdige zweistufige Maschine für 1 Mill. kcal/h Kälteleistung, bei der Äthan für die tiefe und Ammoniak für die höhere Stufe verwendet wurde. Endlich wurde noch kurz auf die Turbokompressoren eingegangen, für die H. Lorenz erstmalig schweflige Säure und radiale Beaufschlagung vorgeschlagen hatte, bei denen man aber neuerdings Ammoniak oder Äthylen und axiale Beaufschlagung vorzieht. Lorenz bemerkte hierzu in der Aussprache, daß er seinen Vorschlag nur als Beispiel gebraucht habe. Für sehr große Leistungen könne man eben die Spaltverluste mit jedem Mittel überwinden.

R. Linde, München: Neues auf dem Gebiet der Gaszerlegung mit Hilfe der Tieftemperaturtechnik. Zunächst wurde der von der Gesellschaft für Lindes Eismaschinen entwickelte Rektifikations-Apparat zur Zerlegung der Luft erklärt und der in einem Vierteljahrhundert damit erzielte Erfolg dargelegt. Claude und seine Gesellschaft sind andere Wege gegangen. Sie haben auch die äußere Arbeit zur Kälteleistung verwendet und auf diese Weise grundsätzlich etwas einfachere Anlagen herstellen können; dagegen sind die Anlagen ohne Expansionszylinder etwas betriebsicherer. Neuerdings geht auch Claude teilweise zum Rektifikationsverfahren über.

In den Vereinigten Staaten mußte man den Sauerstoff mit einer Reinheit von über 99 vH in den Handel bringen, um den Wettbewerb mit dem elektrolytischen Verfahren bestehen zu können. Für autogenes Schneiden ist eine solche Reinheit in der Tat wünschenswert, für das Schweißen wäre aber Sauerstoff von 96 vH Reinheit ebensogut. Durch geeignete Anordnung der Rektifikationssäule kann man Wirkungsgrade von nahezu 100 vH erzielen; man muß nur die Säule in viele Böden zerlegen, ihre wirksame Fläche vergrößern (z. B. durch dünne, zusammengerollte Bleche), die Flüssigkeit in Schaum auflösen usw. Dabei nimmt aber das Gewicht und das Gesamtvolumen der Säule zu; aus wirtschaftlichen Gründen muß man sich daher beschränken.

An die Reinheit von Stickstoff werden von der chemischen Industrie besonders hohe Anforderungen gestellt. Es gelang, Stickstoff von 99,6 bis 99,8 vH herzustellen; dabei mußte man allerdings auf höchste Reinheit des außerdem anfallenden Sauerstoffs verzichten. Die größte Stickstoffanlage ist bisher die in Trostberg, Bayern; sie erzeugt 16 000 m^3/h mit einem Aufwand von 0,2 kWh/m^3.

Die Hauptgebiete der Gaszerlegung sind immer noch die autogene Metallbearbeitung, die unmittelbare Salpetersäure-Darstellung und die Herstellung von Azeton. Bei der Eisen- und Stahlerzeugung hat man praktisch noch keinen Gebrauch von der Sauerstoffzufuhr gemacht; dazu dürfte der Sauerstoff nur etwa 1 ₰/m^3 kosten.

Daran anschließend wandte sich Linde dem großen Gegenwartsproblem der Zerlegung von Koksofengas zur Wasserstoffgewinnung zu, demgegenüber die Wassergaszerlegung an Bedeutung verloren habe. Schon 1914 waren die Rombacher Kohlenwerke an die Lindegesellschaft herangetreten; eine Versuchsanlage wurde aber erst 1919 errichtet, und auch dann dauerte es noch mehrere Jahre, bis sich die deutsche Kohlenindustrie dem neuen Gebiet stärker zuwandte. Inzwischen hatte Claude schon für Amerika und 1922/23 für Frankreich und Belgien Anlagen gebaut. Auch die Linde-Gesellschaft hat zuerst für diese Länder und erst in den letzten Jahren auch für Deutschland Anlagen nach dem sogenannten Mont Cenis-Verfahren in Auftrag erhalten.

Linde führte aus, es sei für den Fachmann überraschend, daß man Koksofengas überhaupt zerlegen könne. Bei der Luftzerlegung habe man, um ein Verstopfen der Gegenströmer zu verhüten, die Luft nur vom Wasser durch Vorkühlung und von der Kohlensäure durch Natronlauge zu befreien; bei der Koksofengaszerlegung dagegen, bei der vielerlei feste Körper vorkommen, sei die Verstopfungsgefahr daher sehr groß; auch dürften einzelne Bestandteile, wie das wertvolle, bei 4 ° fest werdende Benzol, nicht verloren gehen. Die verschiedenen Bestandteile werden bei dem Lindeschen Verfahren nacheinander und nebeneinander kondensiert. Kohlenoxyd und Schwefel, beides schädliche Katalysatoren, können bis auf Bruchteile von Tausendsteln entfernt werden. Der Kraftbedarf für 1 m^3 Wasserstoff beträgt 0,66 PSh.

Bemerkenswert ist der Vergleich der Drücke bei den verschiedenen Verfahren. Während Claude mit 800 at, die I.-G. Farbenindustrie mit 200 at arbeitet, erfordere das Mont Cenis-Verfahren nur 100 at. Bisher habe die Linde-Gesellschaft Anlagen für insgesamt 50 000 m^3/h gebaut. Claude verwende bei seinen Anlagen die äußere Arbeit, was die Anordnung wieder etwas einfacher gestalte. Er habe bisher vier Anlagen in Frankreich in Betrieb, sechs in anderen Ländern. Frankreich habe daher zur Zeit einen Vorsprung bezüglich der verarbeiteten Gasmengen. In Deutschland seien für das Ruhrgebiet zwei Anlagen nach Linde und für eine deutsche Kokerei eine nach Claude im Bau. Damit käme Deutschland an die Spitze; doch seien auch in Frankreich große Claude-Anlagen geplant.

Nach dem Verfahren der Zerlegung des Koksofengases kann man bequem reinen Wasserstoff für die Kohleverflüssigung herstellen, und zwar um so günstiger, für je mehr Nebenprodukte außer Wasserstoff man Verwendung hat. Das Verfahren liefert den Wasserstoff ganz frei von Schwefel und Kohlenoxyd; aber auch wo dieser Vorteil keine Rolle spielt, sei es das wirtschaftlichste von allen bekannten Wasserstoff-Verfahren.

R. Plank, Karlsruhe: Die modernen Haushaltungskältemaschinen [1]). Sehr gründlich hat Plank Unterlagen über Kleinkältemaschinen gesammelt und zusammengestellt, besonders amerikanische Angaben. In Amerika werden jährlich einige Hunderttausend Kleinkältemaschinen für 50 bis 500 kcal/h Kälteleistung gebaut. Ein mittlerer Haushalt hat dort bei dem üblichen Nutzinhalt der Kühlschränke von 0,15 bis 0,20 m^3 einen Kältebedarf von 800 bis 1200 kcal täglich.

Die Anforderungen an eine Haushaltkälteanlage lassen sich durch folgende Schlagworte kennzeichnen: 1. Betriebsicherheit, 2. Unfallverhütung, 3. einfache Bedienung, 4. dauernd gleichmäßige Temperatur, 5. geräuschloser Gang, 6. geringer Platzbedarf, 7. kleine Anschlußkosten. Die Wirtschaftlichkeit der Kälteerzeugung kommt demgegenüber erst in zweiter Linie in Betracht. Für amerikanische Verhältnisse ist bei einer täglichen Eiserzeugung von 18 kg mit Jahreskosten von etwa 125 $ (Verzinsung und Tilgung eingeschlossen) zu rechnen.

Absorptions-Kälteanlagen werden mit Gas oder Elektrizität betrieben; für Kompressionsanlagen kommt nur der elektrische Antrieb in Frage. Absorptionsanlagen sind chemische Apparate, die fast keine Wartung brauchen; Kompressionsanlagen enthalten immer Maschinen, die einer gewissen Abnutzung unterliegen, Schmierung, Ventile und Stopfbüchsen haben, also einer gewissen Wartung bedürfen. Amerikanische Firmen beaufsichtigen die Anlagen im Abonnement, wobei auch Öl und Kältemittel nachgefüllt werden.

Bei Kompressionsanlagen wird in Amerika die Maschine meistens unterhalb, in Europa vielfach oberhalb, manchmal auch in mittlerer Höhe des Kühlraumes angeordnet. Um geräuschlosen Gang zu erzielen, wendet man schon bei Anlagen für 270 kcal mehrzylindrige Kompressoren an. Als Kälteträger dienen schweflige Säure SO_2, Chlormethyl CH_3Cl, Chloräthyl C_2H_5Cl, Isobutan $CH(CH_3)_3$. Diese Reihenfolge entspricht etwa der Wichtigkeit der Stoffe. Ammoniak ist der hohen Drücke wegen bei Kompressionsanlagen sehr wenig üblich. Der Kompressorhub ist meistens sehr kurz, $s/d = 1{,}2$ bis 0,17; Drehkolbenmaschinen kommen nur für die größeren Typen in Betracht. Die Kondensatoren werden mit Wasser- und mit Luftkühlung gebaut. Berieselungskondensatoren kommen nicht vor, Doppelrohrkondensatoren nur sehr selten; üblich sind dagegen Tauchkondensatoren mit Kühlwasser innen und Kältemittel außen.

Bei Absorptionsanlagen überwiegt die Verwendung von Ammoniak, das in Wasser absorbiert wird. Auch andre Stoffe werden verwendet, z. B. Ammoniak und Chlorkalzium, das in einen teigigen Zustand übergeht. Auch die Adsorption wendet man bereits für Kleinkälteanlagen an; so läßt man Ammoniak in aktiver Kohle, Wasserdampf in Silica-Gel adsorbieren.

Zum Schluß ging Plank noch kurz auf die kontinuierlichen Maschinen, wie die Elektrolux-Maschine [2]), ein.

Charlottenburg. [B 657] Max Jakob.

[1]) Der Vortrag wird in dieser Zeitschrift ausführlich veröffentlicht werden.
[2]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 597.

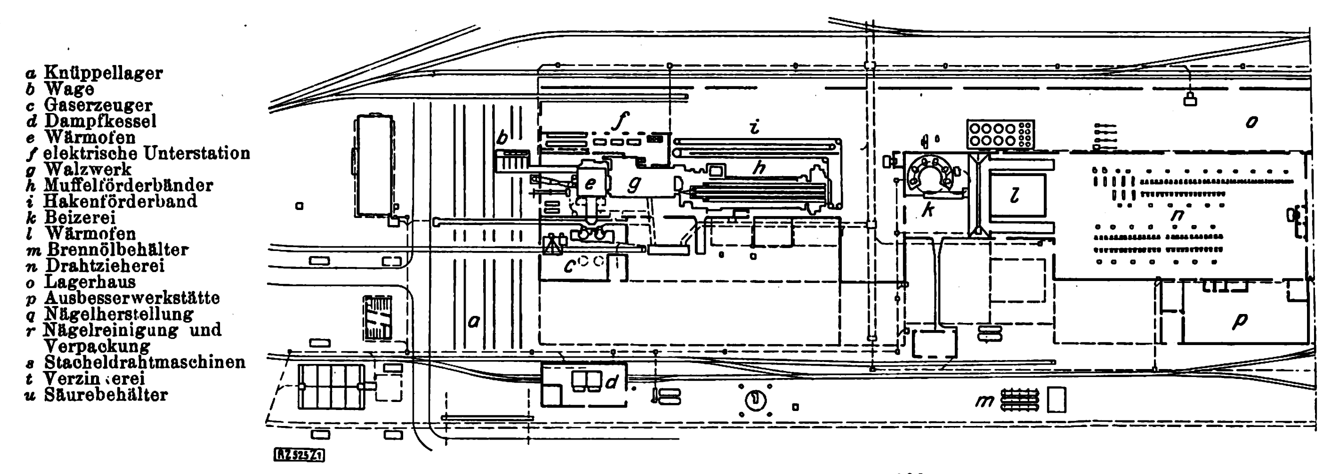


Abb. 2
Neues Drahtwalzwerk und Fabrik für Drahterzeugnisse der Bethlehem Steel Co.

Aus dem Ausland

Eisenhüttenwesen

Neues Drahtwalzwerk der Bethlehem Steel Co.

In dem neuen Drahtwalzwerk der Bethlehem Steel Co., Sparrows Point[1]), Abb. 2, werden die Knüppel in einem ununterbrochen arbeitenden Wärmofen mit Rekuperator und Saugzug angewärmt. Der Ofen hat eine Leistung von 25 t/h Knüppel (4,4 × 4,4 × 915 cm³). Aus dem Ofen werden die Knüppel unmittelbar in das erste Gerüst geführt. Der Ofen wird mit Gas geheizt, das in zwei Gaserzeugern von 3 m Dmr. bei einem Kohlenverbrauch von 1135 kg/h erzeugt wird.

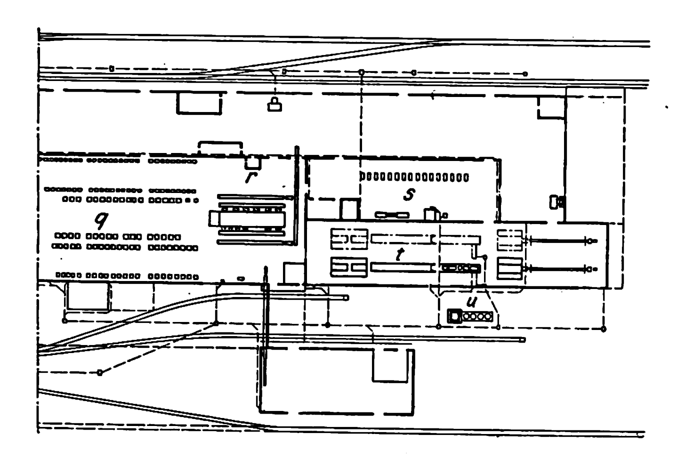
Das kontinuierliche Walzwerk mit 17 Gerüsten und Walzen von 255 mm Dmr., Bauart Morgan, wird elektrisch durch Zahnradübersetzung angetrieben. Der Induktions-Antriebmotor leistet 4000 PS bei 6600 V. Die Zahnradvorgelege bestehen aus Schraubenrädern, wodurch ein ruhiger Gang gewährleistet ist. Die ersten sieben Gerüste stehen dicht zusammen, dann folgen nach einem Zwischenraum weitere acht Zwischengerüste und ein Fertiggerüst. Die Umfangsgeschwindigkeit der Walzen des ersten Gerüstes beträgt 13,55 m/min oder 17,368 Uml./min. 60 s nach dem Eintreten in das erste Gerüst verläßt der Walzstab das Fertiggerüst mit einer Geschwindigkeit von 1040 m/min oder 1195,2 Uml./min.

Die fertig ausgewalzten Drähte werden auf vier Drahthaspeln aufgewickelt, deren Weichen elektrisch von einem Mann gesteuert werden. Jeder Haspel hat sein eigenes Förderband, von denen zwei als offene, zwei als geschlossene Muffel-Förderbänder ausgebildet sind, was besonders für Drähte mit hohem Kohlenstoffgehalt von großem Vorteil ist. Am Ende der langsam aufsteigenden Conveyor werden die Drahtringe einem Hakenförderband übergeben, das 275 m lang ist und auf dem die Drahtringe langsam in 42 min abkühlen. Dann werden sie auf Wagen abgelegt und gelangen in den Versand- und Lagerraum.

[1]) „The Iron Age" Bd. 119 (1927) S. 1291.

Abb. 3 bis 5
Lokomotivkran, erbaut von Mc Myler, Cleveland (Ohio)

a Drehwerk
b Hubtrommel
c Hilfstrommel
d Auslegerhubseil
e Hubseil
f Führungsseil zum Haken oder Greifer
g Auslegerwinde
h Führungsseiltrommel
i Drehkranz
k Steuerhebel
l Dampfkessel
m Kohlenbunker
n Wasserbehälter
o Seitenstützen



Im Beizraum sind 10 hölzerne Beizbottiche und ein ölgefeuerter Glühofen mit 10 Gleisen, auf denen je acht Wagen stehen können, aufgestellt. In der Drahtzieherei wird jede Drahtziehmaschine besonders durch einen 20 PS-Elektromotor angetrieben. In einer Abteilung des Warenlagers sind Glühöfen aufgestellt. Der Drahtzieherei folgt die Nägelherstellung; in der Abteilung sind 139 Nägelmaschinen untergebracht, die gruppenweise durch Riemen angetrieben werden. Monatlich können 3000 t Nägel hergestellt werden. Schließlich sind noch Abteilungen für Stacheldrahtherstellung und eine Verzinkanlage vorhanden.

Amberg [M 525] H. Illies

Hebezeuge

Lokomotivkran von großer Tragkraft

Die Lokomotivkrane sind in den Vereinigten Staaten von Amerika weit verbreitet und werden für die vielseitigsten Förderzwecke, in gleicher Weise für Stückgut wie für Massengut, verwendet. In der Regel ist durch die Anordnung einer Mehrtrommelwinde der Betrieb eines solchen Kranes mit Haken oder mit Greifer, ferner auch als Eimerseilbagger und als Dampframme durchführbar. Mit dieser vielseitigen Verwendungsmöglichkeit werden kleine und mittlere Lokomotivkrane von zahlreichen amerikanischen Firmen, wie z. B. Brown-Hoisting, Orton, Browning usw. im Reihenbau hergestellt. Die konstruktiven Umrisse eines derartigen Kranes, der bei 5 m Ausladung bis zu etwa 40 t Tragkraft hat, sind in Abb. 3 bis 5 wiedergegeben.

Für Sonderzwecke ist man aber in der Tragkraft weit höher gegangen. Auf dem Werkgelände der Ford Motor Co., River-Rouge bei Detroit, kann man einen Lokomotivkran von 200 t Tragkraft im Betriebe beobachten, Abb. 6, der zum Abwracken der zum Einschmelzen bestimmten, außer Dienst gestellten Schiffe bestimmt ist. Hierbei soll der Schwerlastkran insbesondere die Schiffsmaschinen herausheben und nach dem Lagerplatz weiterbefördern, Abb. 7. Man kann hier wenigstens 20 bis 30 noch vollständig zusammengebaute Schiffsmaschinen unter freiem Himmel stehen sehen, die weiterverkauft werden. Der Kran dient auch zum Loslösen von Schiffsplatten und andern Teilen, zumal wenn diese noch im Schiffsrumpfe festgeklemmt sind.

Der von der Firma Industrial Works (Bay City, Michigan), einer der ältesten Kranbaufirmen der Vereinigten Staaten aufgestellte Lokomotivkran vermag bei 5,5 m Ausladung 200 t, bei 7,5 m Ausladung 115 t, bei 9 m Ausladung 75 t zu heben. Die Hubgeschwindigkeit beträgt bei Höchstlast etwa 3 m/min, bei 45 t Last etwa 12 m/min und steigt auf 35 m/min bei 15 t. Der Oberwagen hat zwei Drehgeschwindigkeiten, und zwar dreht er sich bei kleinen Lasten mit 1,6 Uml./min und bei größeren Lasten mit 0,4 Uml./min.

Der Unterwagen ist von ungewöhnlich schwerer Bauart und etwa 10 m lang und 3,5 m breit. Gelagert ist der Rahmen auf zwölf Stahlrädern von je etwa 1 m Dmr. Unter

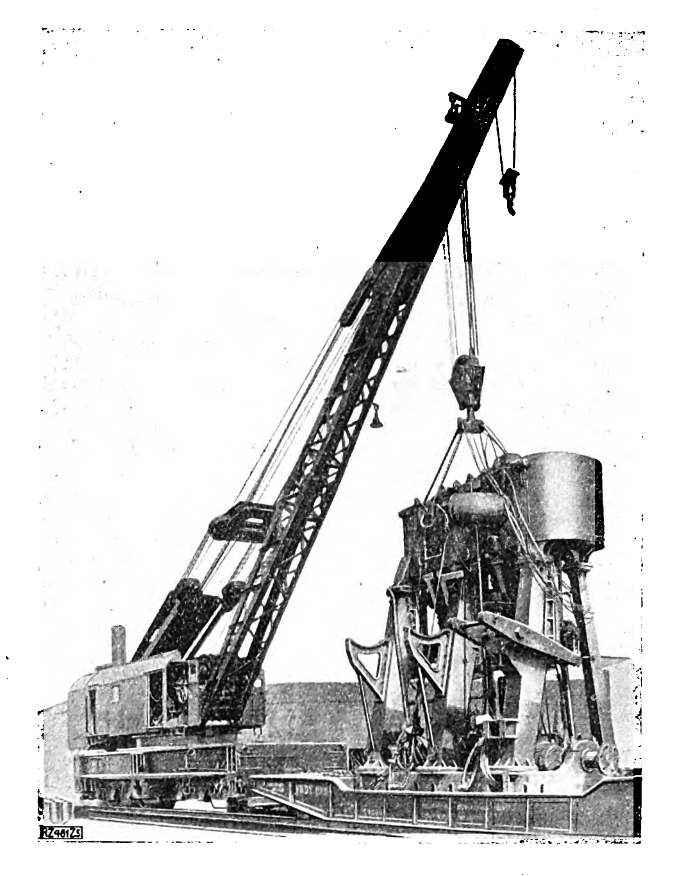


Abb. 7
200-t-Lokomotivkran beim Heben einer Schiffsmaschine

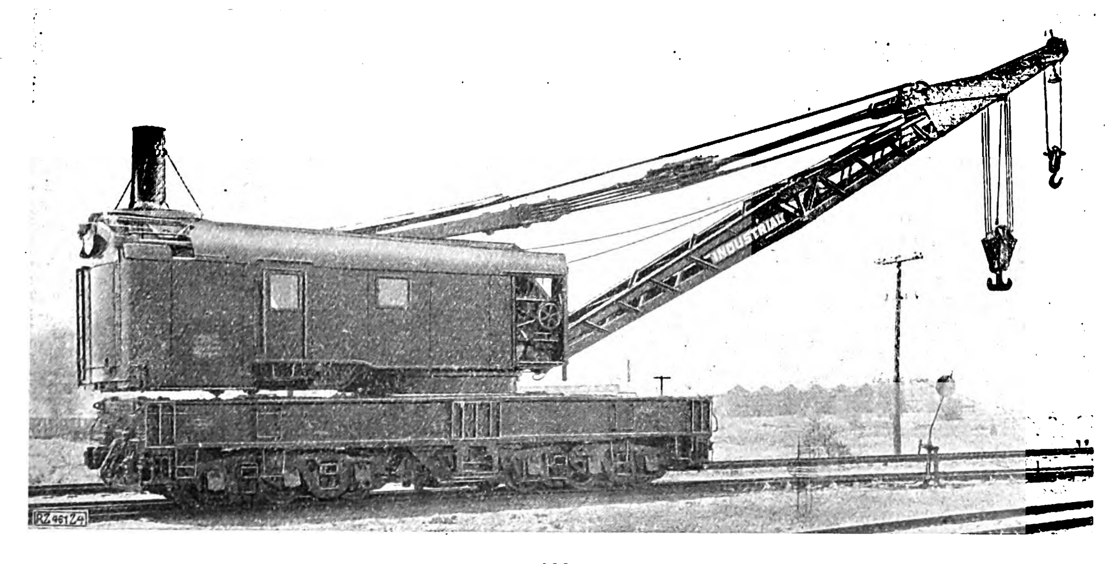


Abb. 6
200-t-Lokomotivkran der Industrial Works, Bay City (Michigan)

dem Wagen sind an beiden Enden ausziehbare Auflageträger, die beim Heben schwerer Lasten benutzt werden und zur Standsicherheit des Kranes wesentlich beitragen. Diese Träger sind aus Vanadiumstahl angefertigt und stützen sich im Verwendungsfall auf kräftige Unterlagen, die vorübergehend über die Schienen gelegt werden.

Die Kupplungen und Bremsen werden durch eine vollständige Druckluftanlage nebst Verdichter betätigt, der sowohl die Brems- als auch die Kupplungszylinder mit Druckluft versorgt.

Der stehende Kessel von 1,6 m Dmr. liefert Dampf von 12 at für zwei Dampfzylinder von je 300 mm-Zyl.-Dmr. und 300 mm Hub.

Auch hier ist die fast allen amerikanischen Drehkranen eigentümliche Auslegereinziehflasche bemerkenswert, außerdem eine Hilfsflasche an der Spitze des Auslegers zum Heben kleiner Lasten.

Das Gesamtbild dieses Schwerlastkranes ist gefällig zu nennen, während im allgmeinen die amerikanischen Firmen auf das äußere Aussehen weniger Wert legen.

Auch andre Firmen, wie z. B. Bucyrus, Milwaukee, bauen derartige Krane besonders für die Eisenbahngesellschaften, in der Regel allerdings mit kleinerer Tragkraft. Diese Krane müssen bei Eisenbahnunfällen helfend eingreifen. [M 461]

Dresden Dr.-Ing. W. Franke

Gesundheitsingenieurwesen

Kohlensäure-Feuerschutz in Amerika

In Amerika wird das von dem leitenden Ingenieur der Southern California Edison Co., Ch. S. Johann, erfundene Verfahren der Feuerlöschung mittels Kohlensäure häufig angewendet. Verbrennungen können hierbei nicht mehr stattfinden, wenn die den Gefahrenherd umgebende Luft mit rd. 17 vH CO_2 angereichert ist, doch ist die Möglichkeit gegeben, sie bis zu 50 vH zu „sättigen", um einem unvermuteten Entweichen von kohlensäurehaltiger Luft durch Öffnungen, wie Spalte und Risse, Rechnung zu tragen.

Die Kohlensäureflaschen werden mit einem eigens konstruierten Verschlußstück mit Sicherungskappe und Verschlußscheibe versehen, die zerreißt, wenn infolge einer Temperaturerhöhung der Flaschendruck eine festgesetzte Grenze überschreitet. Es wird so ein vollkommen dichter und dauernder Abschluß der Kohlensäureflasche auch bei wechselndem Klima und erheblichen Temperaturschwankungen erreicht.

Der Entladekopf, Abb. 8, ist der wichtigste Bestandteil des Kohlensäure-Feuerschutzgerätes, der auf das obere Verschlußstück aufgeschraubt wird. Sobald der Entladekopf durch Schließen eines Stromkreises mittels eines Kontaktknopfes oder selbsttätig durch einen mit Schmelzeinsatz versehenen Federschalter, Abb. 9 und 10, oder auch mit der Hand betätigt wird, durchstößt der eingebaute Schlagbolzen die Sicherungsscheibe, worauf die in der Flasche aufgespeicherte Kohlensäure mit großer Schnelligkeit durch ein Röhrensystem dem Brandherd zuströmt. Mit der Hand setzt man das Gerät durch einen Schlag auf den oben überstehenden Stempel des Entladekopfes in Tätigkeit.

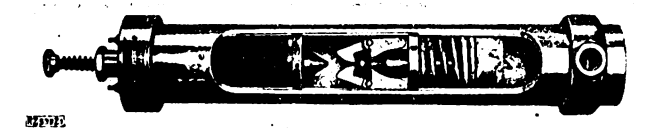


Abb. 8
Entladekopf des CO_2-Gerätes

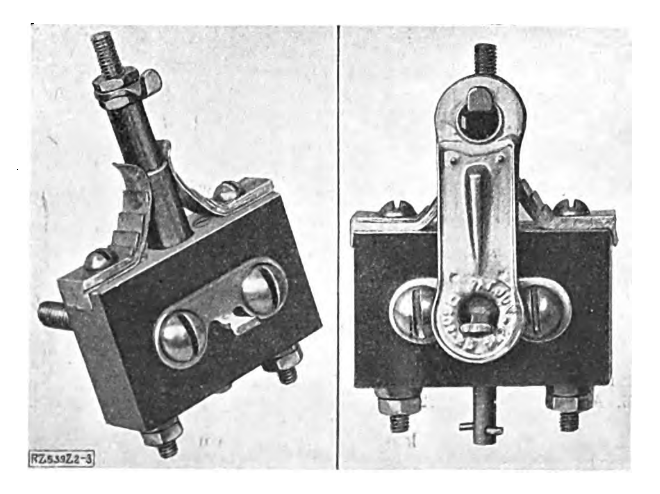


Abb. 9 und 10
Mit Schmelzeinsatz ausgerüsteter Federschalter

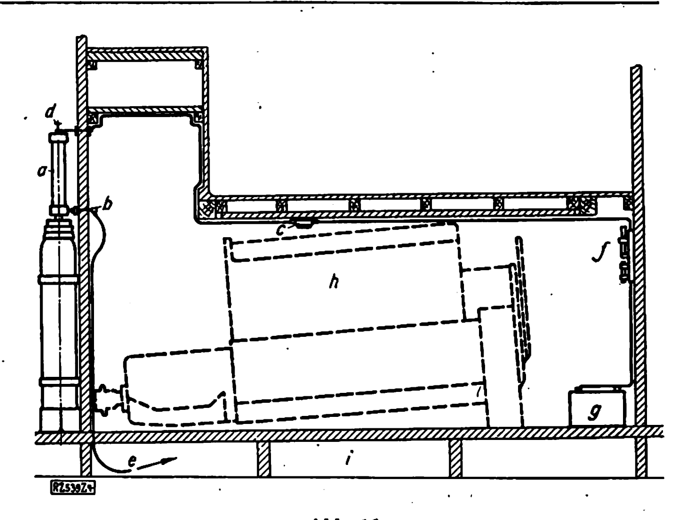


Abb. 11
Kohlensäure-Feuerschutzanlage für Schiffe
a Elektrisch selbsttätiger Entladekopf *b* Ausströmöffnung *c* Federschalter mit Schmelzringsatz *d* Ventil für Handauslösung *e* Ausströmöffnung *f* Schalter *g* Batterie *h* Motor *i* Bilge

Nachdem durch Stromschließung der Entladekopf in Tätigkeit gesetzt ist, wird der Strom durch einen selbsttätig wirkenden Ausschalter wieder unterbrochen, um das Gerät zu schützen. Der Gasdruck, der sich durch Entladung der Flasche geltend macht, drückt einen Stempel hoch, wodurch der elektrische Strom wieder unterbrochen und außerdem angezeigt wird, daß die Flasche entladen ist.

Die Anlage kann aber auch selbsttätig auf mechanischem Wege betätigt werden. Die Southern California Edison Company hat ihr Hauptwerk und alle Unterwerke mit solchen Feuerschutzanlagen versehen. Stromerzeugerbrände wurden mit ihnen ohne Betriebstockung abgelöscht. Abgesehen vom Elektrizitätswesen wird in Amerika das Johann-Gerät vorzüglich da angewendet, wo die Maschinen oder Geräte in kleineren Räumen, wie in Transformator-, Ölschalter-Zellen u. dergl. untergebracht oder gegen den äußeren Raum durch ein Gehäuse, durch Mäntel oder sonst irgendwie abgedeckt sind. Es können indessen auch offene Behälter von Benzin, Öl oder dergleichen durch Kohlensäure abgelöscht werden.

In der Motorenindustrie hat die Schiffahrt den Kohlensäureschutz vielleicht am häufigsten verwandt. Eine Feuerschutzanlage für Schiffe zeigt Abb. 11.

In einem Stromerzeuger mit einer abgeschlossenen Kühlanlage strömt die Kohlensäure da ein, wo die Luft in die

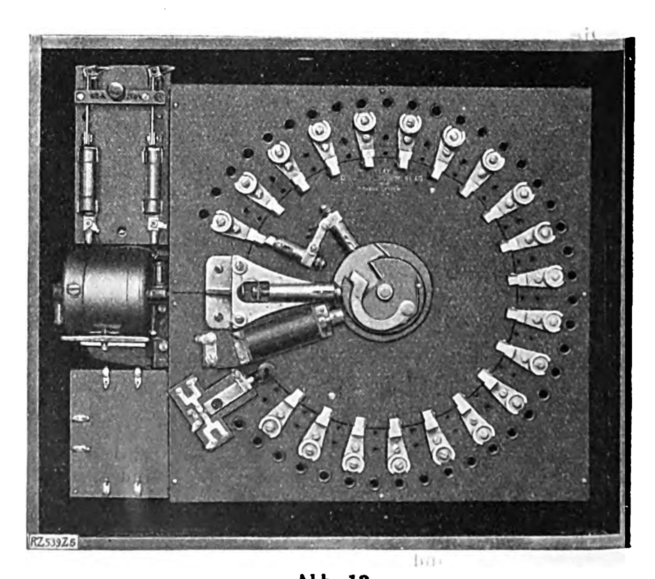




Abb. 12
Zeitlich regelbarer Entladungsschalter

Maschine eintritt, so daß sie dann gemischt mit CO_2 umläuft. Ein Teil der mit CO_2 geschwängerten Luft geht verloren und muß durch Entladen von Aushilfsflaschen ergänzt werden. Gleitende Kontakte schließen hintereinander verschiedene Stromkreise, so daß jedesmal eine Anzahl von CO_2-Flaschen zur Entladung kommt, was etwa ½ Stunde lang fortgesetzt werden kann. Ich sah zwei verschiedene Bauarten in Gebrauch, wovon eine sich auch durch Lichteinfluß und Rauchsucher oder -fänger von selbst betätigt, Abb. 12.

Die größte Anlage dieser Art dient zum Schutze der Haupt- und Hilfsdynamos des 50 000 kVA-Maschinensatzes in Long Beach, Southern California-Werk Nr. 2, Abb. 13. Die Luftanlage des Hauptstromerzeugers enthält rd. 200 m³ Luft. Um den Feuerschutz vollkommen sicher zu machen, wurden für die erste Entladung acht Flaschen bestimmt, während acht weitere als Aushilfe dienen, von denen jedesmal zwei zusammen in beliebig festgesetzten Zeitabständen entladen werden können. Für den Hilfsstromerzeuger sind zwei Flaschen als erste Entladung und zwei weitere als spätere Entladung vorgesehen. Zum Schutz des Ölvorratsraumes desselben Elektrizitätswerkes ist eine CO_2-Flaschenbatterie von vier Flaschen bei einmaliger Entladung bestimmt.

Eine andre Anlage dieser Art wurde im Vestal-Elektrizitätswerk ausgeführt, einem großen und wichtigen Unterwerk an der 220 kV-Kraftübertragungsleitung, etwa in der Mitte zwischen Big Creek und Los Angeles. Das Werk hat vier Kraftübertragungsleitungen, Transformatoren für insgesamt 48 000 kVA, viele 60 000 V- und 11 000 V-Leitungen und zwei 15 000 kVA-Frequenzwandler. Die CO_2-Anlage hat u. a. einen Frequenzwandler zu schützen, der getrennte Lüftanlagen für den Motor und für den Stromerzeuger hat. Vier Flaschen werden für jede Lüftanlage verwandt, zwei

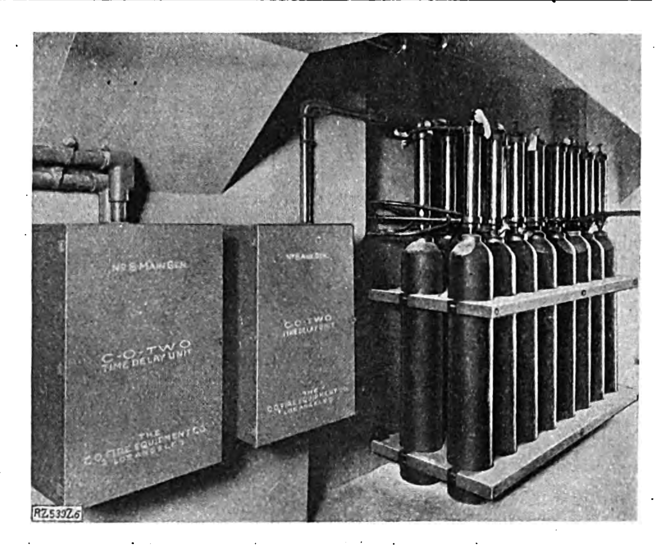


Abb. 13
CO_2-Feuerschutz für Haupt- und Hilfsstromerzeuger mit zeitlich regelbarem Entladeschalter (vorn links an der Wand)

für den Anfangsgebrauch und zwei für die darauffolgende zweite Entladung. Es wird keine Einrichtung zum Zeitregeln verwandt, da die Reihenfolge der Entladungen durch Druck auf Kontaktknopfschalter an einer Kontrolltafel bestimmt werden kann. [M 539]

Berlin Dr. H. v. Leszel

Kleine Mitteilungen

Eisen- und Stahlindustrie in Chile

Chile hat gute Eisenvorkommen. U. a. wurden aus den Tofo-Minen im Jahre 1926 1,2 Mill. t Erz von der Bethlehem Chile Iron Mines Co. nach den Vereinigten Staaten ausgeführt. In den Jahren 1908 bis 1910 wurde bei Corral das erste Werk errichtet, um Roheisen nach einem französischen Verfahren zu erzeugen, da die abgebauten Kohlenvorkommen nur einen schlechten Koks ergaben. Die Fabrik mußte jedoch bald geschlossen werden.

Die Anlagen der französischen Gesellschaft sind jetzt von der Compania Electro-Siderurgica e Industrial, Valdivia aufgekauft worden und werden zur Zeit ausgebaut. Gleichzeitig wird an den Huilo-Huilo-Fällen ein Wasserkraftwerk (32 000 PS) erbaut, das den Strom (110 000 V 50 Per/s) in einer 140 km langen Fernleitung nach Corral liefert. Die Erze sollen nach einem elektrischen Verfahren verhüttet werden. In Valdivia, wo ebenfalls ein Kraftwerk (7000 PS) gebaut wird, errichtet man eine Anlage mit drei Elektroöfen, Siemens-Martin-Öfen mit Gasfeuerung und Walzwerken.

Die Gesellschaft will den Eigenbedarf Chiles an Eisenerzeugnissen nach ihrem weiteren Ausbau decken; im Jahre 1924 wurden 224 000 t eingeführt. Die Gesellschaft wird vom Staat unterstützt, soweit ihre Erzeugung 50 000 t übersteigt. („The Iron and Coal Trades Review“ 26. August 1927 S. 295) [N 779 a] Gw.

Gaserzeugung mit Gewinnung von Nebenerzeugnissen in einem Kupferwerk

Die Bwana M'Kubwa-Kupferbergwerksgesellschaft in Nordrhodesia hat kürzlich eine große Gaskraftanlage mit Gewinnung von Nebenerzeugnissen in Betrieb genommen, die, soweit sich bisher übersehen läßt, gegenüber den früheren getrennten Kraft- und Heizanlagen große wirtschaftliche Vorteile bietet. Die erheblichen Brennstoffersparnisse wirken sich um so mehr aus, als die Förderkosten des abgelegenen Bergwerkes außerordentlich hoch sind; zudem beträgt der Preis für das Ammoniak, das beim Verhütten gebraucht wird, etwa das Dreifache des durchschnittlichen Preises in Europa. In der neuen Anlage wird durch Entgasung der Kohle das Gas gewonnen und zum Teil sechs Gasmaschinen zugeführt, die zusammen bis zu 1500 kW leisten. Ein andrer Teil dient als Brennstoff für die metallurgischen Öfen, ein dritter zur Dampferzeugung. Die bei der Gaserzeugung und beim Verhütten erforderlichen Niederdruckdampfmengen werden unmittelbar aus den Kesseln oder aus Anzapfturbinen entnommen, die parallel zu den Gasmaschinen arbeiten und die Spitzenbelastung übernehmen. Ferner wird das gesamte im Betrieb erforderliche Ammoniak bei der Gaserzeugung gewonnen. („The Engineer“ 26. August 1927 S. 235) [N 779 c] Pt.

Elektrischer Indikator für schnelllaufende Verbrennungskraftmaschinen

J. Orata, Tokio, hat einen Indikator geprüft, bei dem die wechselnden Drücke im Zylinder durch eine etwa 2 mm dicke Stahlmembran von 5 cm Dmr. aufgenommen und die Durchbiegungen dieser Membran auf elektrischem Wege mittels besonders empfindlicher Geräte gemessen oder aufgezeichnet werden. Die Meßeinrichtung beruht darauf, daß die Stahlmembran mit einer zweiten Stahlscheibe den Kondensator im Stromkreis einer Glühkathodenröhre bildet. Die Schwingungen der Membran rufen dann Änderungen in der Gitterspannung hervor, wodurch der Anodenstrom gesteuert wird. Seine Schwankungen werden mittels Galvanometers beobachtet oder mittels eines Oszillographen aufgezeichnet. Versuche sind an einem Indian-Kraftradmotor bei Drehzahlen bis zu 3000 Uml./min ausgeführt worden. („Engineering“ 26. August 1927 S. 253/54*) [N 779 b] H.

Funkpeilung für den Schiffsverkehr an der englischen Küste

Zur Unterstützung der Leuchtfeuer werden jetzt an der englischen Küste Funkzeichen-Sendestellen eingerichtet, die mit 1000 m langer Welle in bestimmten Abständen auf etwa 60 km vernehmbare Rufzeichen abgeben. Der erste dieser Sender, der mit 500 W Leistung arbeitet, wird demnächst auf Round Island, einer der Scilly-Inseln, in Betrieb gesetzt. Die L-förmige Antenne ist unmittelbar neben dem Leuchtturm in etwa 15 m Höhe aufgehängt. Die Senderanlage, die mit vier Röhren ausgestattet ist, arbeitet völlig selbsttätig. Bei Strommangel schaltet sich sofort eine Batterie zur Aushilfe ein. Die Rufzeichen ertönen bei schönem Wetter in halbstündigem, bei ungünstigem Wetter in dreiminutigem Abstand. Diese Umstellung muß allerdings jeweils mit der Hand vorgenommen werden. („The Engineer“ 26. August 1927 S. 225*) [N 779 f] Gsl.

Lokomotivumbau

Um durch praktische Erfahrung mehr über Lokomotiv-Hochdruckkessel zu ermitteln, hat der englische Ingenieur Gresley verschiedene Kessel für 15,5 at bei Überholungen von

2C1-Lokomotiven statt der Kessel für 12,7 at Betriebsdruck eingebaut, wodurch das Aussehen der Lokomotiven kaum geändert wurde. Man wählte die Kesselbleche dicker und baute einen größeren Überhitzer ein. Die Lokomotiven wurden dadurch um rd. 3,75 t schwerer. Die Gewichte konnten jedoch so verteilt werden, daß sich das Totgewicht dieser Lokomotiven verringerte, und das Reibungsgewicht gegenüber der früheren Lokomotive verhältnismäßig höher wurde; das Dienstgewicht der Lokomotiven beträgt jetzt 96,25 t gegenüber rd. 92,5 t, das Reibungsgewicht 67 t gegen 61 t. Die Zugkraft beträgt bei 85 vH des vollen Kesseldruckes rd. 16 550 kg gegen 13 550 kg vorher. („The Engineer" 26. August 1927 S. 237*) [N 779 d] Krs.

Fernkabel in Frankreich

Auch in Frankreich beabsichtigt man, alle Telephon- und Telegraphenlinien unterirdisch zu legen. Begonnen wurde mit den Strecken von Paris nach Le Havre, Lille und Boulogne; jetzt sind auch bei Dijon die Arbeiten zur Verlegung der Kabellinie Paris—Marseille aufgenommen worden. In einem 60 bis 80 cm tiefen Betonkabelgraben soll ein Kabel mit 420 Adern verlegt werden. In Abständen von rd. 70 bis 90 km werden Verstärker eingebaut. Voraussichtlich werden die größeren Städte der östlichen Bezirke an das Kabel Paris—Marseille angeschlossen; es soll für Telegraphie und Telephonie benutzt werden. („The Engineer" 26. August 1927 S. 219) [N 779 e] Pa.

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Neue Wilhelmstr. 4, bezogen werden. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 3501)

Handbuch der Physik. Herausgeg. von H. Geiger und K. Scheel. 17. Bd.: Elektrotechnik. Red. von W. Westphal. Berlin 1926, Julius Springer. 392 S. m. 360 Abb. Preis 33,60 ℳ.

Es kann nur begrüßt werden, wenn in diesem rühmlichst bekannten Handbuch auch die Anwendungen der Physik berücksichtigt werden. Der vorliegende Band enthält folgende Kapitel: Telegraphie und Telephonie auf Leitungen von Dr. F. Breisig, Drahtlose Telegraphie und Telephonie von Prof. Dr. F. Kiebitz, Röntgentechnik und Elektromedizin von Dr. H. Behnken, Transformatoren und Elektrische Maschinen von Dr. R. Vieweg und Dipl.-Ing. V. Vieweg, Technische Quecksilberdampf-Gleichrichter von Prof. Dr. Günther-Schulze, Hochspannungstechnik von Prof. Dr. Schumann, Überströme und Überspannungen von Dr. Fraenkel.

Das Handbuch ist für Physiker geschrieben. Man wird daher nicht erwarten können, daß bei den in Betracht kommenden Schöpfungen der Elektrotechnik konstruktive Einzelheiten mit ihrer Berechnung oder Herstellung im Vordergrund stehen. In erster Linie wird die physikalische Seite der technischen Vorgänge und Vorrichtungen behandelt. Muß nicht jeder, der ein technisches Erzeugnis mit Verständnis handhaben will, dessen Physik verstehen? Gilt dies nicht in höherem Maße von demjenigen, der an der Weiterentwicklung mitarbeiten will? Und macht nicht die Durchdringung physikalischer Fragen des technischen Problems einen wesentlichen Bestandteil des technischen Denkens überhaupt aus? Die Kapitel sind durchweg von berufenen und hervorragenden Bearbeitern geschrieben. Überall sieht der Kundige, daß Veraltetes und Unwesentliches unterdrückt und das Wesentliche mit bestimmten, klaren Worten hervorgehoben wird. In den Kapiteln über Röntgentechnik und über Quecksilberdampf-Gleichrichter ist das Buch ein guter Beweis dafür, wie von der Physik immer neue Anregungen in die Technik hineingehen und von dieser auf höhere Stufen der Entwicklung gehoben werden. Daß dem Physiker der vorliegende Band willkommen sein wird, braucht nicht bezweifelt zu werden. Aber auch der Ingenieur wird in dem Handbuch einen guten Berater finden, wenn er auf seinem weitverzweigten Arbeitsgebiet in Fragen der Elektrotechnik Aufklärung braucht. Ich kann es daher in diesen Fällen warm zur Anschaffung empfehlen. [E 550] Rogowski.

Der Transformator im Betrieb. Von Milan Vidmar. Berlin 1927, Julius Springer. 310 S. m. 126 Abb. Preis 19 ℳ.

Das vorliegende Buch behandelt die Betriebslehre des Transformators und ist eine Ergänzung zu dem früher erschienenen Buche des Verfassers „Die Transformatoren", das die Baulehre enthält. Die ersten Abschnitte über Preis und Wirtschaftlichkeit leiten zu den rein betriebstechnischen Fragen über, die in anschaulicher, frischer Form behandelt werden. Schaltungen, Schutzmaßnahmen, Kühlung und Parallellauf der Transformatoren bilden die Kernpunkte des Inhalts. Einen breiten Raum nimmt die Überspannungsfrage ein, die zwar durch die neuesten Untersuchungen mit dem Kathodenstrahloszillographen geklärt, aber bisher noch nicht befriedigend gelöst worden ist. Der Verfasser sieht eine brauchbare Lösung in der Doppeldrosselspule mit Eisenkern und Luftspalt. Aus allen Untersuchungen der im Betriebe des Transformators auftretenden Schwierigkeiten geht die edle Absicht des Verfassers hervor, bei Betriebsingenieur und Konstrukteur gegenseitiges Verständnis für die Schwierigkeiten und Notwendigkeiten sowohl im Bau als auch im Betrieb des Transformators zu erwecken und auf diese Weise beiden unliebsame Auseinandersetzungen zu ersparen. [E 665] Zn.

Die Teilung der Zahnräder und ihre einfachste rechnerische Bestimmung. Von G. Hönnicke. Berlin 1927, Julius Springer. 115 S. m. 26 Abb. Preis 6 ℳ.

Der Verfasser geht davon aus, daß die übliche Zahnradberechnung umständlich und unsicher sei, und gibt in erster Linie dem Vergleichswert c in der bekannten Formel „Zahndruck $= c \times$ Zahnbreite $\times$ Teilung" die Schuld, da man sich unter dem Wert c nichts vorstellen könne. Er führt deshalb sämtliche Rechnungen unter Zugrundelegung der zulässigen Beanspruchung k_b durch, die dem Ingenieur aus seinen sonstigen Berechnungen geläufig ist. Die Formeln werden an Beispielen erläutert. Durch Zahlentafeln werden die Rechnungen sehr vereinfacht. [E 652] Pa.

Preßluftanlagen. Planung und Betrieb. Herausgegeben vom Ausschuß für Wirtschaftliche Fertigung. Berlin 1927, Beuth-Verlag. 38 S. m. einz. Abb. Preis 1,50 ℳ.

Das Büchlein gibt Ratschläge für die Beschaffung von Neuanlagen und zur Verbesserung von vorhandenen Anlagen. Es gliedert sich in zwei Teile, die Planung und den Betrieb. Beide behandeln den Kompressor, die Druckluftleitung und die Druckluft-Arbeitsmaschinen.

In klarer und kurzer Darstellung ist alles zusammengefaßt, was im Druckluftbetrieb zu beachten ist. Die Wichtigkeit von Meßgeräten und der fortlaufenden Eintragung ihrer Ablesungen wird hervorgehoben. Wichtig ist auch die Aufzeichnung des Ölverbrauches, der Ausbesserungen an Druckluftwerkzeugen, u. a. in Protokollbüchern und Karteien, wodurch die Personal- und Betriebsüberwachung erleichtert wird. Neben vielen Ratschlägen, die heute bereits als Allgemeingut gelten können, finden sich solche, die noch nicht überall beachtet werden, wie z. B. die Verwendung loser Flansche, bei der Verlegung von Rohrleitungen die Vermeidung von Flanschenverbindungen durch Schweißen. Zahlentafeln über Luftdruck in verschiedenen Höhenlagen, Kraftbedarf von Kompressoren, Feuchtigkeit der Luft, Druckverluste in den Leitungen ergänzen den Inhalt. Bei den Mitteln zur Prüfung von Undichtheiten ist scheinbar übersehen worden, das Abseifen zu erwähnen; dies macht auch Undichtheiten kenntlich, die für das Gehör und selbst oft für das Gefühl unmerklich sind.

Nachdem die Druckluft heute fast für jede Werkstatt unentbehrlich geworden ist, verdient das Büchlein allgemeine Verbreitung. Seine Beachtung schützt vor Werkstoffvergeudung und vor Druckluftverlusten, somit vor unnötigen Ausgaben und Energieverlusten. [E 701] V. Fischer

DIN-Taschenbuch 10: Schrauben, Muttern und Zubehör. Berlin im Juli 1927, Beuth-Verlag. 329 S. m. zahlr. Abb. Preis 6 ℳ.

Von den deutschen Normen, die als Einzelblätter im Format A 4 erscheinen, gibt der deutsche Normenausschuß in regelmäßiger Folge Taschenbücher, auf die Hälfte (A 5) verkleinert, heraus, in denen die Normenblätter einzelner Gebiete vereinigt sind. In dieser Reihe der DIN-Taschenbücher ist nunmehr der 10. Band „Schrauben, Muttern und Zubehör" erschienen; er enthält nach dem Stande vom Juli 1927 alle Normenblätter dieses wichtigen Gebietes. Ein Stichwortverzeichnis erleichtert das Auffinden. [E 653] Pa.

Grundzüge der Bergwirtschaftslehre. 1. T.: Allgemeine Bergwirtschaftslehre. Von A. Dahms. 3. Aufl. Leipzig 1927, A. Deichertsche Verlagsbuchhandlung. 76 S. Preis 3 ℳ.

Das Fehlen einer kurz gefaßten Übersicht über die allgemeinen bergwirtschaftlichen Aufgaben hat Dahms veranlaßt, eine kurze Einführung in diesen so wichtigen Ab-



schnitt unsrer Volkswirtschaft zu geben; hierbei werden bei der vorliegenden Neuauflage die zahlreichen statistischen Unterlagen von 1920 ab verwertet und eine Reihe von sehr bemerkenswerten vergleichenden Angaben über Leistung und Selbstkostenzusammensetzung im deutschen Bergbaubetriebe vor dem Kriege und jetzt gegeben. Wenn auch zur Erreichung höchster Wirtschaftlichkeit die auf den Gruben anfallenden minderwertigen Brennstoffe (Koksgrus, Kohlenstaub, Zwischengut aus der Wäsche usw.) an Stelle hochwertiger, verkaufsfähiger Brennstoffe möglichst weitgehend an den Erzeugungsstellen selbst verwendet werden sollen, so erscheint die auf S. 57 geforderte „Verwertung der Waschberge in Steinkohlenaufbereitungen durch Verbrennen in Generatoren" doch zu weitgehend. Am Schlusse der Betrachtungen wird noch auf die Schwierigkeiten einer genauen zahlenmäßigen Lagerstätteninventur und damit der Lebensdauer der einzelnen Bergbauzweige eines Landes eingegangen.

Das Büchlein gibt in kurzer Zusammenfassung einen guten Überblick über die volkswirtschaftliche Bedeutung des Bergbaues. [E 666] Pr.

Die gewöhnlichen und partiellen Differenzen - Gleichungen der Baustatik. Von Fr. Bleich und E. Melan. Berlin und Wien 1927, Julius Springer. 350 S. m. 74 Abb. Preis 28,50 M.

Während die Auflösung linearer Differenzengleichungen mit veränderlichen Koeffizienten schwierig und nur in verhältnismäßig wenig Fällen bisher gelungen ist, ist die Lehre von den Differenzengleichungen mit konstanten Koeffizienten weitgehend ausgebaut und in einer ganzen Reihe von Fällen zur Lösung technischer Fragen angewendet worden. Es handelt sich dabei ganz allgemein um die Klärung der gesetzmäßigen Zusammenhänge zwischen solchen y-Werten, deren x-Werte den gleichen Abstand voneinander haben. y kann dabei abhängig von einer oder mehreren Veränderlichen sein. Die Differenzengleichungen sind vor allem wichtig für die Baustatik, wo Träger und Stützen in gleichen Abständen eine große Rolle spielen. Das vorliegende Werk soll dem Ingenieur als Einführung dienen, da viele andre Werke mehr für den Mathematiker bestimmt sind. [E 654] W. S.

Karl Röchling. Das Lebenswerk eines Großindustriellen. Von Richard Nutzinger. Völklingen-Saarbrücken 1927, Gebr. Hofer A.-G. 168 S. m. versch. Abb. Preis 25 Frs.

Dem Verfasser, der als Hauslehrer in der Familie Röchling lange Zeit tätig war, boten sich sicherlich biographische Quellen, die ihn zu seiner Aufgabe besonders berufen erscheinen lassen. In dieser Beziehung wird auch der Ingenieur das Buch, zumal die Darstellung flüssig und unterhaltend ist, nicht ohne Befriedigung aus der Hand legen. Darüber hinaus muß gerade er jedoch erwarten, daß in der Lebensbeschreibung eines großen Technikers — und das war Karl Röchling — auch seine technischen Großtaten und Wagestücke als die Ursachen vieler bedeutender Erfolge gründlicher nachgewiesen werden, als es in dem Buche der Fall ist. Die stellenweise in ihrer weichen Sentimentalität fast peinlich zu lesenden Betrachtungen über den „Arbeiterfreund Röchling" verraten als Urheber des Buches den Kirchenmann; sie werden aber nicht dem Geiste jenes Willenstitanen gerecht. So ist die Schilderung zwar angenehm und glatt, aber größtenteils so anspruchslos, daß das kleine Buch wohl vorzugsweise seine Leser unter den Angehörigen des Röchlingschen Werkes, insbesondere der Arbeiterschaft, finden wird.

[E 482] Kr.

Der Drehstrom-Induktionsregler. Von H. F. Schait. Berlin 1927, Julius Springer. 356 S. m. 165 Abb. Preis 25,50 M.

Beiträge zum Abnutzungs-Problem. Von Werner Bondi. Berlin 1927, VDI-Verlag. 137 S. m. 105 Abb. Preis 4,50 M.

Für den Konstruktionstisch. Leitfaden zur Anfertigung von Maschinenzeichnungen. Von W. Leuckert u. H. W. Hiller. 2. Aufl. Berlin 1927, Julius Springer. 62 S. m. 44 Abb. Preis 3,60 M.

Kohle—Koks—Teer. 14. Bd.: **Verbrennung im Gaserzeuger und im Hochofen.** Eine neue Theorie. Von A. Korevaar. Übers. von J. Gwosdz. Halle a. d. S. 1927, Wilhelm Knapp. 137 S. m. 28 Abb. Preis 9,90 M.

Das Kalkwerk. Von Theodor Klehe. Berlin 1927, Kalkverlag. 367 S. m. 173 Abb. Preis 15 M.

Lehrgang der Härtetechnik. Von Joh. Schiefer u. E. Grün. 3. Aufl. Berlin 1927, Julius Springer. 211 S. m. 175 Abb. Preis 8,75 M.

Handbücher für Motoren- u. Fahrzeugbau. Bd. 5a: **Automobilbau.** Von P. M. Heldt. 4. Bd.: Vergaser und Brennstoffe. Deutsche Bearb. von H. Dechamps. Berlin 1927, Rich. Carl Schmidt & Co. 200 S. m. 155 Abb. Preis 14 M.

Jahrbuch für Luftverkehr 1926/27. Herausgeb.: Fischer von Poturzyn u. Josef M. Jurinek i. Verb. m. d. Aero-Club von Deutschland. München 1927, Richard Pflaum. 270 S. m. einz. Abb. Preis 16,50 M.

Ancient Egyptian Metallurgy. Von H. Garland and C. O. Bannister. London 1927, Charles Griffin & Co. Ltd. 214 S. m. 113 Abb. Preis 12 sh. 6 d.

Old chemistries. Von Edgar F. Smith. London 1927, McGraw Hill Publishing Company. 89 S. m. versch. Abb. Preis 12 sh. 6 d.

The romance of the cotton industry in England. Von L. S. Wood and A. Wilmore. London 1927, Oxford University Press. 288 S. m. 94 Abb. Preis 5 sh.

Die Welt der vernachlässigten Dimensionen. Eine Einführung in die Kolloidchemie. Von Wolfgang Ostwald. 9. u. 10. Aufl. Dresden und Leipzig 1927, Theodor Steinkopff. 325 S. m. 43 Abb. Preis 12 M.

Die Abgabe für die Benutzung eines Patents. Von Ludwig Fischer. Berlin 1927, Carl Heymann. 27 S. Preis 2 M.

Inventions and patents. Their development and promotion. Von Milton Wright. London 1927, McGraw Hill Publishing Company. 225 S. Preis 12 sh. 6 d.

Die deutsche Elektrizitätsversorgung. Herausgeg. vom Vorstand des Deutschen Metallarbeiter-Verbandes. Stuttgart 1927, Verlagsgesellschaft des Deutschen Metallarbeiter-Verbandes. 288 S. m. zahlr. Abb. Preis 8 M.

Die Frage der Kraftfahrzeugsteuer. Denkschrift des Reichsverbandes der Automobilindustrie. Bearb. von Dr. Scholz. Berlin 1927, Selbstverlag. 154 S. Preis 3 M.

Teubners Handbuch der Staats- und Wirtschaftskunde, 2. Abt.: **Wirtschaftskunde.** 2. Bd., 4. H.: Betriebswirtschaftslehre. Von Erwin Geldmacher. 2. Aufl. Leipzig und Berlin 1927, B. G. Teubner. 44 S. Preis 2 M.

ZUSCHRIFTEN AN DIE REDAKTION

Fließdruckwage als Parallel- oder Geradführung für Pressen und ähnliche Maschinen

In Z. Bd. 71 (1927) ist auf S. 429 eine Fließdruckwage der Pressenfabrik Fritz Müller, Eßlingen, als Parallel- oder Geradführung für Pressen, schwere Scheren und ähnliche Maschinen beschrieben, die einer Konstruktion mit Schwingkurbel- oder Keildruck überlegen sein soll. Es wird behauptet, daß die Fließdruckwage die Werkzeuge oder Platten vollständig parallel führe.

Das entspricht nicht den Tatsachen, weil der Konstrukteur der Fließdruckwage die Zusammendrückbarkeit der Flüssigkeit vernachlässigt hat.

Es sei angenommen, Abb. 3 des genannten Aufsatzes stelle eine Schere oder Bördelpresse von 1000 t Druck bei 1000 mm Hub dar. Ferner sei angenommen, daß sich bei Beginn der Schneid- oder Preßbewegung der gesamte Widerstand der Schere von 1000 t auf der Mitte eines der äußeren Kolben befindet. Der über dem Widerstand befindliche Kolben drückt unmittelbar mit 500 t, die noch fehlenden 500 t Druck muß der andere Kolben durch die Fließdruckwage übertragen. Der Abstand der Preßzylinder von Mitte zu Mitte beträgt 6 m und der Abstand der Kolben der Fließdruckwage von Mitte zu Mitte 4 m, die Kolben a, b, c, d, sollen 500 mm Dmr. haben, der Druck, den die beiden Fließdruckkolben, der eine nach oben und der andre nach unten ausüben, beträgt $\frac{500\,000 \cdot 600}{400} = 750\,000$ kg. In einem Ausgleichzylinderpaar einschließlich der Rohrleitung befinden sich etwa 220 l Öl, das bei 750 t Preßdruck unter einem Druck von 382 at stehen muß.

Der Zusammendrückbeiwert beträgt bei:

Mandelöl	von	17°	= 55,2
Olivenöl	„	20,5°	= 63,3
Rüböl	„	20,3°	= 59,6
Steinöl	„	19,4°	= 74,6
		Summe	252,7

$$\text{also im Durchschnitt} = \frac{252{,}7}{4} \sim 63.$$

Nach Versuchen von mir sind hierzu etwa 5 vH für die Ausdehnung der Konstruktionsteile hinzuzurechnen.

Die Zusammendrückung des Öles beträgt daher mit Berücksichtigung der Ausdehnung der Konstruktionsteile:

$$1{,}05 \cdot \frac{63 \cdot 220 \cdot 382}{10^6} \sim 5{,}5\ \mathrm{l}.$$

5,5 l entsprechen 28 mm Hub bei 500 mm Kolbendurchmesser. Da der bewegliche Preßbalken auf 4 m Länge um 28 mm schiefgestellt ist, steht er bei 6 m Entfernung um 42 mm schief. Die Schiefstellung des Pressenhauptes ist unabhängig von der Größe der Kolben der Fließdruckwage; sie ist dem Hub und dem Zusammendrückbeiwert verhältnisgleich.

Nicht unerwähnt soll die Überlegung bleiben, ob es richtig ist, statt zweier Preßzylinder sechs mit ungefähr demselben oder mit höherem Druck und demselben Hub zu nehmen, um eine Schwingwelle mit zwei Kurbeln zu ersparen. Diese könnte so stark gemacht werden, daß eine wirkliche Geradführung des Preßbalkens erreicht wird, wohingegen man bei einer Fließdruckwage bei gegebenen Verhältnissen einer nennenswerten Schiefstellung des Preßbalkens vollkommen machtlos gegenübersteht.

Adolf Kreuser

Entgegnung

Das Wort „vollständig" vor parallel kann wegbleiben. Im vorliegenden Fall ist eine gewisse einseitige Voreilung Bedingung, damit die Wage überhaupt wirken kann; sie wird aber kaum zu beobachten sein und kann ausgeglichen werden.

Wenn man mit 1 m Hub und 750 000 kg einseitigem Druck auf jeder Seite rechnet, erhält man ganz gewaltige Zahlen für die Abmessungen der Maschinenteile, wie Kurbelstangen und Lager, und für die Formänderungen, namentlich, wenn man die Konstruktion nicht nur für Balken, sondern auch für Platten berechnet. Am vorteilhaftesten erwies sich die Verwendung der Fließdruckpresse und der Wage. Diese Wage steht ständig unter Druck, sagen wir in unsrem Falle unter 250 at. Das Öl wird daher bei der Arbeit nur wenig stärker zusammengedrückt, als in Ruhestellung. Diesen Dienst besorgen die Ventile, Abb. 3.

Herrn Kreusers Berechnung stimmt mit der des Konstrukteurs überein, sie hat zu der oben erwähnten Vorkehrung geführt, um die Formänderungen während des Arbeitsganges möglichst auszugleichen. Die Beobachtungen an fertigen Maschinen zeigen, daß die Wasserwage auf dem Balken kaum merklich ausschlägt.

Weiter berechnet Herr Kreuser das Schiefstehen des Balkens bei 4 m Entfernung der Wagzylinder mit 28 mm, daher bei 6 m mit 42 mm. Die Wagzylinderkolben drücken aber im Gegensatz zu Abb. 3 meines Aufsatzes auf die äußerste Stelle des beweglichen Balkens, Abb. 4; die Berechnung ergäbe dann nicht $\frac{28 \cdot 6}{4} = 42$, sondern $\frac{28 \cdot 4}{6} = 18{,}7$ mm. Abb. 4 zeigt auch, daß die Kolben durch Gelenkklötze mit den Balken gekuppelt sind. Bei der Schere darf das Messer sogar nur einige Zentimeter Spiel haben, es braucht nur gegen Ausweichen nach rückwärts geführt zu sein. Zwei Rollen genügen als Seitenführung.

Gerade die Wage gibt die Möglichkeit, den Balken oder die Platte der Presse so einzustellen und zu führen, daß man mit geringstem Werkstoff- und Kraftaufwand auskommt, und daß die Maschinen vor Bruch geschützt sind, auch wenn versehentlich außergewöhnlich starke Teile untergelegt werden.

Zum Schluß führt Herr Kreuser noch an, daß der Konstrukteur bei der Wahl einer Fließdruckwage bei gegebenen Verhältnissen einer nennenswerten Schiefstellung machtlos gegenüberstände. Ausgeführte Anlagen beweisen, daß diese Annahme unrichtig ist.

Fritz Müller

Rückäußerung

Das Wort „vollständig" vor parallel kann nicht wegbleiben, sondern es **muß** wegbleiben. Streng genommen muß auch das Wort parallel wegbleiben; denn wenn eine Einrichtung so arbeitet, wie ich es in meiner ersten Zuschrift ausgerechnet habe, kann man nicht von einer parallelen Führung sprechen.

F. Müller stellt die Wage unter eine ständige Spannung von 250 at, in dem Glauben, daß dann das Öl bei der Arbeit nur wenig stärker zusammengedrückt würde als in der Ruhestellung der Maschine, und daß ferner diesen Dienst die Ventile besorgen. Das ist eine Verkennung der Tatsachen. Bedingung für die Wirkung der Wage ist, daß die Zylinder *a*, *b*, *c*, *d* völlig mit Öl gefüllt sind. Die Verhältnisse liegen so, daß bei Auffüllung der Zylinder der Fließdruckwage mit Öl von 0 at bei dem angenommenen Belastungsfall in dem einen Zylinderpaar 0 at und in dem andern 382 at herrschen. Wenn die Fließdruckwage in der Ruhestellung unter 250 at Druck steht, herrschen beim gleichen Belastungsfall in dem einen Zylinderpaar $0 + 250 = 250$ at und in dem andern $382 + 250 = 632$ at. Der Druckunterschied von 382 at ist in jedem Fall vorhanden. Der Zusammendrückbeiwert ändert sich mit steigendem Druck, z. B. in der Druckspanne von 250 at kaum um 5 vH. Bei 250 at Anfangsspannung in den Zylindern der Fließdruckwage würde das Öl um etwa 5,22 l statt 5,5 l zusammengedrückt werden, das entspricht einer Schiefstellung des Preßbalkens um 39,9 mm statt 42 mm. Ventile können hieran nichts ändern; denn während des Preßvorganges müssen die Räume der Fließdruckwage kreuzweise verbunden sein, sonst arbeitet die Wage überhaupt nicht.

Es entspricht nicht den Tatsachen, daß durch die Fließdruckwage die Maschinen vor Bruch geschützt sind; davor schützen lediglich die Antriebstauchkolben. Wenn die Presse richtig konstruiert ist, muß sie den durch die Antriebskolben begrenzten Höchstdruck an jeder Stelle ausüben können. Die Fließdruckwage hat nur die Aufgabe, den Druck nach der betreffenden Stelle hinzuleiten. Das kann eine mechanische Einrichtung besser. Auch wenn eine mechanische Presse mit einer Fließdruckwage ausgerüstet wäre, könnte die Fließdruckwage die Maschine nicht vor Bruch schützen; denn wenn bei Überschreitung des Höchstdruckes Öl durch Sicherheitsventile aus der Fließdruckwage herausgelassen würde, würde bei einseitigem Ölauslaß der Preßbalken vollständig schief stehen, so daß die Presse Schaden leiden müßte.

Adolf Kreuser

Herr Fritz Müller hat es abgelehnt, sich zu dieser Zuschrift nochmals zu äußern. Die Schriftleitung

[D 323]

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★
BD. 71 SONNABEND, 17. SEPTEMBER 1927 NR. 38

Anwendung von Lademaschinen im Bergbau unter Tage

Von Dipl.-Ing. Fr. Prockat, Berlin

Nachteile der Handverladung, allgemeine Grundsätze für die maschinenmäßige Ladearbeit — Einteilung der Lademaschinen — Beschreibung der einzelnen Bauarten unter Angabe von betriebsmäßigen Ladeleistungen — Vereinigte Gewinnungs- und Lademaschinen — Betriebliche Vorteile der maschinellen Verladung unter Tage

Die weitgehende Mechanisierung des Bergbaues hat bis jetzt sonderbarerweise noch vor einem wichtigen Punkt haltgemacht, der Schaufelarbeit unter Tage. Während man im Bauwesen und Tagebaubetrieb schon bei verhältnismäßig kleinen Massenbewegungen maschinelle Einrichtungen in Form von Baggern, Kabel-Kranen usw. ständig verwendet, werden im deutschen Bergbau unter Tage alljährlich Millionen Tonnen Haufwerk von Hand mittels Schaufel in die Förderwagen verladen. Einen Versuch, diesen großen Unkostenpunkt, den die teure Wegfüllarbeit von Hand[1]) bietet, möglichst auszuschalten oder doch wenigstens zu vermindern, bildet der Rutschenbetrieb, der im Steinkohlenbergbau gleichzeitig die Einführung langer Abbaufronten und des Schrämmaschinenbetriebes und dadurch eine gewisse Abbaukonzentration ermöglicht hat.

Auch beim Rutschenbetrieb ist in der Mehrzahl der Fälle noch ein Einschaufeln des Haufwerks in die Rutschen von Hand erforderlich, wenn auch die Wurfhöhe wegen der niedrigen Bauhöhe der Rutschen schon bedeutend geringer ist als beim Förderwagen. Zur gänzlichen Ausschaltung des teuren Einladens von Hand — nach S i e b e n[1a]) ist „der wichtigste geschlossene Betrag an Arbeitzeit die Ladearbeit der Schlepper" — und Erreichung höchster Wirtschaftlichkeit wird sich bei wagerecht liegenden oder flach einfallenden Lagerstätten bis herauf zu etwa 10 ° die Einführung der völlig maschinenmäßigen Ladearbeit immer mehr als notwendig erweisen.

Die äußerst verschiedenartigen Lagerungs- und Abbauverhältnisse in den verschiedenen Bergbauzweigen werden jedoch einer Typisierung und Normalisierung beim Bau solcher Lademaschinen eine gewisse Grenze setzen. Eine Maschine, die den engen Raumverhältnissen in geringmächtigen Steinkohlenflözen und den weiten Abbauräumen im Kali zugleich gerecht wird, ist nicht zu denken. Ein Erfolg der maschinenmäßigen Ladearbeit wird sich daher erst aus einer weisen Auswahl der mechanischen Hilfsmittel ergeben[2]), bei denen Maschinen und Abbauverfahren — dies gilt besonders für den Steinkohlenbergbau — so aufeinander abgestimmt sind, daß sie unter den besonderen Verhältnissen der betreffenden Grube Höchstleistungen ergeben[3]).

Als allgemeine Grundsätze für die maschinenmäßige Ladearbeit, bei der also das Haufwerk von der Lademaschine selbsttätig ohne Zuhilfenahme von Handschaufelarbeit in den Grubenwagen oder die Rutsche gefördert werden soll, können folgende gelten: gedrängte, feste, einfache und betriebsichere Bauart der Maschine bei großer Leistung, leichte Bedienungsmöglichkeit durch einen Mann. Fernerhin muß sich die Maschine entweder auf den Grubenschienen oder auf Raupenketten möglichst durch eigene Kraft fortbewegen können und so gebaut sein, daß sie von einer Aufstellung das Haufwerk möglichst beiderseits des Grubengleises auch in großen Stücken laden kann. Das Austragende der Maschine muß derart schwenkbar ausgebildet sein, daß durch die beschränkten Raumverhältnisse in der Grube bedingte scharfe Bahnkrümmungen von der Maschine leicht genommen werden können.

Die verschiedenen Lademaschinen-Bauarten arbeiten entweder unmittelbar oder mittelbar unter Zwischenschaltung von Rutschen oder Bandförderern in die Förderwagen. Wegen ihrer verhältnismäßig großen Ladeleistung ist eine möglichst gut durchgeführte Organisation des Förderbetriebes von besonderer Wichtigkeit. Wenn man bei Versuchen mit Lademaschinen in den letzten Jahren häufig nicht den erwünschten Erfolg hatte, so lag das in der Mehrzahl der Fälle nicht an der Unzweckmäßigkeit der Lademaschinen an sich, sondern daran, daß die Maschinen bei weitem nicht voll ausgenutzt werden konnten, weil die Heranschaffung von leeren Wagen sich nicht entsprechend der Leistungsfähigkeit der Maschinen durchführen ließ. Aus diesem Grunde verwendet man in den Vereinigten Staaten von Amerika häufig Förderwagen mit möglichst großem Fassungsvermögen von rd. 3 t und großer Spurweite, 1000 mm, die sich durch besonders niedrige Bauart auszeichnen, um den Lademaschinen eine möglichst geringe Bauhöhe geben zu können und um sie auch in weniger mächtigen Flözen anzuwenden. Für die Gleise sind möglichst schwere Schienen (25 kg/m) zu verwenden, um den hohen Beanspruchungen durch die große Zugförderung und durch die verhältnismäßig schweren Lademaschinen gerecht zu werden. Auch kann man zwischen Lademaschine und Förderwagen als Puffer wirkende Bunker einschalten; in einem Fall ist die Leistung der Lademaschine um 25 vH gegenüber der Leistung bei unmittelbarer Verladung gestiegen[4]).

Eine Einteilung der Lademaschinen läßt sich unter Anführung der Hauptvertreter nach dem folgenden Schema vornehmen:

I. Ohne Verbindung mit Rutschen oder Bandförderern.

a) K r a t z e r l a d e r, 1. Osana-Lader, 2. Goodman Entry-Lader, 3. Ace-Lader, 4. Schmidt-Kranz-Lader.

b) S c h a u f e l l a d e r, 1. St. Joe-Schaufel, 2. Butler-Schaufel, 3. Hoar-Schaufel, 4. Goodman-Schaufel, 5. Portalhochbagger der Maschinenfabrik Buckau.

II. In Verbindung mit Rutschen oder Bandförderern.

a) K r a t z e r l a d e r, 1. Joy-Lader, 2. Shanaberger-Lader, 3. Coloder-Lader, 4. Sullivan-Lader, 5. Lademaschine von Schmidt-Kranz.

b) S c h a u f e l l a d e r, 1. Entenschnabel von Eickhoff, 2. Myers Whaley-Lader, 3. Buckauer Lader, 4. Bamag-Meguin-Lader, 5. Hanomag-Lader.

III. In Verbindung mit Gewinnungsmaschinen und Bandförderern, 1. Jeffrey-Lader (Shortwall), 2. O'Toole-Lader, 3. Mc Kinlay-Lader.

Kratzerlader ohne Verbindung mit Rutschen oder Bandförderern

Mit die einfachste Art der maschinellen Verladung des auf der Sohle liegenden Haufwerks in die Förderwagen ist die Nachahmung der Arbeit mit Kratze und

[1]) „Mining and Metallurgy" Bd. 6 (1925) S. 188.
[1a]) „Glückauf" Bd. 62 (1926) S. 798.
[2]) „Coal Age" Bd. 25 (1924) S. 681.
[3]) „Coal Age" Bd. 29 (1926) S. 466.
[4]) „Coal Age" Bd. 31 (1927) S. 766.

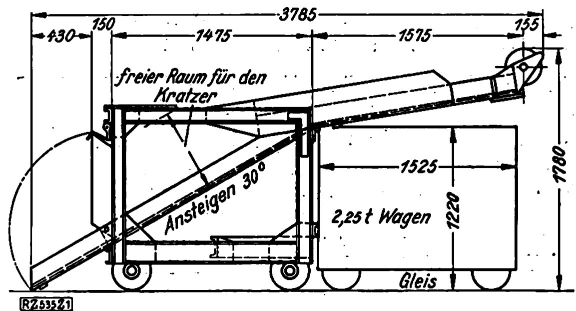


Abb. 1. Osana-Lader

Trog durch maschinell betriebene Kratzer, die das von ihnen gefaßte Haufwerk über eine ansteigende Ladebrücke in den Förderwagen hineinziehen. Die ganze Vorrichtung besteht in der Hauptsache aus dem Kratzgefäß, zwei Seiltrommeln zum Hin- und Herbewegen des Kratzgefäßes und einer schräg ansteigenden, fast bis auf den Boden reichenden Verladebrücke, unter die der zu beladende Förderwagen geschoben wird.

Der Vorteil dieser einfachen Lademaschinenarten gegenüber den später zu beschreibenden schwereren Bauarten ist neben den geringeren Anlagekosten auch die Möglichkeit, in geringmächtigen, nicht söhligen Lagerstätten arbeiten zu können. Ein weiterer Vorteil liegt darin, daß in der Zeit, in der ein voller Förderwagen gegen einen leeren ausgetauscht wird, der Kratzer weiter arbeiten und neues Haufwerk bis an die Schrägfläche des Laders herankratzen kann, infolgedessen dann der nächste Wagen in kürzerer Zeit gefüllt wird.

Bei dem Osana-Lader[5]) ist die Verladebrücke auf einem Wagengestell aufgebaut, das bei der Arbeit des Laders mit einer Blockierschraube am Gestänge befestigt wird, Abb. 1. Der Verladearm kann bei genügender Streckenhöhe mit Schwenkklappen ausgerüstet werden, so daß der Kratzer auf diesem eine größere Haufwerkmenge ablagern kann, als dem Inhalt eines Förderwagens entspricht. Vor Beginn des eigentlichen Verladens werden gewöhnlich erst einige Kratzerladungen vor der fast bis auf die Gleise reichenden Schrägrinne angeschüttet, damit der Kratzer besser heraufgleiten kann.

Der Lader wird in zwei Größen gebaut, von denen der kleinere in Verbindung mit 1 t-Wagen in engen Strecken arbeitet, während bei größeren Streckenquerschnitten die zweite Bauart, die in 2,25 t-Förderwagen ladet, verwendet wird[6]). Beim Laden in 1,4 t-Wagen lassen sich in 5 h über 100 t Gestein oder rd. 18 t/h verladen. Zeitstudien bei Verladung in 2 t-Wagen von Hand und Maschine ergaben die in Zahlentafel 1 verzeichneten Werte. Die reine Ladezeit ist bei Verwendung der Lademaschine um 55 vH, die Gesamtzeit zur Beladung eines 2 t-Wagens um 37 vH geringer, als bei Verladung von Hand. Der Lader kann schnell von einem leer geförderten Arbeitsplatz zu einem neuen gefahren werden, indem eine Grubenlokomotive unter die Ladebrücke des Laders fährt oder unter Zwischenschaltung eines Förderwagens mit ihm gekuppelt wird.

Ähnlich gebaut ist der Entry-Lader der Firma Goodman, Chikago, Ill., bei dem sich im Gegensatz zu dem Osana-Lader der elektrisch angetriebene Haspel unter der Verladebrücke befindet. Der Kratzer hat ein Fassungsvermögen von 0,75 t und gleitet mit einer Geschwindigkeit von 1,5 m/s über das Liegende. Die ganze Lademaschine ruht auf den Grubenschienen, Abb. 2, und ist imstande, durch Umstellung des Motors auf die mit endloser Kette untereinander verbundenen Räder sich ohne fremde Hilfe fortzubewegen. Der Lader ist besonders für geringmächtige Flöze geeignet und hat sich u. a. auf der Ajax-Grube, Kentucky[7]), sowohl im Pfeilerals auch im Strebbau gut eingeführt. Auf dem 1 m mächtigen Lower Kittanning-Flöz hat sich die Kopfleistung je Schicht nach Einführung des Laders verdreifacht, wobei 98,6 vH der anstehenden Kohlen eines Abbaufeldes gewonnen wurden, während die Handverladung nur 88 vH ergab[8]). Bei der großen Bauart, dem Goodman-Dreitrommel-Kratzerlader, sind Haspel und Gleitfläche getrennt voneinander aufgestellt. Der Kratzer hat hierbei ein Fassungsvermögen von 4 t. Als Haspel verwendet man einen Dreitrommelhaspel, der durch einen mit 2300 V arbeitenden Wechselstrommotor von 94 kW angetrieben wird. Das Hauptzugseil hat 22 mm Dmr., das Hinterseil 19 mm Dmr. Als Durchschnittsleistung sind in einem Flöz von 2,1 bis 3,05 m Mächtigkeit und unter den verschiedenartigsten Gebirgsverhältnissen bei einer Gesamtbelegschaft von 15 bis 19 Mann in einem 70 m langen Streb 350 t je Schicht gefördert worden[9]).

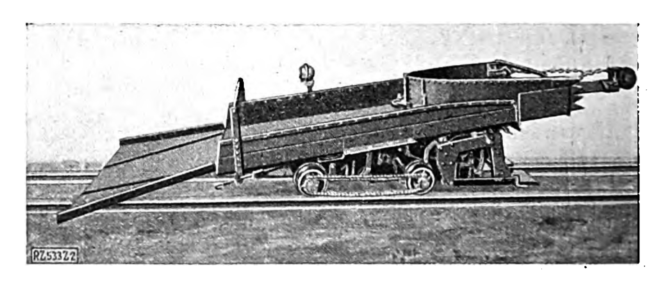


Abb. 2. Entry-Lader

Eine Lademaschine für ähnlich große Leistungen ist der Ace-Lader, bei dem der Kratzer ebenfalls wieder den einzigen, den Gefahren am Stoß ausgesetzten Teil der Lademaschine darstellt. Der Kratzer ist 3,05 m lang, 1,52 m breit, und 0,8 m hoch und wiegt rd. 2,5 t. Der Kratzer besteht aus 19 mm starken Eisenplatten, die oben und an den Seiten durch U- und Winkeleisen verstärkt und verbunden sind. Besondere Merkmale dieses Kratzers sind die umsetzbaren Vorder- und Hinterseil-Befestigungen und Nickel-Chrom-Zähne, die am Vorderende der Seitenwände angenietet sind. Die genaue Richtung für den Lauf des Kratzers wird jeweils durch Seilbefestigung festgestellt[9a]). Bei einer Seilbefestigung nahe der Seitenwand kann der Kratzer bei einer Stoßlänge von 100 m einen Bogen von 10 m beschreiben. Durch Verstellen der Seilbefestigung kann man also den Kratzer leicht lenken. Nach ähnlichen Grundsätzen arbeitet ein von der Maschinenfabrik Schmidt-Kranz & Co., Nordhausen, hergestellter Kratzerlader, bei dem der Kratzer ungeführt und auch geführt arbeitet.

Schaufellader ohne Verbindung mit Rutschen oder Bandförderern

Eine zweite Möglichkeit der maschinenmäßigen Ladearbeit liegt in der Nachahmung der Schaufelarbeit von Hand, die sich am meisten bei der St. Joe-Schaufel der Thew Shovel Co. ausprägt. Die Schaufel mit 0,5 t Fassungsvermögen, die man hauptsächlich im amerikanischen Erzbergbau verwendet, ist auf einem senkrecht schwenkbaren Ausleger befestigt, der mit seinem rückwärtigen Ende in einer Gleitbahn zwangläufig durch eine Gallsche Kette bewegt wird, so daß also die Schaufel in das Haufwerk wagerecht hineingestoßen werden kann, Abb. 3. Die Schaufel wird durch ein Seil, dessen Enden auf zwei getrennten Trommeln mit Eigenantrieb befestigt sind, wagerecht geführt.

[5]) Engg. Mining Journ. Press Bd. 117 (1924) S. 731.
[6]) Engg. Mining Journ. Press Bd. 123 (1927) S. 636.

Zahlentafel 1
Vergleich der Ladezeit eines 2 t-Wagens bei Handarbeit und mit dem Osana-Lader

	Handarb. min	Maschine min
Laden	15,3	6,83
Fördern	12,1	10,4
Sonstiges	1,7	1,1
Zusammen	29,1	18,33

[7]) „The Colliery Guardian" Bd. 162 (1926) S. 673.
[8]) „Coal Age" Bd. 31 (1927) S. 878.
[9]) „Coal Age" Bd. 30 (1926) S. 801.
[9a]) „Coal Age" Bd. 27 (1925) S. 897.

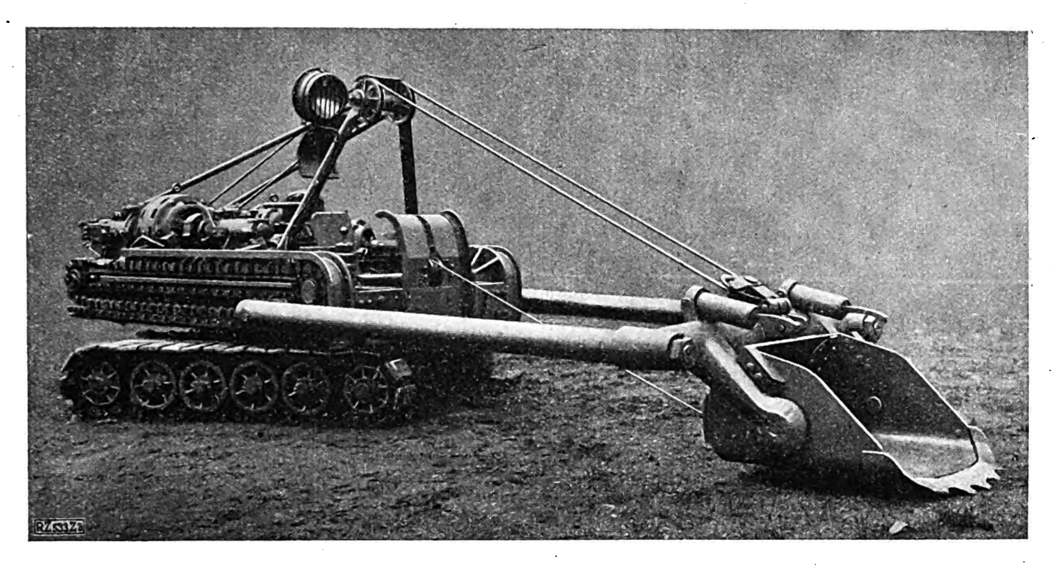


Abb. 3
St. Joe-Schaufel

Auf dem drehbaren oberen Teil der Lademaschine sind drei Wechselstrommotoren für folgende Aufgaben angebracht: Der Hauptmotor (15 kW) treibt über eine Zahnradübersetzung eine wagerecht liegende Welle an, die mit der Gallschen Kette zum Vorstoßen der Schaufel verbunden ist. Auf dieselbe Welle ist eine Trommel aufgekeilt für ein Seil, dessen Aufgabe es ist, die Vorderkante der Schaufel in wagerechter Richtung auf dem Liegenden kratzen zu lassen. Die Schaufel hebt und senkt man mittels des Haspelmotors (9 kW), wobei der Schaufelausleger sich senkrecht um seine Lager in den Kreuzkopfführungen der Gleitbahn bewegt. Der dritte Motor (9 kW) dreht den Oberteil der Lademaschine, den Drehtisch, um seinen Mitelpunkt, Abb. 4.

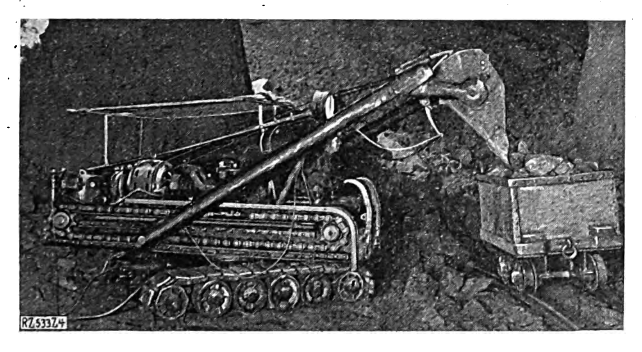


Abb. 4
St. Joe-Schaufel im Betrieb

Der in der Mitte sitzende Bedienungsmann bedient alle drei Motoren durch zwei Handschalter, die durch Federn in ihren jeweiligen Stellungen festgehalten werden[10]). Zur Fortbewegung der auf Raupenketten verlagerten Lademaschine legt der Bedienungsmann einen Hebel um, der den Motor von der Schaufelstoßvorrichtung loskuppelt und ihn über ein andres Zahnradvorgelege mit der Antriebwelle für die Raupenkette verbindet.

Die Mindestarbeitshöhe der Lademaschine beträgt 1,4 m, ihre Breite 1,9 m, die Gesamtlänge bei zurückgezogener Schaufel 4,7 m. Das Ende des Drehtisches ist 1,9 m vom Drehpunkt entfernt. Die Schaufel kann 2,15 m vorstoßen, so daß die gesamte Reichweite vom Mittelpunkt 4,9 m beträgt und damit eine Breite von 9,75 m ohne Weiterbewegung der Maschine leer geschaufelt werden kann. Die theoretische Stoßkraft beträgt 12 t, das Gewicht der Maschine 13 t. Die senkrechte Teilkraft des Hubes ist begrenzt durch die Standfestigkeit der Maschine; sie beträgt mindestens 2 t an dem vorderen Schaufelrand bei ausgestrecktem Schaufelarm. Einen zusammenfassenden Überblick über Leistungen und Kosten beim maschinellen Verladen mit den St. Joe-Ladern bei der St. Joseph Lead Co., die von 15 000 t täglicher Förderung etwa 60 vH maschinell fördert, ist in Zahlentafel 2 wiedergegeben.

Für beschränktere Raumverhältnisse, besonders zum Streckenvortrieb geeignet, ist die im deutschen Schrifttum[11]) schon beschriebene Butler-Schaufel, Abb. 5, der Nordberg Mfg. Co., Milwaukee. Die mittels Druckluft

[10]) „Mining and Metallurgy" Bd. 4 (1923) S. 181.
[11]) „Metall und Erz" Bd. 21 (1924) S. 541; s. a. Engg. Mining Journ. Press Bd. 116 (1923) S. 506.

Zahlentafel 2
Leistungen und Kosten beim Laden mit St. Joe-Ladern

Zeitraum	Arbeitsschichten	Geladene Mengen t (907 kg)	Leistung je Schicht t	Arbeitslohn c/t	Ausbesserungen: Lohn c/t	Ausbesserungen: Werkstoff c/t	Stromkosten c/t	Gesamte unmittelbare Kosten c/t	Lizenzen c/t	Gesamtkosten c/t
Gesamtjahresleistung	9113	1 091 486	—	—	—	—	—	—	—	—
Mittlere Leistung im Jahre	—	—	120	5,8	3,0	3,6	0,5	12,9	3,3	16,2
Januar	856 5/8	115 654	135	5,4	2,4	3,6	0,5	11,9	5,6	17,5
Februar	859 1/8	110 058	128	5,5	2,7	3,0	0,5	11,7	5,9	17,6
März	958 2/8	124 210	130	5,5	2,2	3,1	0,5	11,3	5,3	16,6
April	853 1/8	107 150	126	5,6	2,6	4,8	0,5	13,5	6,1	19,6
Mai	838 1/8	105 700	126	5,7	2,5	3,4	0,5	12,1	6,2	18,3
Juni	869 6/8	103 287	119	5,8	3,1	3,7	0,6	13,2	6,3	19,5
Juli	877 3/8	107 114	122	5,8	2,4	2,7	0,5	11,4	6,1	17,5
August	881 7/8	115 303	131	5,5	2,6	2,4	0,5	11,0	5,7	16,7
September	865 2/8	115 852	134	5,4	2,4	2,2	0,5	10,5	5,7	16,2
Oktober	916 1/8	119 748	131	5,4	2,2	3,9	0,5	12,0	5,4	17,4

von 5 bis 6 at angetriebene Lademaschine besteht aus drei Hauptteilen: dem auf den Schienen verlagerten Unterteil mit Klemmvorrichtung zum Festhalten der gesamten Ladevorrichtung auf den Schienen und auf Kugeln gelagerter Drehscheibe, die durch einen kleinen, vierzylindrigen Motor bewegt wird, dem schwingenden Arbeitzylinder zur Bewegung des Schaufelarmes und der um eine wagerechte Achse drehbaren Schaufel.

Der Druckluftbedarf beträgt rd. 3,8 m³/min. Die Leistungen haben beim Vortrieb einer Strecke von 2,0 × 2,4 m² Querschnitt rd. 23 t/h betragen[12]).

Eine den gewöhnlichen Löffelbaggern ähnliche Bauart ist die Hoar-Schaufel, Abb. 6 und 7, der Allis-Chalmers Manufacturing Co., Milwaukee. Zur Füllung, zum Heben und Herumschwenken des Löffels mit einem Fassungsvermögen von 0,13 bis 0,17 m³ dienen drei mit Druckluft von 5,6 bis 7 at angetriebene Motoren. Der Luftbedarf beträgt 7 bis 8,5 m³/min angesaugte Luft bei einer Leistung von 100 bis 200 t in einer 10 h-Schicht. Für das Vorstoßen des Löffels ins Haufwerk sind 5,25 kW notwendig, für das Heben des Löffels ebenfalls 5,25 kW und für das Drehen 3,5 kW. Der Löffel wird nach dem Einschwingen über dem Wagen, wie bei dem gewöhnlichen Löffelbagger, durch Herunterlassen der Bodenklappe entleert. Der Bagger wird von zwei Mann bedient, von denen der eine mit Aufräumungsarbeiten und Gleisausbesserungen beschäftigt wird. An verschiedenen Stellen mit der Hoar-Schaufel durchgeführte Zeitstudien haben ergeben, daß die Schaufel nur während eines Drittels ihrer Betriebzeit zum Laden ausgenutzt wurde. Zum Erreichen größerer Leistungen ist also auch hier wieder eine gute Wagengestellung unbedingt erforderlich. Sie läßt sich leicht bei doppelgleisigen Strecken durchführen, bei denen jeweilig ein Wagen geladen und in der Zwischenzeit auf dem zweiten Gleis der volle gegen einen Leerwagen ausgetauscht werden kann. Die Maschine wird in zwei Größen gebaut, Abb. 6 und 7; das Gesamtgewicht der Maschine beträgt 2860 und 3765 kg.

Die Goodman-Schaufel, Abb. 8, hat man mit einer sehr bemerkenswerten Schaufelentleerung ausgerüstet, die den Vorteil hat, daß die Höhe zwischen Hangendem und Wagenoberkante voll ausgenutzt werden kann. Die Schaufel arbeitet auf Raupenketten und ist somit von den Grubengleisen unabhängig. Durch einen Stempel, der mit 85 at Wasserdruck an das Hangende gedrückt wird, hält man die Lademaschine an ihrem Arbeitsplatz fest. Mit der Schaufel kann man vier Hauptbewegungen ausführen: das Vor- oder Rückwärtsstoßen der Schaufel, Heben und Senken der Schaufel, Herumschwen-

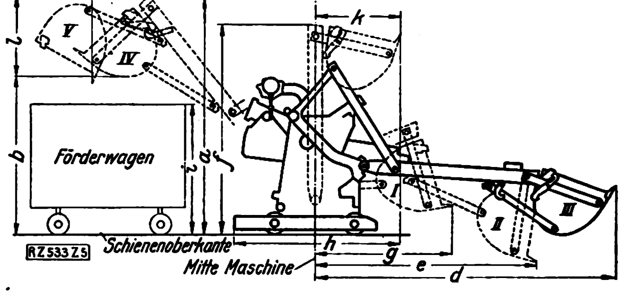


Abb. 5
Butler-Schaufel

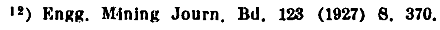
a	Gesamthöhe	1,97 bis 2,44 m*)
b	Schaufelhöhe beim Entleeren	1,07 „ 1,52 „ *)
c	Schüttweite	2,06 „
d	Grabweite	3,50 „
e	Stoßweite	2,10 „
f	Mindesthöhe beim Drehen	1,97 „
g	Drehhalbmesser mit Schaufel 255 mm über S.-O.	1,30 „
h	Mindestlänge	1,32 „
i	Förderwagenhöhe	1,52 „
k	Drehhalbmesser bei gehobener Schaufel	0,83 „
l	Entfernung zwischen Wagenoberkante und Hangendem	0,91 „
	Mindestbreite (ohne Sitz für Bedienungsmann)	0,88 „

*) abhängig von Förderwagenhöhe.

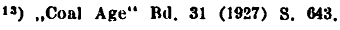
ken der Schaufel um den Haltestempel und das Ausstoßen des Haufwerks von der Schaufel. Die Schaufel entleert man über dem Förderwagen mit Hilfe einer an der Schaufelrückwand befindlichen Ausstoßplatte, die das aufgeladene Haufwerk von der Schaufel herunterschiebt.

Das für die einzelnen Bewegungen notwendige Druckwasser wird mittels einer von einem Elektromotor (12 kW) angetriebenen Druckwasserpumpe erzeugt. Der Schaufelinhalt beträgt rund 0,5 t, der Vorrat an Druckwasser 155 l. Die Mindestarbeitshöhe beträgt 1,8 m. Die Schaufel ist imstande, durch einen Sprengschuß gelockerte, jedoch nicht hereingekommene Kohle zu lösen. Hierdurch wird ein größerer Stückkohlenanfall zu erreichen sein. Zum sicheren Schutz des Bedienungsmannes gegen Stein- und Kohlenfall aus dem Hangenden hat man ein in der Höhe verstellbares, über dem Führersitz angebrachtes Dach aus verzinktem Wellblech eingebaut[13]).

Die Lademaschine hat sich im Salz- und Kohlenbergbau, besonders auch beim Vortrieb von Tunneln gut bewährt. In einem wagerecht gelagerten Steinkohlenflöz mit einer Mindestmächtigkeit von 1,75 m leistet die Goodman-Schaufel — und zwar nur während der Nachtschicht,



[12]) Engg. Mining Journ. Bd. 123 (1927) S. 370.



[13]) „Coal Age" Bd. 31 (1927) S. 643.

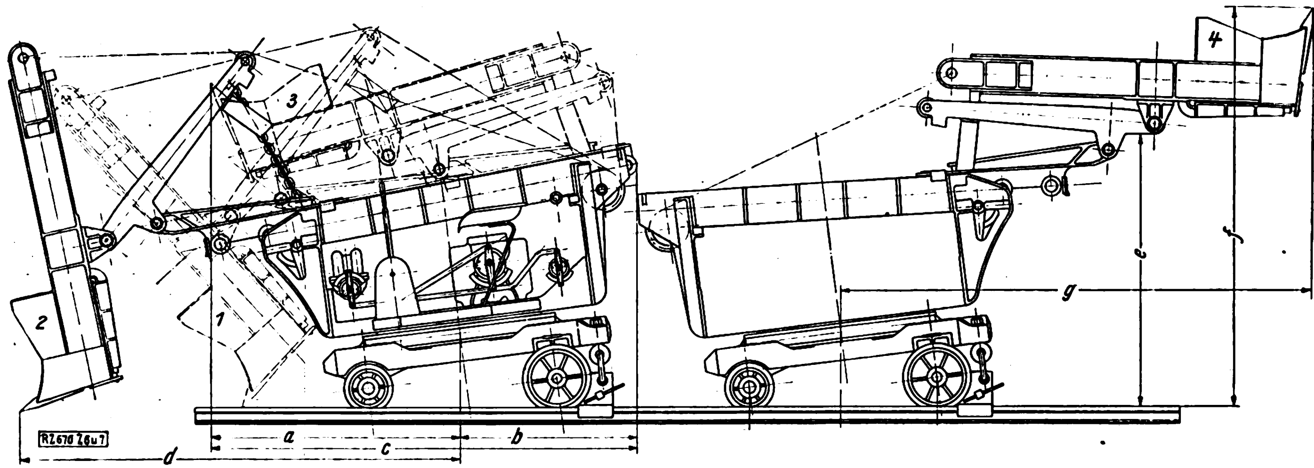


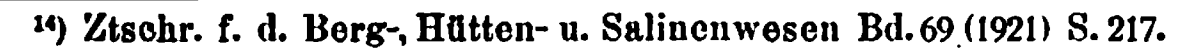
Abb. 6 und 7. Hoar-Schaufel

Bauart	Schaufelinhalt m³	Streckenhöhe m	*a* m	*b* m	*c* m	*d* m	*e* m	*f* m	*g* m
II	0,13	2,15	1,16	0,93	2,09	2,29	1,27	2,03	2,29
II	0,17	2,30	1 31	0,93	2,24	2,39	1,27	2,13	2,44
S II	0,13	2,45	2,08	1,02	3,05	2,41	1,68	2,36	2,85
S II	0,17	2,60	2,08	1,02	3,05	2,49	1,68	2,46	2,85

wenn man über genügend Wagen verfügen kann — in 7,3 bis 7,9 m breiten und 90 m langen Abbauräumen, in einer Schicht rd. 217 t.

Die Maschinenfabrik Buckau, Magdeburg, hat für die maschinelle Verladung, besonders für den Kalibergbau unter Tage, einen kleinen Eimerbagger entwickelt, der sich auf der Gewerkschaft Wefensleben[14]) sehr gut bewährt hat. Eine verbesserte Ausführungsform des Baggers, Abb. 9 bis 12, ist für Arbeiten in schmalen Firstenbauen bestimmt und rückt aus diesem Grunde auch das kurze gekrümmte Gleis selbst vor. Der Bagger stützt sich zu diesem Zweck mit seiner Eimerleiterspitze auf baggerseitig aufgehängten Böcken ab. Die Flaschenzüge des Leiterwindwerkes werden sodann von der Leiter abgehängt und am Baggergerüst befestigt. Hierauf wird an den beiden zweiachsigen Drehgestellen durch Schlingketten das in einer Krümmung liegende Baggergleis mit daran befindlichem Grubenwagengleis an den Bagger gekuppelt. Beim Anziehen des Leiterwindwerkes hebt sich nunmehr der Bagger mit den Drehgestellen und dem hieran befestigten Gleise vom Boden ab. Das Gesamtgewicht des Gerätes stützt sich sodann mit der Spitze der Eimerleiter auf die beiden Böcke und hinten auf das zweirädrige Einschienenfahrgestell ab.

Wenn nunmehr die Eimerleiter einschließlich ihrer oberen Antriebturasverlagerung mit Hilfe eines hierfür eingebauten Windwerks wieder eingefahren wird, bewegt sich das Baggergerät mit dem angehängten Gleisbogen nach vorn, also auf das abzubaggernde Haufwerk zu. Der zwischen dem Grubenzufahrtsgleis und dem Baggergleisbogen entstehende Zwischenraum muß durch Einfügung entsprechend langer Schienenstücke wieder geschlossen werden.



[14]) Ztschr. f. d. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen Bd. 69 (1921) S. 217.

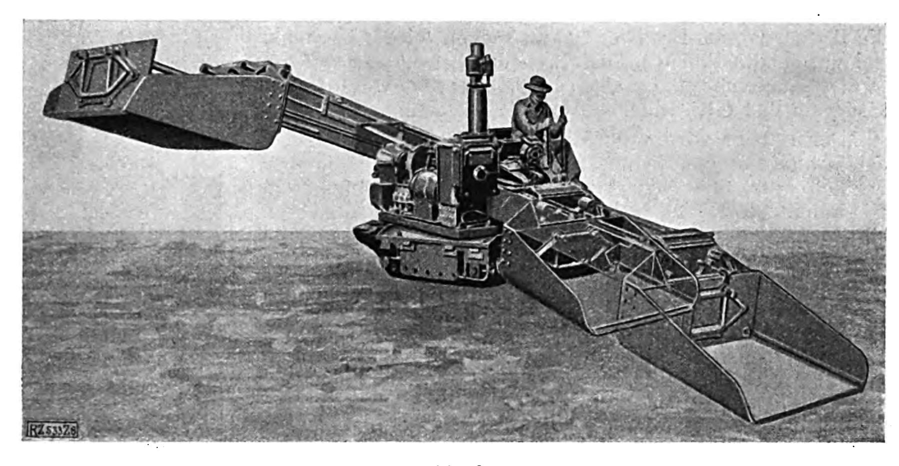


Abb. 8
Goodman-Schaufel

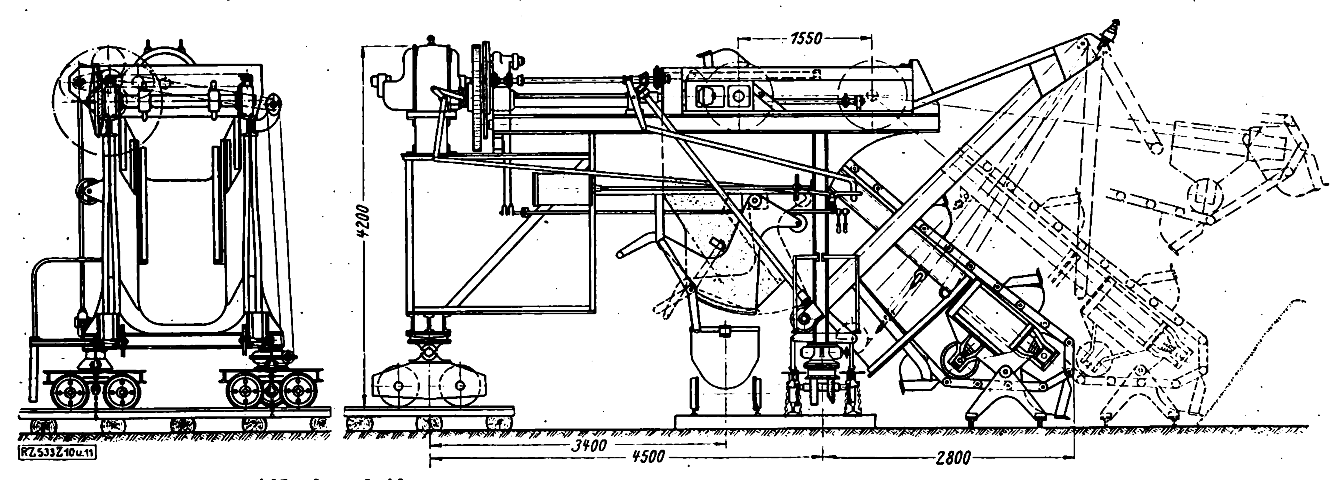


Abb. 9 und 10
Eimerbagger der Maschinenfabrik Buckau

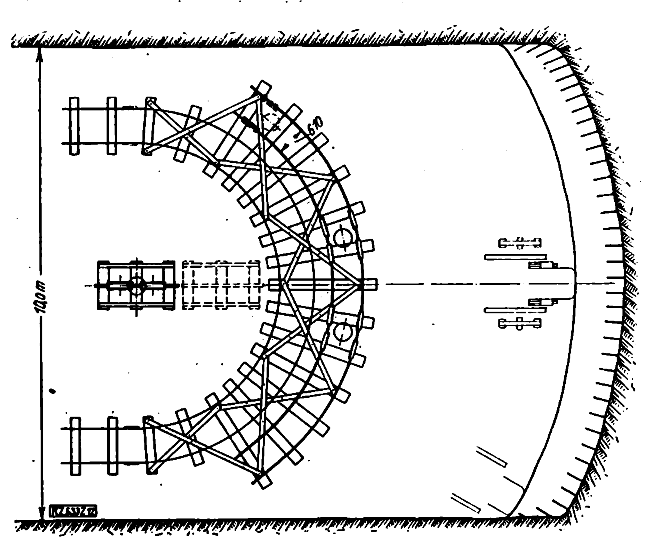


Abb. 11
Anordnung von Bagger- und Grubenwagengleis

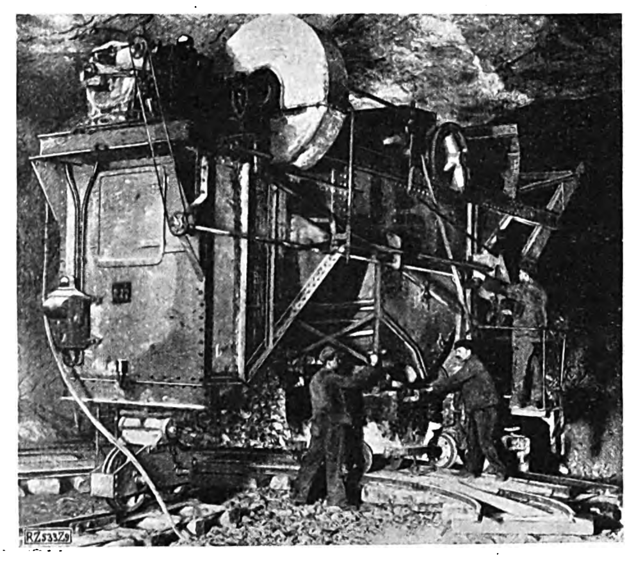


Abb. 12
Eimerbagger der Maschinenfabrik Buckau im Kalibergbau

Die Baggerung am Haufwerk kann sodann wieder beginnen und durch allmähliches Ausfahren der Eimerleiter auf rd. 1,5 m wagerechte Länge abgebaggert werden, worauf man wiederum das Gleis nachrücken muß.

Der Bagger wird von einem 22,5 kW-Antriebmotor bei 750 Uml./min angetrieben. Die Eimer fassen je 100 l. Die vierfach geschakte Eimerkette führt 30 Eimerschüttungen in 1 min aus, woraus sich eine theoretische Leistung von rd. 180 m^3/h ergibt. Bei einer Eimerfüllung von 80 vH und 20 vH Stillstandpausen durch Wagenwechsel beträgt die praktische Leistung rd. 115 m^3/h. Zur Verhinderung von schwerwiegenden Beschädigungen der schnell umlaufenden Antriebteile ist am Eimerkettenantrieb eine Sicherheits-Lamellenrutschkupplung eingebaut, die beim Auftreffen eines Baggereimers auf einen unter dem Haufwerk versteckt liegenden größeren Block sofort gleitet. Durch Ausrücken der Kupplung vom Führerstand aus können die übrigen Bewegungen, wie Fahren des Gesamtgeräts, Heben und Senken oder Aus- und Einfahren der Eimerleiter mit Antriebachse ohne Mitlauf der Eimerkette durchgeführt werden.

Kratzerlader in Verbindung mit Rutschen oder Bandförderern

Bei der zweiten Gruppe von Lademaschinen ist zwischen der Aufnehmevorrichtung für das hereingeschossene Haufwerk von der Sohle und dem Förderwagen eine maschinelle Fördereinrichtung in Form von Kastenförderbändern eingeschaltet. Die von den verschiedenen Firmen hergestellten Lademaschinen dieser Gruppe werden elektrisch angetrieben und unterscheiden sich in der Hauptsache nur durch die Ausbildung der Aufnehmevorrichtung. Sie bestehen aus folgenden drei Hauptteilen: dem auf Raupenketten oder Rädern verlagerten Unterteil, das die Antriebmotoren und Anlasser — wenn erforderlich, in schlagwettersicherer Kapselung — trägt, der Aufnehmevorrichtung und dem schwenkbaren Förderband zum Austrag des Haufwerks in die Förderwagen. Die schwenkbaren Förderbänder bieten den Vorteil, daß man mit der Lademaschine auch seitlich arbeiten und damit einen fortlaufenden Wagenumlauf durchführen und die Lademaschine voll ausnützen kann.

Die größte Verbreitung hat im amerikanischen Steinkohlenbergbau bisher der Joy-Lader gefunden, Abb. 13. Die Aufnehmevorrichtung besteht aus zwei Greiferarmen, deren Mittelpunkte auf Kurbelschleifen mit 36 Uml./min umlaufen, während das eine Ende in Führungsringen geführt wird. Das andere Ende der Greiferarme stößt daher vorwärts in das Haufwerk hinein, zieht es an den Lader heran und auf ein 540 mm breites, ansteigendes Förderband, das das Fördergut dem schwenkbaren Austragband von 450 mm Breite übergibt. Beide Greiferarme arbeiten abwechselnd so, daß der eine Arm gerade zum Greifen ausholt, während der andere die Kohle auf das ansteigende Förderband führt.

Die sich auf Raupenketten bewegende Lademaschine ist 1,20 m hoch und 7,4 m lang. Sie wird durch einen einzigen Motor von 19 kW mit 1150 Uml./min angetrieben, dessen eines Ende die Aufnehmevorrichtung und das Schrägband bedient, während das Kommutatorende das Austragband, die Raupenketten und eine Druckwasserpumpe antreibt. Mittels der Pumpe hebt und senkt und schwenkt man die Förderbänder und betätigt die Reibungskupplung zur Vor- und Rückwärtsbewegung der Raupenketten. Der Joy-Lader ladet in 1 bis 2 min einen 3 t-Wagen[15]).

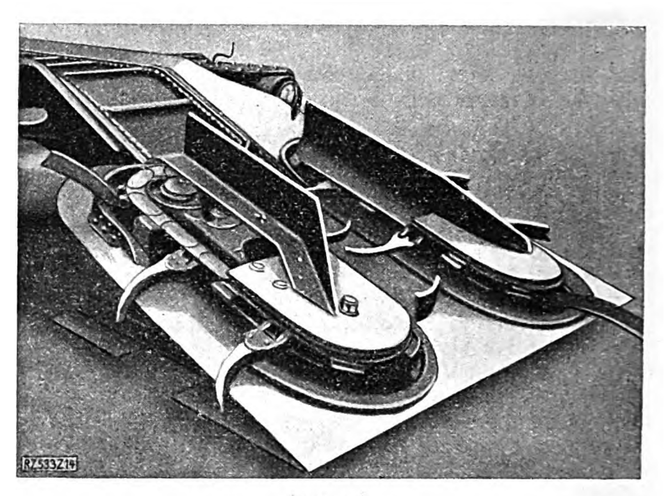


Abb. 14
Greifervorrichtung des Shanaberger-Laders

Die Lademaschine kann nur dann voll ausgenutzt werden, wenn die Strecken so angelegt sind, daß eine möglichst große Zahl von leeren Wagen in der Nähe der Lademaschine aufgestellt werden kann[16]). Auf der Acme-Grube, Wyoming, wendet man den Joy-Lader im Vorrichtungs- und im Abbaubetrieb an. Als mittlere Schichtleistung werden beim Verladen der Kohle in 3 t-Wagen beim Laden im Abbau 196,15 t und beim Laden vor Ort 160,8 t angegeben[17]).

Bei dem Shanaberger-Lader[18]) treten an Stelle der zwei Greiferarme des Joy-Laders eine Reihe von Armen, die mittels Scharnieren an zwei endlosen Ketten befestigt sind, Abb. 14. Die Arme schieben sich mit der Kohle auf der Gleitfläche der Maschine hoch, bis sie das Austragende erreichen, an dem sie durch Führungsschienen auf ungefähr 75° hochgehoben werden. Hierdurch wird die Kohle reibungslos an das 500 mm breite Förderband des Mittelteils der Lademaschine abgegeben, das mit einer Geschwindigkeit von 0,5 m/s umläuft. Das anschließende, nach beiden Seiten um je 90° schwenkbare, 3,65 m lange Förderband wird von einem 2,25 kW-Motor mit rd. 1 m/s Geschwindigkeit angetrieben. Der Lader eignet sich für Flöze von mehr als 0,9 m Mächtigkeit, wobei zwischen dem schwenkbaren Förderband und dem Hangenden noch 25 cm Zwischenraum bleiben. Die Lademaschine hat eine theoretische Leistung von 2,5 t/min.

In noch größerem Maße wird bei dem Coloder-Lader der Coloder Co., Columbus, Ohio, der Ladevorgang durch Greiferarme bewerkstelligt, so daß hier der schräge Bandförderer vollkommen wegfallen kann. Die Ladearme sind bei diesem Lader in der Ausführung der Bauart F an einer endlosen Kette angebracht und haben an den Enden je zwei auswechselbare Schneidzähne, Abb. 15. Die Umlaufrichtung der Kette ist umkehrbar, so daß also das zu beiden Seiten der Maschine liegende Haufwerk in gleicher Weise aufgeladen werden kann.

Durch Hin- und Herschwenken des Vorderteils der insgesamt 8,85 m langen Lademaschine, die während der Arbeit durch das Hochheben des

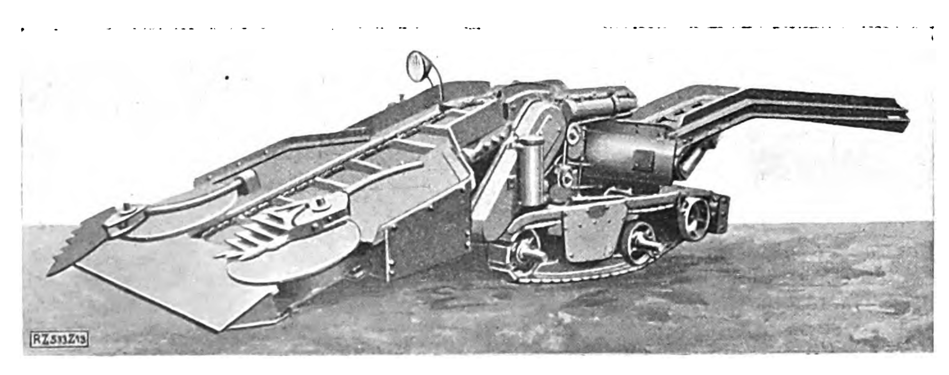


Abb. 13
Joy-Lader

[15]) „Mining and Metallurgy" Bd. 7 (1926) S. 287.
[16]) „Coal Age" Bd. 25 (1924) S. 669.
[17]) „Coal Age" Bd. 29 (1926) S. 94.
[18]) „Coal Age" Bd. 30 (1926) S. 655.



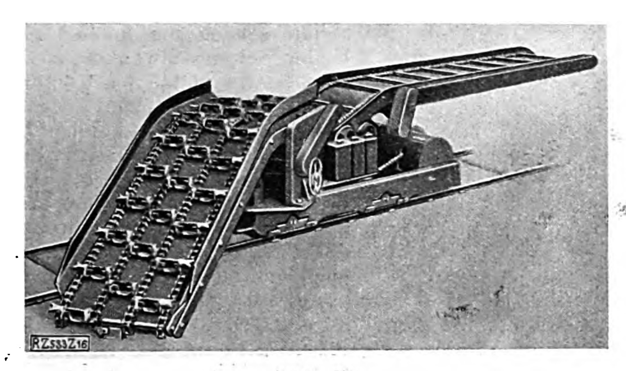


Abb. 16
Coloder-Lader, Bauart H

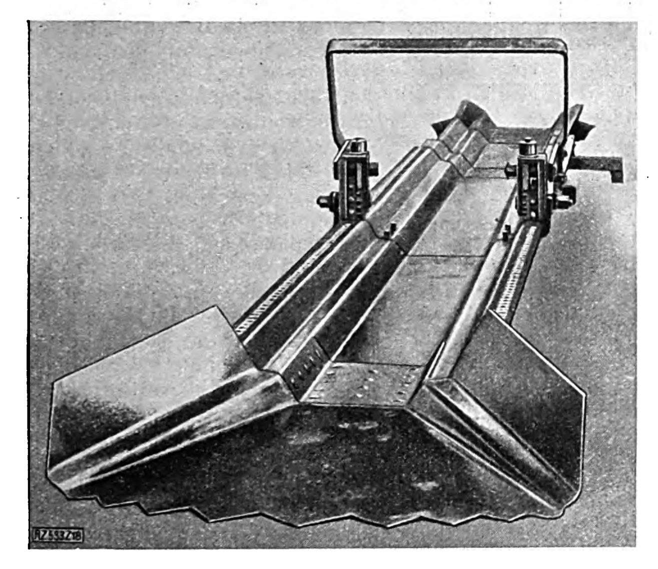


Abb. 18
Entenschnabel der Firma Eickhoff, Bochum

Radgestells fest auf der Sohle aufliegt, werden die Kohlen gefördert. Das Hin- und Herschwenken des Vorderteils der Lademaschine wird durch zwei gegen das Hangende abgestempelte Schwenkketten erreicht, an denen sich das Vorderteil nach links oder rechts heranzieht. Die auf der Sohle aufliegende Nase der Maschine nimmt selbst bei unebenem Liegenden die Kohlen gut auf. Die Maschine, die in Flözen über 1,5 m Mächtigkeit angewendet werden kann, hat eine Leistungsfähigkeit von 300 bis 600 t Kohle in der 8 h-Schicht. Aus den verschiedenen Angaben im Schrifttum ist zu ersehen, daß bei der Verwendung des Coloder-Laders etwa 50 vH der Kosten gegenüber der Handfüllarbeit gespart werden[19]).

Der neue Coloder-Lader, Bauart H, Abb. 16, hat an Stelle der Ladearme der Bauart F eine dreifache Kratzerkette[20]). Die Lademaschine steht auf dem Grubengleis; man kann ohne Gleisverschiebung Strecken bis zu 5,5 m Breite bestreichen. Im Abbau kann der 7,2 t wiegende, elektrisch angetriebene Lader bei einer Mindestflözhöhe von 1,35 m verwendet werden.

[19]) „Fördertechnik und Frachtverkehr" Bd. 15 (1922) S. 49.
[20]) „Coal Age" Bd. 31 (1927) S. 773.

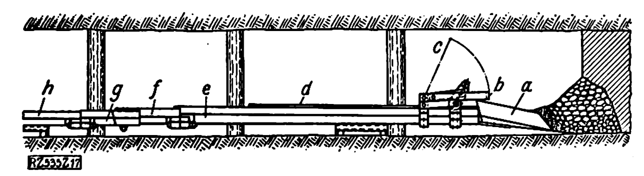


Abb. 17
Wirkungsweise des Entenschnabels
a Anfangstellung, Entenschnabel ganz eingezogen, um 4,5 m ausziehbar *b* Exzenter fest, Stellung bei Vorrat an erreichbarem losem Haufwerk *c* Exzenter los, Vorschubrinne kann ausfahren *d* Vorschubrinne *e* Führungsrinne *f* Schwenkrinne *g* Anschlußrinne *h* Normaler Rutschenstoß

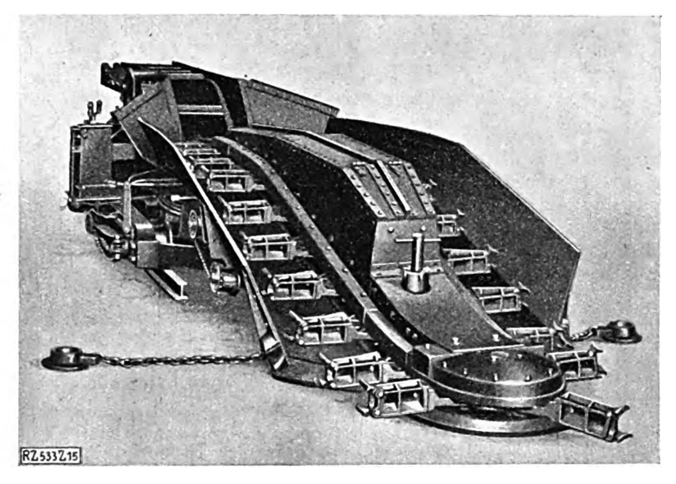


Abb. 15
Coloder-Lader, Bauart F

Bei dem Sullivan-Lader tritt an die Stelle einer Kette mit einer größeren Zahl von Greiferarmen eine wagerechte, mit einer Anzahl Greiferzähnen versehene umlaufende Stange[21]), die durch zwei Arme herauf- und heruntergeklappt werden kann und hierbei das Haufwerk auf ein schräg ansteigendes Förderband heraufschiebt.

Schaufellader in Verbindung mit Rutschen oder Bandförderern

Die in Verbindung mit Rutschen oder Bandförderern arbeitende Lademaschine von Schmidt, Kranz & Co., Nordhausen, beruht auch auf dem Grundsatz, das Fördergut an sich heranzuziehen und auf einer schiefen Ebene in einen Austragtrichter zu befördern. Da die Lademaschine besonders für grobstückiges Haufwerk, wie es im Kalibergbau vorkommt, gebaut ist, ist der Kratzer als schwerer Stahlrechen ausgebildet, der durch eine besondere Führung an einer Gelenkkette nicht allein in eine hin- und hergehende, sondern auch in eine auf- und niedergehende Bewegung versetzt wird. Der Arbeitsvorgang ist so ausgebildet, daß der Rechen am Anfang des Ladevorgangs hackenartig von oben nach unten in das Gut einschlägt, wobei er durch sein Eigengewicht herabfällt und je nach der Tiefenlage des Gutes mehr oder weniger eindringt. Außerdem ist der Rechen in gewissen Grenzen nachgiebig, so daß er sich die beste Angriffsfuge suchen kann. Die verhältnismäßig einfach und kräftig gebaute Maschine ist sowohl auf Schienen wie auf Raupen beweglich.

In sehr einfacher Weise hat die Firma Eickhoff, Bochum, mit dem Entenschnabel die Verladung der Kohle in die Schüttelrutsche gelöst. Der Entenschnabel mit einem Gesamtgewicht von 645 kg wird am Ende der Rutsche angebracht und gräbt sich, durch die Rutschenbewegung angetrieben, mit seinem schaufelförmigen Ausleger in das Haufwerk hinein, das durch die Schüttelbewegung der Rutsche in diese hineingleitet.

Der Entenschnabel besteht aus drei Teilen, Abb. 17, dem an die Rutsche angesetzten Schwenkstoß, der Führungsrinne mit dem Vorschubratschengetriebe und der Vorschubrinne mit dem Schaufelende. Die Vorschubrinne liegt beim Beginn der Arbeit bis an die Schaufel zurückgezogen in der Führungsrinne. Durch Umlegen des Ratschenbügels nach der Schnabelseite hin klemmen die exzentrisch geformten Gehäusewände die Ränder der Vorschubrinne und der Führungsrinne fest zusammen, so daß der Entenschnabel mit der Rutsche ein festes Ganzes bildet und sich mit der Rutsche zusammen bewegt. Durch Einlegen der der Schnabelseite abgewandten Sperrklinke und Hochheben des Ratschenbügels schiebt sich die Vorschubrinne vor, Abb. 18. Durch Niederdrücken des Ratschenbügels wird der Schnabel wieder fest mit der Rutsche verbunden und arbeitet weiter. Der Führungsstoß ist drehbar angebracht und kann nach beiden Seiten über einen Bogen von 60° schwingen. Man kann mit der

[21]) „Iron and Coal Trades Review" Bd. 113 (1926) S. 423.

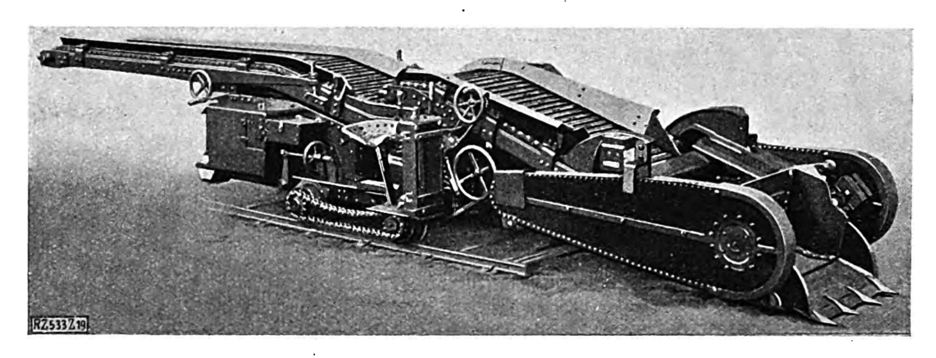


Abb. 19
Myers Whaley-Lader

Bauart	Gewicht	Spurweite	Länge	Gesamtbreite	Maschinenhöhe	mind. Arbeitshöhe	insges. Reichweite	Schaufelbreite	Kraftbedarf	Motor	Leistung
	kg	mm	m	m	m	m	m	mm	kW	kW	m³/min
Nr. 4	8400	mind. 460	6,7 bis 7,9	1,63	1,45	1,80	6,10	860	9	15	1,275
„ 3	6100	„	7,0	1,30	1,30	1,55	5,20	840	7,5	12	1,0
Spez. Nr. 3	6100	mind. 510	7,3	1,42	1,14	1,22	5,50	860	7,5	12	1,0

Schaufel eine Breite von 5 bis 9 m bestreichen. Der Entenschnabel war ursprünglich für den Streckenvortrieb hergestellt, hat sich aber auch im Strebbau in Verbindung mit Schrämmaschinen bewährt[22]).

Bei den im folgenden zu beschreibenden Lademaschinen verwendet man als Aufnehmevorrichtung für das hereingeschossene Haufwerk eine selbsttätige Schaufel, die jedoch nicht unmittelbar in den Förderwagen auslädt, sondern das Haufwerk gerade nur so weit hochhebt, daß es auf ein schräg ansteigendes Förderband gegeben werden kann.

Bei dem Lader von M y e r s W h a l e y, Abb. 19, hat man die das Haufwerk aufnehmende Schaufel zweiteilig ausgebildet. Der Vorderteil *a* der Schaufel, Abb. 20, ist durch die Achse *b* fest mit der um die Achse *c* umlaufenden Kurbel *d* verbunden. Die Schaufelspitze beschreibt hierbei den in Abb. 21 bis 24 angedeuteten Weg; das aufgeschaufelte Gut rutscht in den hinteren Schaufelteil *e* hinein, der mit der Kurbel *d* durch die Verbindungstange *g* und den Bolzen *f* starr verbunden ist. Bei der Drehung der Kurbel *d* wird der hintere Schaufelteil durch den Bolzen *f* in der Führungswelle *h* geführt. Bei der weiteren Drehung der Kurbel kippt schließlich durch das Eingreifen der Führungsbolzen *i* in die obere Führungsrinne *k* der hintere Schaufelteil hoch und entleert seinen Inhalt auf das ansteigende Förderband *l*. Der Stoß des bei der weiteren Drehung der Kurbel *d* frei zurückfallenden hinteren Schaufelteils wird durch die gefederte Platte *m* aufgenommen.

Die Schaufel hat eine Hubkraft von 680 kg, eine Stoßkraft von 1650 kg und läuft durchschnittlich mit 13 Füllungen in 1 min um. Der Lader kann mit den

[22]) „Miring Congress Journal" Bd. 12 (1926) S. 427.

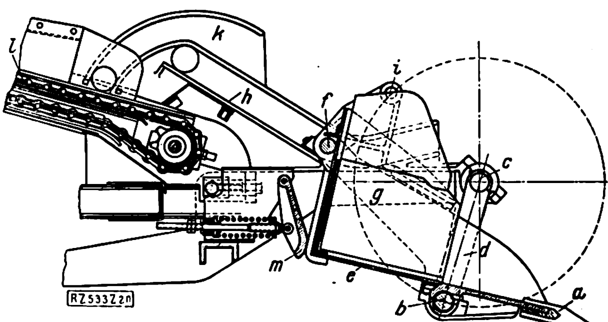


Abb. 20
Myers Whaley-Schaufel

a Schaufelvorderteil mit Greifzähnen
b Drehachse für Schaufelvorderteil
c Hauptachse
d Kurbelstange
e Schaufelhinterteil
f unterer Führungsbolzen
g Verbindungstange
h untere Führungsrinne
i oberer Führungsbolzen
k obere Führungsrinne
l Förderband
m gefederte Stoßplatte

Schaufelenden um je 45° nach beiden Seiten schwenken, so daß eine Breite von 5 bis 6 m ohne Bewegung der ganzen Maschine bestrichen werden kann. Das geschaufelte Haufwerk wird unmittelbar hinter der Maschine in den Förderwagen abgeworfen oder kann durch Verschwenken des Austragbandes bis zu je 17° nach der Seite auf eine Entfernung von 1,85 m von Gleismitte abgeworfen werden. Die Maschine wird in drei Größen hergestellt, Abb. 19. Der Kraftverbrauch beträgt etwa 0,22 kWh/t geschaufeltes Haufwerk.

Sämtliche Bewegungen, auch die Fortbewegung des ganzen Laders zu einem anderen Arbeitsort, werden von einem einzigen Motor ausgeführt. Bei der Aufwältigung und Einebnung von Hauptförderstrecken wurden mit dem Myers Whaley-Lader Förderwagen mit 5 t Fassungsvermögen im Mittel in 5 min verladen und hiermit gegenüber der Handarbeit eine siebenfache Mehrleistung erreicht[23]).

Ähnlich wie die Myers Whaley-Lader sind die S c h a u f e l l a d e m a s c h i n e n der M a s c h i n e n f a b r i k B u c k a u[24]), die Lademaschine der Hanomag, Hannover-Linden, und die Lademaschine der Firma B a m a g - M e g u i n, Berlin, gebaut. Letztere steht seit einiger Zeit auf den Gruben der Gewerkschaft Deutschland, Oelsnitz im Erzgebirge, im Dauerbetrieb[25]) und hat beim Laden im Querschlagbetrieb eine mittlere Leistung von 20 m³/h grob- und feinstückigen Gutes ergeben.

Bei der Lademaschine der H a n o m a g, Hannover, Abb. 25 bis 27, verwendet man an Stelle des eisernen Förderbandes des Myers Whaley-Laders Bänder aus mit Stahlstäben bewehrtem Paragummi. Die Lademaschine ist mit einem Motor von 18 kW ausgerüstet; die Schaufel macht 10 bis 12 Hübe in 1 min bei einem Schaufelinhalt von 100 l. Die einschließlich elektrischer Ausrüstung und Ballast rd. 10 t wiegende Maschine fährt auf einem Eisenbahngleis von 1150 mm Spurweite bei 115 mm Schienenhöhe. Zur Überwindung von Steigungen können die hinteren Laufräder der Maschine als Zahnräder ausgebildet werden und in mit den Schienen fest verbundene Zahnstangen eingreifen. Den Lader befördert man von einem Arbeitsort zum andern durch vier Hilfslaufräder, mit denen man das normale Grubengleis mit 1,2 km/h Geschwindigkeit befahren kann. Die Baugröße II der Hanomag-Lademaschine, Abb. 25 bis 27, wird mit einer Leistung von 30 bis 60 m³/h in der Hauptsache zum Leerfördern von Kalifirsten verwendet, während die kleinere Bauart I mit 1,32 m Höhe, 7,35 m Länge und 18 bis 36 m³/h Leistung auch für beschränktere Raumverhältnisse (Streckenauffahren) geeignet ist.

Vereinigte Gewinnungs- und Lademaschinen

Die große Leistungsfähigkeit der verschiedenen Lademaschinen-Bauarten bedingt für eine wirtschaftliche Ausnutzung einen großen Vorrat hereingeschossenen Haufwerks. Für die richtige Vorbereitung des Arbeitsorts, für das maschinelle Laden hat sich beim Arbeiten in der Kohle das Schrämen von senkrechten Schlitzen vor dem Hereinschießen mittels der Schlitzmaschine (shearing machine) als wichtige Hilfe erwiesen[26]). Hierdurch kann man die Leistung der Lademaschinen bei gleichem Sprengstoffverbrauch um 10 vH erhöhen[27]) und die Kosten für Ausbesserung der Lader verringern. Bei kleineren Abbauörtern und im Vorrichtungsbetrieb wird man dagegen die Lademaschine vor einem Ort nicht voll ausnutzen

[23]) „Coal Age" Bd. 29 (1926) S. 355.
[24]) „Braunkohle" Bd. 25 (1926) S. 861.
[25]) „Glückauf" Bd. 62 (1926) S. 1515.
[26]) „Modern mining" Bd. 4 (1927) S. 72.
[27]) „Coal Age" Bd. 31 (1927) S. 763.



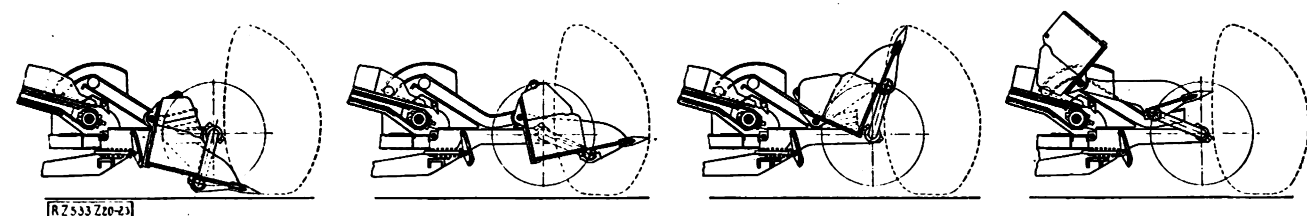


Abb. 21 bis 24
Ladevorgang bei der Myers Whaley-Schaufel

können, man muß sie daher mehrmals in der Schicht an andere Örter fahren. Um diese Zeitverluste nach Möglichkeit zu vermeiden, ist man bestrebt, die Lademaschine auch als Gewinnungsmaschine auszubilden, die nach dem Wegladen des losen Haufwerks sofort mit dem Schrämen beginnt. Als Hauptvertreter dieser vereinigten Gewinnungs- und Lademaschinen seien der Jeffrey-Lader (Shortwaloader), die Schräm- und Lademaschine von O'Toole und die Lademaschine von McKinlay genannt.

Der Jeffrey Shortwaloader ist mit drei übereinander liegenden Schrämketten ausgerüstet, die am Kopfteil der Maschine in wagerechter Richtung angebracht sind und seitwärts an die Maschine herangeklappt werden können. Im Gegensatz zum O'Toole-Lader wird das Schrämen und Laden nicht gleichzeitig, sondern hintereinander ausgeführt. Beim Schrämen tritt nur der untere Schrämarm in Tätigkeit, während die beiden anderen Arme angeklappt werden. Gleichzeitig werden die Schußlöcher gebohrt und besetzt, so daß bei Beendigung des Schrämens der Kohle sofort geschossen werden kann. Für die Ladearbeit werden die oberen Schrämarme über die unteren in Stellung gebracht und gleichzeitig mit dem Förderband in Tätigkeit gesetzt, Abb. 28. Alle drei Schrämarme ziehen nun die Kohle auf das ansteigende Schrägband. Bei gut gehender Kohle schneiden sich die drei Arme, ohne daß geschossen zu werden braucht, gleichzeitig in die Kohle ein, reißen sie los und führen sie dem Förderband zu. Die Maschine eignet sich besonders für das Verladen bei Rutschenbetrieb und bei Förderbändern im Strebbau. Der Lader ist 900 mm hoch, 3 m lang und hat ein 3,5 m langes Förderband. Die Schrämtiefe beträgt 1,8 m.

Den Ladebetrieb kann man mittels des O'Toole-Laders[28]) noch weiter vereinfachen. Eine etwa 15 m lange Schrämkette unterschrämt die Kohle, die durch die wirksame Ausnutzung des Hangenddruckes ohne Schießen hereinkommt[29]) und auf das parallel zur Schrämkette laufende

[28]) Z. Bd. 70 (1926) S. 608.
[29]) „Colliery Guardian" Bd. 132 (1926) S. 567.

Abb. 25 bis 27
Lademaschine der Hanomag

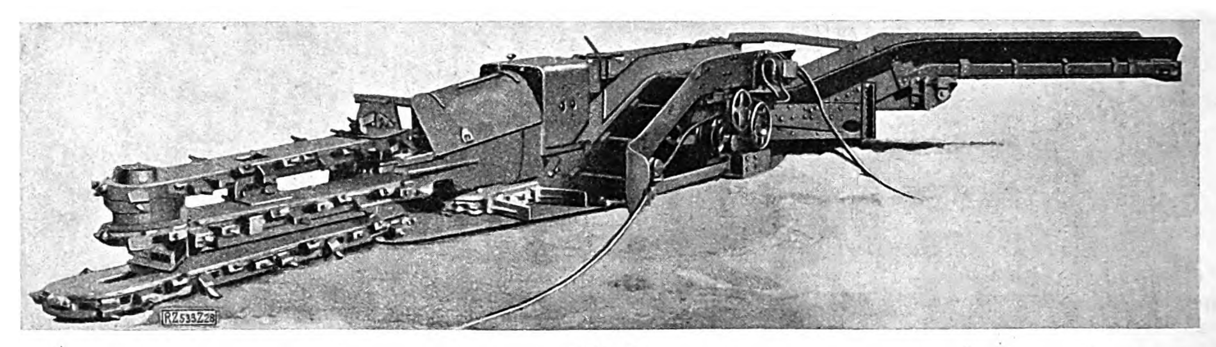


Abb. 28
Jeffrey-Lader (Shortwaloader)

Förderband fällt. Der Lader wird in Richtung auf den Kohlenstoß durch gegen Druckwasserstempel gestützte Gewindestangen vorgetrieben.

Der von McKinlay entworfene Drehschaufel-Lader stellt eine Verbindung von Gewinnungs- und Lademaschine für das Streckenauffahren dar, Abb. 29. Der Ortstoß wird durch sich drehende Arme hereingewonnen, die auf zwei über den Grundriß der Lademaschine nach vorn hinausragende Wellen aufgesetzt sind. Auf den Armen sitzen mit Zähnen aus hochwertigem Stahl besetzte Querstücke in Zwischenräumen von 12 bis 25 cm. Bei der Drehung der Arme werden in die Kohle zwei sich teilweise überdeckende Zylinder eingeschnitten. Die zwischen den Zylindern stehenbleibenden Sektoren werden von einer wagerecht arbeitenden Schneidkette weggeschrämt. Die auf den Armen sitzenden Zähne schrämen nur in ihrer eigenen Spur. Quer zu den Armen angebrachte und sich mitdrehende Keilräder brechen die Kohle in großen Stücken heraus, die auf ein schnell laufendes Förderband auffallen.

Der Vortrieb der Lademaschine kann je nach der Härte der Kohle durch eine mittels Elektromotor angetriebene Öldruckpumpe geregelt werden und beträgt zwischen 7 und 15 cm/min[30]). Neben der großen Leistung und den geringen Kosten gegenüber dem Auffahren von Hand ist die weitgehende Schonung des Hangenden durch die Vermeidung des Schießens von Vorteil.

Die Untersuchungen des Carnegie-Instituts, Pittsburgh[31]), haben ergeben, daß die unmittelbaren Ersparnisse durch das maschinelle Laden keineswegs ein Wertmesser für das mechanische Laden an sich sind. Der Hauptvorteil des mechanischen Ladens gegenüber Verladung von Hand liegt vielmehr in der Zusammenfassung des Abbaues, die durch die schnelle Leerförderung der einzelnen Arbeitsorte bedingt ist. Eine weitgehende Verminderung der Abbaukosten — die Gesamtkosten haben sich in einigen nordamerikanischen Steinkohlengruben, die sich vollkommen auf Lademaschinenbetrieb umgestellt haben, um 30 bis 50 vH vermindern lassen[32]) — wird dadurch erreicht, daß für eine bestimmte Tagesförderung eine bedeutend kleinere Vorrichtung und wenige Abbauörter notwendig sind.

Die Förderkosten werden verringert, da die Zubringelokomotiven für eine geringere Zahl von Arbeitsorten mehr Wagen als bisher in der Schicht fördern können. Wichtig ist zur vollen Ausnutzung der Ladefähigkeit der Lademaschinen neben einer laufenden eingehenden Überwachung in unter Tage angelegten Werkstätten[33]) ein gut und schnell durchgeführter Wagenumlauf, dem auch das Abbauverfahren anzupassen ist[34]). Durch den schnellen Verhieb werden die Druckwirkungen sich nicht so stark bemerkbar machen und dadurch kann auch ein leichterer Ausbau gewählt werden. Alles in allem ergibt sich also eine erhebliche Ersparnis an Stoffen, Arbeit, Wetterführung, Überwachung usw. Die bisherigen Erfahrungen mit Lademaschinen im amerikanischen Steinkohlenbergbau und ihre schnelle Einführung — im Jahre 1926 sind dort bereits 10 000 000 t Kohlen mittels Lademaschinen gewonnen worden — beweisen, daß die maschinenmäßige Ladearbeit sich auch unter verhältnismäßig schlechten Hangendbedingungen erfolgreich anwenden läßt[35]).

Die vorstehenden Ausführungen über die maschinenmäßige Ladearbeit unter Tage zeigen die große Leistungsfähigkeit der Lademaschinen und geben auch einige Beispiele von den Ersparnissen, die sich durch ihre Einführung bei richtig durchgeführter Betriebsorganisation erreichen lassen. Die Ersparnisse spiegeln sich auch in den hohen Schichtleistungen wieder, die für den nordamerikanischen Steinkohlenbergbau bei Anwendung von Lademaschinen im Mittel zu 17 bis 40 t auf den Kopf der Untertagebelegschaft angegeben werden[35a]). Hand in Hand mit einer Einführung von Lademaschinen wird daher zur möglichsten Ausnutzung ihrer Leistungsfähigkeit eine weitgehende Änderung des Vorrichtungs- und Abbaubetriebes und vor allem auch des Förderbetriebes durchzuführen sein[36]). Es ist daher mit Recht behauptet worden, daß beim mechanischen Laden nur 10 vH des Erfolges auf der eigentlichen maschinenmäßigen Ladearbeit und 90 vH auf richtiger Betriebsorganisation beruhen[37]).

Die Aufgabe der maschinenmäßigen Verladung läuft genau gleich mit der Anwendung schwerer Maschinen in der weiterverarbeitenden Industrie, und zwar der Arbeitszu- und Abführung von den Maschinen[38]). Die Beschäftigung hiermit brachte den Betriebsingenieur zu dem Verfahren der wissenschaftlichen Betriebsführung. Ebenso läßt sich auch die Aufgabe der Mechanisierung im Bergbau nicht durch bloßes Einstellen von Maschinen unter Tage[38a]) lösen. Auch hierbei müssen Zeit- und Förderstudien zu der mikroskopischen Wiedergabe der einzelnen Arbeitsvorgänge führen und die Grundlage für eine planmäßige Betriebführung geben. Nur so kann man die Lademaschine ähnlich wie die Schachtfördermaschine möglichst während der ganzen Schichtzeit ausnutzen. [B 533]

[30]) „Coal Age" Bd. 29 (1926) S. 667.
[31]) Mechanical loading for the coal mines of the Pittsburgh district, „Bulletin" 28 (1926) S. 73.

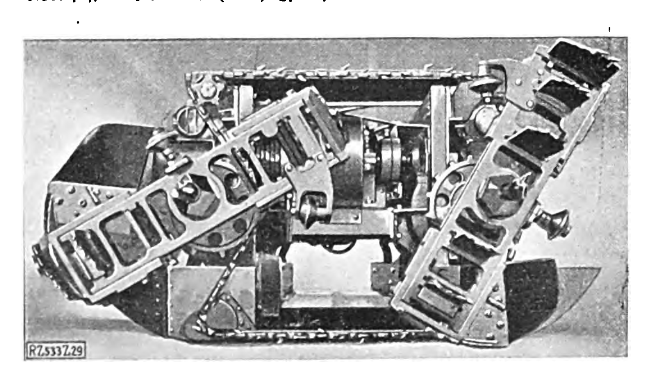


Abb. 29
Drehschaufel-Lader von Mc Kinlay

[32]) „Mining and Metallurgy" Bd. 6 (1925) S. 190.
[33]) „Coal Age" Bd. 31 (1927) S. 767. [34]) Desgl. S. 79. [35]) Desgl. S. 765.
[35a]) „Mining and Metallurgy" Bd. 8 (1927) S. 219.
[36]) „Coal Age" Bd. 31 (1927) S. 667. [37]) Desgl. S. 529. [38]) Desgl. S. 695.
[38a]) „Coal Age" Bd. 32 (1927) S. 375.

Aufgaben und Ziele der Hochspannungselektrotechnik

Von Erwin Marx, Braunschweig

Vorgetragen im Braunschweiger Bezirksverein des Vereines deutscher Ingenieure

Die dringendsten Forschungsaufgaben der Hochspannungstechnik werden erörtert. Die Aufgaben beziehen sich hauptsächlich auf die kurzzeitigen Spannungsvorgänge bei Störungen. Die Lösung dieser Aufgaben soll die Betriebsicherheit elektrischer Anlagen erhöhen und ihre Baukosten vermindern. Die Notwendigkeit wird betont, Vorarbeiten für eine weitere Erhöhung der Betriebspannung zu leisten.

Die Entwicklung von Hochspannungsanlagen ist so rasch vorwärts gegangen, daß nicht alle beim Bau auftretenden Fragen grundlegend geklärt werden konnten; man bemaß deshalb die Leitungen, Transformatoren und Geräte zunächst nach wenigen praktischen Erfahrungen, so daß sie normalerweise den Anforderungen standhielten. Mit gelegentlichen Störungen fand man sich ab.

Im Laufe der Jahre ist die Betriebsicherheit durch viele Erfahrungen und wissenschaftliche Forschungen zwar beträchtlich erhöht worden. Da aber die Leistungen ständig wachsen, muß man immer höhere Spannungen verwenden; auch die Stromstärken erreichen immer größere Werte. Infolgedessen tauchen ständig neue Schwierigkeiten auf, und die Folgen einzelner Betriebstörungen werden mit der Vergrößerung der Anlagen für Stromlieferer und Strombezieher immer nachteiliger; die Betriebsicherheit erhält immer mehr allgemeine wirtschaftliche Bedeutung. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit, an der wissenschaftlichen Erforschung aller Fragen der Hochspannungstechnik so angestrengt wie möglich zu arbeiten.

Untersuchungen über die elektrische Festigkeit bei verschiedenen Spannungsarten

Legt man an zwei leitende Körper (Elektroden), zwischen denen sich ein Isolierstoff befindet, eine Spannung, so wird bei einem gewissen Spannungswert der Isolierstoff elektrisch durchgeschlagen. Es fließt dann von der einen Elektrode zur andern ein meist starker elektrischer Strom; der Isolierstoff hat an der durchgeschlagenen Stelle seine isolierende Eigenschaft verloren. Man bezeichnet den Spannungswert, bei dem der Durchschlag erfolgt, als Durchschlagspannung. Von Überschlag spricht man, wenn der elektrische Strom zwischen den Elektroden entlang der Oberfläche eines festen Isolierstoffes fließt. Die „Elektrische Festigkeitslehre" behandelt nun die Frage, bei welcher Spannung eine elektrische Anordnung durchschlägt oder überschlägt, oder wie groß die elektrische Festigkeit einer solchen Anordnung ist.

Die Höhe der Durchschlagspannung eines zwischen zwei Elektroden befindlichen Stoffes, eines Dielektrikums, ist abhängig

1. von der Beschaffenheit und dem Zustand des Dielektrikums,
2. von der Gestalt und dem Abstand der Elektroden,
3. von dem zeitlichen Verlauf der Spannung.

1. Elektrische Durchschläge treten in Gasen, Flüssigkeiten und festen Körpern auf. Die Durchschlagvorgänge sind bei Gasen am meisten, jedoch bei weitem noch nicht restlos geklärt. Man hat die weitgehend bestätigte Theorie aufgestellt, daß sich in allen Gasen elektrisch geladene Teilchen befinden, auf die eine Spannung Kräfte ausübt. Die Teilchen erhalten dadurch eine Geschwindigkeit, die um so größer ist, je höher die auf die Längeneinheit bezogene Spannung (elektrische Feldstärke) wird. Die Geschwindigkeit dieser geladenen Teilchen kann so groß werden, daß sie Gasmoleküle beim Anprall zertrümmern und infolgedessen immer neue elektrisch geladene Teilchen schaffen. Diese neuen Teilchen nehmen ebenfalls an den Bewegungen teil, und schließlich entsteht ein so großer Strom geladener Teilchen von einer Elektrode zur andern, daß das Gas praktisch leitend wird, d. h. durchschlägt. Der Durchschlag zeigt sich in Form eines leuchtenden Stromes geladener Teilchen als Lichtbogen. Nach dieser Theorie ist es verständlich, daß die Durchschlagspannung eines Gases von seiner Dichte abhängt. Eine einheitliche Anschauung darüber, wie man sich den Durchschlagvorgang bei flüssigen und festen Stoffen vorstellen kann, besteht noch nicht. Die Klärung dieser Frage wäre sehr wichtig.

2. Zwischen zwei Elektroden, zwischen denen eine Spannung herrscht, besteht ein elektrisches Feld. Die Richtung und Größe der Feldstärke ist gegeben durch die Kraft, die in dem Feld auf einen sehr kleinen Körper ausgeübt wird, der mit der Einheit der Elektrizitätsmenge geladen ist. In Abb. 1 und 2 sind einige Feldlinien eingezeichnet. Die Richtung der Feldlinien gibt in jedem Punkte die Richtung der elektrischen Feldstärke an, die Dichte der Feldlinien entspricht der Größe der Feldstärke. Abb. 1 und 2 zeigen, daß der Verlauf des Feldes von der Gestalt der Elektroden abhängt.

Durch Versuche fand man das wichtige Gesetz, daß die Durchschlagspannung bei gleichem Elektrodenabstand um so größer ist, je weniger sich die Feldstärke auf dem Wege von einer Elektrode zur andern ändert. Bei gegebenem Abstand ist also die Durchschlagspannung am größten, wenn die Feldstärke zwischen zwei Elektroden gleich bleibt (homogenes Feld). Dieser Fall kann zwischen zwei großen parallelen Platten eintreten. Die Anordnung Abb. 1 muß für die elektrische Festigkeit weit günstiger sein, als die Anordnung Abb. 2, weil bei Abb. 1 die Feldstärke in dem Gebiet, in dem der Elektrodenabstand klein ist, angenähert gleich bleibt, während bei Abb. 2 unmittelbar an den Spitzen eine viel größere Feldstärke herrscht als in der Mitte zwischen den Spitzen. Bei gleichbleibender Elektrodengestalt wächst die Durchschlagspannung mit wachsendem Elektrodenabstand, jedoch im allgemeinen nicht im gleichen Verhältnis.

3. Von großem Einfluß auf die Höhe der Durchschlagspannung ist der zeitliche Verlauf der Spannung. Am meisten klargestellt sind die Vorgänge bei sinusförmiger Wechselspannung niedriger Frequenz, wie sie bei normalem Betrieb in Starkstromanlagen vorliegt, weil sich diese Spannungsart in ausreichend hohen Werten am einfachsten erzeugen und messen läßt. Im Betriebe treten aber Überschläge oder Durchschläge infolge von sinusförmiger Wechselspannung niedriger Frequenz kaum auf, sondern es sind meist Störungsvorgänge mit ganz anderem zeitlichen Spannungsverlaufe, die zu Durchschlägen und Überschlägen führen.

Als Beispiel für eine solche Störung seien die Vorgänge bei Gewittern betrachtet, die heute noch oft zu Betriebunterbrechungen Anlaß geben[1]). Bei einem Gewitter sei auf einer, über einer Hochspannungsleitung befindlichen Wolke eine bestimmte Elektrizitätsmenge angehäuft. Dadurch werden auch auf der Hochspannungsleitung elektrische Ladungen gebunden, die der Leitung eine Gleichspannung gegen Erde geben. Diese Gleichspannung beansprucht die Isolatoren und kann zu Durchschlägen führen. Wenn die Leitung gleichzeitig mit Wechselspannung gespeist wird, überlagert sich die durch das Gewitter hervorgerufene Gleichspannung dieser Wechselspannung. Sobald die Spannung zwischen Wolke und Erde so hoch geworden ist, daß die Durchschlagfestigkeit der Luft überschritten wird, tritt zwischen Wolke und Erde ein Durchschlag (Blitzschlag) ein. Durch diesen Blitzschlag werden die auf der Wolke und der Erde sich gegenseitig bindenden Ladungen ausgeglichen. Der Blitz trifft die Leitung erfahrungsgemäß

[1]) Z. Bd. 70 (1926) S. 1688.

Abb. 1
Kugelelektroden

Abb. 2
Spitzenelektroden

Abb. 3
Porzellanplatte zwischen Spitzenelektroden

Abb. 4
Innenraum-Stützisolator

Abb. 5
Freileitungs-Stützisolator

Abb. 6
Porzellan-Durchführungsrohr

Abb. 1 bis 6
Anordnungen für Überschlagversuche mit Wechselspannung und mit Spannungstößen

selten. Wenn er in einiger Entfernung von der Leitung zur Erde geht, werden durch den Ladungsausgleich die Gleichspannungsladungen auf der Leitung frei, sie laufen, wie Versuch und Rechnung zeigen, mit Lichtgeschwindigkeit als Wanderwelle auf der Leitung fort. Die Wanderwelle ergibt an allen Isolatoren, Apparaten, Transformatoren und Maschinen, die sie erreicht, eine plötzliche Spannungserhöhung, die man Spannungstoß nennt. Die Wanderwelle kann auch zu periodischen Schwingungen von meist sehr hoher Frequenz führen, wenn sie elektrisch schwingungsfähige Gebilde anstößt. An sich sind alle Teile elektrischer Anlagen schwingungsfähig, es werden jedoch nicht in allen Fällen durch die Wanderwellen hochfrequente Schwingungen entstehen, da die Dämpfung der Schwingungskreise oft groß ist. Bei solchem Vorgang können also neben der Wechselspannung drei weitere Spannungsarten entstehen: Gleichspannung, Spannungstöße, hochfrequente Schwingungen. Hierbei treten unter Umständen große Verschiedenheiten der elektrischen Festigkeit auf[2]).

[2]) Z. Bd. 68 (1924) S. 862; ETZ Bd. 46 (1925) S. 886; Hescho-Mitteilungen (Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren G. m. b. H.) Heft 10 u. 17.

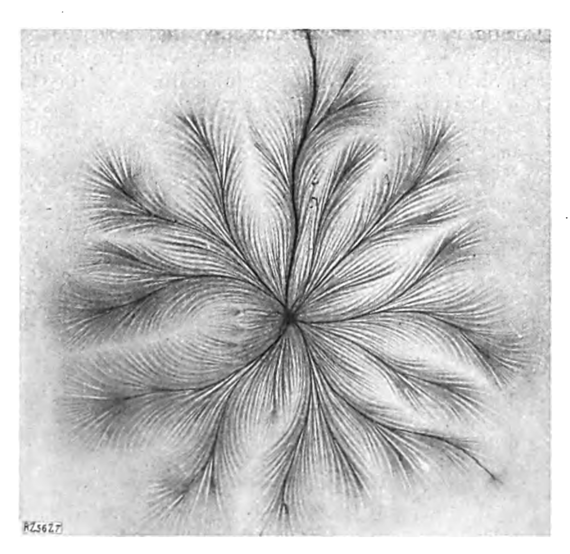


Abb. 7
Negative Gleitfunken auf einer Glasplatte

Zur Erklärung sollen die nachstehenden Versuche dienen, die mit Wechselspannung und mit Spannungsstößen ausgeführt wurden. An die in Abb. 1 bis 6 dargestellten Anordnungen wird eine Wechselspannung gelegt, die allmählich bis zum Überschlag gesteigert wird. Der Scheitelwert der Überschlagsspannung wird gemessen und in Zahlentafel 1 eingetragen. In der Spalte „kV/cm" wird angegeben, welche Spannung bei dem Durchschlag oder Überschlag der betreffenden Anordnung sich im Mittel für jedes Zentimeter Elektrodenabstand (kürzester Durchschlagweg in Luft) ergibt. Man wird im Betrieb Anordnungen wählen, bei denen die Spannung je Zentimeter hoch ist, damit man schon bei kleinen Abständen große Durchschlagspannungen und dadurch große Sicherheit erhält. Denn der große Platzbedarf und hohe Preis der Anlagen für sehr hohe Spannungen ergibt sich in erster Linie dadurch, daß große Abstände zwischen den Leitern und zwischen Leiter und Erde nötig sind.

Die Sicherheit gegen Überschlag ist bei den Anordnungen, Abb. 1 bis 6 sehr verschieden. Die Kugeln, Abb. 1, sind günstig, da ein angenähert gleichmäßiges Feld vorliegt. Die Spitzen, Abb. 2, sind ungünstig, weil bei ihnen ein starkes Feld an den Spitzen herrscht. Das zeigt sich dadurch, daß an den Spitzen bereits bei niedriger Spannung Vorentladungen auftreten. Bei den weiteren Versuchanordnungen, Abb. 3 bis 6, tritt meist ein Überschlag entlang der Oberfläche von Porzellan auf. In den Fällen Abb. 3, 5 und 6 wird das Porzellan vor dem Überschlag auf Durchschlag hoch beansprucht. Der Elektrodenabstand ist, durch den festen Körper hindurch gemessen, viel kleiner als der Überschlagweg. Da trotzdem die Anordnungen in der Luft überschlagen, hat also der feste Körper eine weit höhere elektrische Durchschlagfestigkeit als die Luft.

Am ungünstigsten bezüglich der Überschlagspannung ist, wie Zahlentafel 1 zeigt, die Anordnung Abb. 6, bei der auf 1 cm Überschlagweg im Mittel nur 2,1 kV kommen. Auf dem Durchführungsrohr entstehen schon bei niedriger Spannung Gleitfunken, die die Oberfläche des Rohres fächerartig überziehen, Abb. 7[3]). Wenn die Spannung, bei der die Gleitfunken entstehen, erreicht ist, genügt eine geringe weitere Spannungserhöhung, um den Überschlag herbeizuführen. Die Gleitfunken wachsen rasch. Große Verlängerung des Durchführungsrohres würde nur eine geringe Erhöhung der

[3]) Vergl. Hescho-Mitteilungen Heft 21/22 S. 37 u. f.

Überschlagspannung mit sich bringen. Wir sehen hieraus, daß Anordnungen, bei denen frühzeitig Gleitfunken auftreten, besonders ungünstig sind.

Weitere Versuche wurden mit Spannungsstößen ausgeführt, die dadurch entstanden, daß Kondensatoren mit Gleichspannung aufgeladen wurden und die aufgespeicherte Elektrizitätsmenge durch eine Kugelfunkenstrecke plötzlich in eine Leitung geschickt wurde[4]). Dadurch liefen in die Leitung Wanderwellen hinein, wie sie oben bei der Besprechung der Gewitterstörungen bereits erwähnt wurden. Durch die Wanderwellen wurden Spannungsstöße in den Elektrodenanordnungen Abb. 1 bis 6 erzeugt. Die Spannungsstöße wurden allmählich gesteigert, bis der Überschlag eintrat. Der Scheitelwert des Spannungsstoßes, der eben zum Überschlag ausreichte, wurde gemessen und in Zahlentafel 1 eingetragen.

Zahlentafel 1

Anordnung	Abb.	Elektrodenabstand	Scheitelwerte der Überschlagspannung				Verhältnis Stoßspannung: Wechselspannung
			Wechselspannung		Spannungsstöße		
		cm	kV	kV/cm	kV	kV/cm	
Kugeln . .	1	4,0	111	27,8	111	27,8	1,0[5])
Spitzen . .	2	8,0	53	6,6	124	15,5	rd. 2,3
Porzellanplatte . .	3	8,7	33	3,8	51	5,9	„ 1,5
Innenraumstützisolator . . .	4	11,0	85	7,7	143	13,0	„ 1,7
Freileitungstützisolator . . .	5	9,3	83	8,9	137	14,7	„ 1,7
Durchführungsrohr	6	60	124	2,1	122	2,0	„ 1,0

Die Überschlagspannung bei Spannungsstößen ist, wie Zahlentafel 1 zeigt, meist größer als bei Wechselspannung von 50 Per./s, bei der Spitzenfunkenstrecke z. B. rd. 2,3mal so groß wie bei Wechselspannung, weil bis zum Durchschlagen der Funkenstrecke eine gewisse Zeit notwendig ist (Entladeverzug). Die Stoßspannung wächst in außerordentlich kurzer Zeit und steigt deshalb über den Wert hinaus, der zum Überschlag genügen würde, wenn die Funkenstrecke dauernd an Spannung läge. Auch bei den Isolatoren, Abb. 3, 4 und 5, sind aus den gleichen Gründen die Überschlagspannungen bei Spannungsstößen höher als bei Wechselspannung. Die Durchschlagspannung von Isolatoren ist bei Spannungsstößen ungefähr ebenso groß wie bei Wechselspannung; der Isolator wird durchgeschlagen, wenn die zum Überschlag erforderliche Spannung höher ist als die Durchschlagspannung. Da bei Spannungsstößen die Überschlagspannung wesentlich erhöht wird, besteht die Gefahr, daß sie die Durchschlagspannung übersteigt, daß also eher ein Durchschlag des Isolators eintritt als ein Überschlag. Das findet man auch bei der Prüfung von Isolatoren mit Spannungsstößen[6]) bestätigt, bei der viel mehr Isolatoren durchschlagen als bei Wechselspannung.

Isolatorendurchschläge sind im Betrieb viel unangenehmer als Überschläge; denn die Durchschläge zerstören die Isolatoren, so daß sie ausgewechselt werden müssen, während nach dem Überschlag an einem Isolator der Betrieb oft ohne weiteres fortgeführt werden kann.

Untersuchungen über die Vorgänge bei Spannungsstößen sind sehr schwierig, weil sich diese in außerordentlich kurzen Zeiten (Größenordnung 10^{-8} s) abspielen. Die Erscheinungen bei Spannungsstößen sind deshalb noch wenig geklärt. Die Höhe der Überschlagstoßspannungen ist von dem zeitlichen Verlauf der Stöße abhängig. Mit verschiedenen Anordnungen zur Erzeugung der Spannungsstöße werden oft abweichende Werte gemessen. Erst in der neuesten Zeit ist es durch den Kathodenoszillographen[7]) möglich geworden, so kurzzeitige Vorgänge zu beobachten und zu photographieren. Da außer Spannungsstößen auch Gleichspannung und Schwingungen hoher Frequenz bei Störungen auftreten können, ist es wichtig, daß die bisher bei Wechselspannung untersuchten Gesetze der elektrischen Festigkeit auch bei diesen Spannungsarten erforscht werden.

[4]) Z. Bd. 70 (1926) S. 1187; ETZ Bd. 46 (1925) S. 1298; Hescho-Mittlg. Heft 20.

[5]) Die Scheitelwerte beider Spannungsarten sind mit einer Kugelfunkenstrecke gemessen, deren Entladeverzug gleich null angenommen wurde; deshalb ergibt sich hier das Verhältnis 1,0.

[6]) Z. Bd. 68 (1924) S. 862.

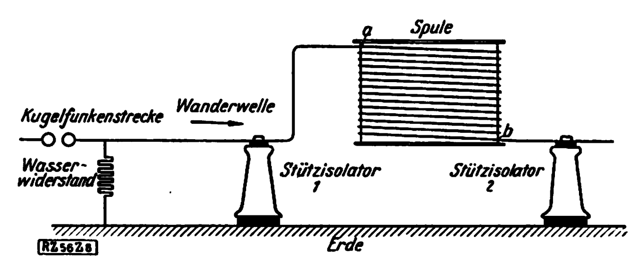


Abb. 8
Untersuchung einer Spule mit Spannungsstößen
a Spulenanfang *b* Spulenende

Das Ziel dieser Untersuchungen ist einerseits, die Betriebsicherheit der Hochspannungsanlagen durch zweckmäßigen Bau aller Teile zu erhöhen und anderseits Bau- und Werkstoff und Platz bei dem Bau von Gebäuden, Leitungen und Hochspannungsgeräten zu sparen.

Untersuchungen über den Verlauf von Störungen in Hochspannungsanlagen und Mittel zu ihrer Bekämpfung

Überspannungen in Hochspannungsanlagen führen Überschläge zur Erde oder zwischen den Leitern, Wicklungsdurchschläge in Transformatoren und Maschinen usw. herbei. Durch die Überschläge treten meist große Überströme auf, die schwere Folgen haben können, wenn sie nicht rechtzeitig unterbrochen werden. Über den Verlauf der Störungen ist wenig bekannt; denn sie treten sehr kurzzeitig auf, weil die Spannungswellen sich mit Lichtgeschwindigkeit fortbewegen. Meist sind in den Anlagen nach den Störungen nur die Schäden (Lichtbogenspuren, Schmelzstellen, Explosionen usw.) festzustellen. Sehr wichtige Aufklärungen über den Störungsverlauf erhält man durch statistische Aufzeichnungen über alle bei Störungen beobachteten Erscheinungen unter genauer Beachtung der Betrieb- und Netzverhältnisse. Die in Deutschland gegründete „Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen" hat sich um die Aufstellung und Auswertung solcher Aufzeichnungen große Verdienste erworben.

Die meßbare Ausbreitungsgeschwindigkeit der Elektrizität kann man durch folgenden Versuch nachweisen: Auf die Versuchsanordnung nach Abb. 8 werden über eine möglichst lange gerade Leitung Spannungsstöße (Wanderwellen) übertragen. Die Leitung ist über einen großen Wasserwiderstand geerdet, damit die Stoßspannung sich nach dem Wanderwellenvorgang langsam gegen Erde ausgleichen kann und die Leitung keine Spannung gegen Erde behält. Die Wellen laufen von der Kugelfunkenstrecke aus über die Leitung zum Stützisolator 1 und durch die Windungen der Spule über den Stützisolator 2 zum Leitungsende, an dem sie zurückgeworfen werden. Bei langsamer Steigerung der Spannungsstöße durch Vergrößerung der Schlagweite der Kugelfunkenstrecke zeigen sich zunächst am Spulenanfang *a* und später am Spulenende *b* Überschläge von einer Windung zur anderen. Dies ist ein Beweis, daß zwischen zwei Punkten des Stromweges eine gewisse Zeit lang ein Spannungsunterschied auftritt, daß also die Wanderwellen die Leitung nicht unendlich rasch durchlaufen. Stellt man sich die Versuchspule als Transformatorwicklung vor, so zeigt der Versuch zugleich die besondere Gefährdung der am Anfang und am Ende der Wicklung liegenden Windungen durch Wanderwellen. Die Überschläge zwischen den Windungen würden einen Kurzschluß der Windungen herbeiführen und den Transformator betriebsunfähig machen. Deshalb verstärkt man

[7]) Archiv f. Elektrotechnik Bd. 15 Heft 4.

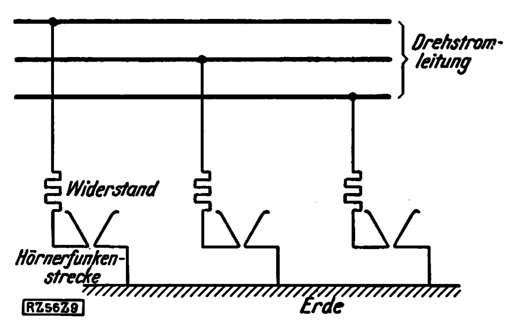


Abb. 9
Überspannungschutz zwischen einer Drehstromleitung und Erde

bei Transformatoren die Windungsisolation am Anfang und oft auch am Ende der Wicklung.

Es gibt eine große Zahl von Schutzeinrichtungen gegen Überspannungswellen. Einige haben den Zweck, die steile Stirn der Wellen abzuflachen, so daß die Gefahr von Windungsdurchschlägen geringer wird; andre sollen die Höhe der Wanderwellen begrenzen und ihre elektrische Energie unschädlich machen.

Zur Abflachung von Wanderwellen werden oft Schutzdrosselspulen benutzt, die Stoßspannungen gegenüber einen hohen Widerstand zeigen und den Strom, der die elektrischen Ladungen befördert, verringern. Die Drosselspulen haben unzweifelhaft diese Schutzwirkung, sie können jedoch in gewissen Fällen Spannungserhöhungen zur Folge haben und nachteilig wirken, wie der folgende Versuch zeigt. Setzt man die Anordnung nach Abb. 8 allmählich immer höheren Spannungsstößen aus, so treten am Stützer 2, also hinter der Spule, Überschläge auf, während am Stützer 1 keine Überschläge beobachtet werden. Der Scheitelwert der Spannungsstöße ist demnach hinter der Spule höher als davor. Überbrückt man die Spule durch unmittelbare Verbindung der Punkte a und b und erzeugt wieder Spannungsstöße, so treten die meisten Überschläge am Stützer 1 auf.

Diese nachteiligen Folgen einer Drosselspule vermeidet man dadurch, daß man zu der Drosselspule einen Ohmschen Widerstand parallel schaltet.

Zur Begrenzung der Höhe der Wanderwellen werden meist Hörnerfunkenstrecken benutzt. Ihre Grundschaltung zum Schutze gegen Überspannungen zwischen einer Drehstromleitung und Erde zeigt Abb. 9. Wenn die Spannung eines Leiters gegen Erde zu hoch geworden ist, tritt ein Überschlag an der betreffenden Hörnerfunkenstrecke ein; dadurch wird der Leiter über den Widerstand und den Lichtbogen an der Hörnerfunkenstrecke mit der Erde verbunden; die elektrischen Ladungen, die die Überspannung hervorgerufen haben, werden zur Erde abgeleitet. Der Lichtbogen hat in der Luft einen starken Auftrieb; er wandert zwischen den Hörnern nach oben, wird länger und reißt ab. Die Widerstände vor den Hörnern sind notwendig, um den von einem Leiter zur Erde oder beim Überschlag von zwei Hörnern zwischen zwei Leitern fließenden Strom zu begrenzen.

Der Abstand zwischen zwei Hörnern wird so gewählt, daß bei Wechselspannung niedriger Frequenz ein Überschlag an den Hörnern erfolgt, ehe ein Isolator oder ein sonstiger Teil der Anlage überschlagen kann. Dadurch wird die Anlage gegen Überschläge infolge Erhöhung der Betriebswechselspannung geschützt; denn durch den Überschlag der Hörnerfunkenstrecke wird eine weitere Spannungserhöhung vermieden. Bei Spannungsstößen schützt dagegen die Hörnerfunkenstrecke nicht immer.

In der Schaltung, Abb. 10, wird zuerst durch Verbindung der Punkte 1 und 3 eine Wechselspannung an die über einen Widerstand angeschlossene Hörnerfunkenstrecke gelegt. Die Leitung führt von dem Punkt 3 außerdem zu einem Isolator. Steigert man die Wechselspannung allmählich, so erfolgt ein Überschlag an der Hörnerfunkenstrecke. Eine weitere Spannungsteigerung ist also nicht möglich. Der Lichtbogen an den Hörnern steigt auf, reißt ab und entsteht immer wieder, solange über den Transformator die hohe Spannung zugeführt wird. Am Isolator treten weder Vorentladungen noch Überschläge auf. Nun werden durch Umschaltung von 1 – 3 auf 2 – 3 Spannungsstöße auf die gleiche Versuchseinrichtung gegeben. Bei immer höheren Stößen treten Überschläge an dem Isolator auf. Die Hörnerfunkenstrecke schlägt nicht über. Das erklärt sich daraus, daß die Aufladung der Funkenstrecke über den Widerstand auf die zum Überschlag notwendige Spannung eine gewisse Zeit braucht und der Spannungsstoß den Stützisolator schon vorher zum Überschlag gebracht hat. Die für Wechselspannung richtig eingestellte Hörnerfunkenstrecke schützt demnach beim Auftreten von Spannungsstößen nicht gegen Überschläge an anderen Stellen der Anlage. Man macht im Betrieb den Widerstand vor der Funkenstrecke möglichst klein, erreicht aber trotzdem keinen vollständigen Schutz gegen Wanderwellen.

Außer diesen beiden Schutzeinrichtungen gibt es noch eine große Zahl andrer, die aber alle keinen vollkommenen Schutz gewähren. Es fehlt bis jetzt ein befriedigender Überspannungschutz.

Neben den Schutzeinrichtungen gegen Überspannung gibt es sehr viele Anordnungen zum Schutz gegen Überströme, die den Zweck haben, die durch Überspannungen oder sonstige Störungen eingetretenen Kurzschlüsse in ihrer Wirkung zeitlich und örtlich zu begrenzen. Auf diese vielfältigen und wichtigen Einrichtungen kann hier nicht näher eingegangen werden.

Oft werden Störungen durch unzweckmäßige Anlagen hervorgerufen; deshalb ist ganz besonderer Wert darauf zu legen, daß beim Bau der Anlagen die Entstehung von Überspannungen und Überströmen durch ausreichende Sicherheiten und durch sorgfältige Ausführung aller Teile vermieden wird. Das bietet weit besseren Schutz als der Einbau vieler Schutzeinrichtungen, die ihrerseits wieder zu Störungen Anlaß geben können.

Bei der großen wirtschaftlichen Bedeutung, die ein störungfreier Betrieb von Hochspannungsanlagen hat, ist diese Aufgabe der Erforschung von Störungen ganz besonders wichtig. Zu ihrer Durchführung wird der Kathodenstrahloszillograph von Rogowski und Flegler sicher sehr gute Dienste leisten.

Das Ziel dieser Untersuchungen sind neue und bessere Mittel, Störungen zu verhindern oder unschädlich zu machen.

Vorarbeiten für weitere Erhöhung der Betriebspannungen

Es ist unmöglich, zu übersehen, wie die Elektrotechnik sich weiterhin entwickeln wird. Es steht jedoch fest, daß der Elektrizitätsverbrauch erheblich zunehmen wird, wenn sich die Strompreise infolge billigerer Erzeugung und Verteilung weiter herabsetzen lassen.

Man hat neuerdings vielfach die Elektrizitätserzeugung mit Fernheizwerken verbunden. Dadurch kann es vorteilhaft werden, große Ausgleichleitungen zu bauen, die im Sommer die Benutzung von Wasserkraftanlagen, im Winter dagegen in erster Linie den Verbrauch der elektrischen Energie aus Dampfkraftanlagen ermöglichen. Es kann also sehr wohl nötig werden, Fernleitungen für

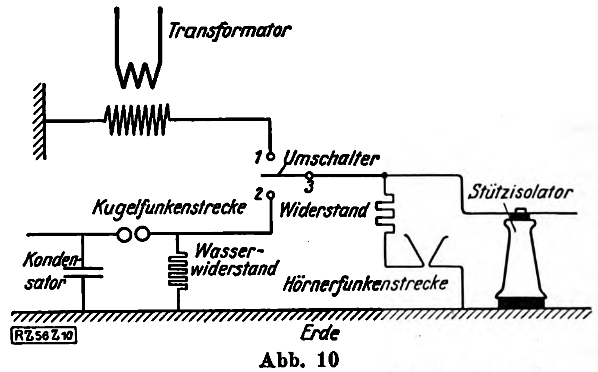


Abb. 10
Untersuchung einer Hörnerfunkenstrecke mit Wechselspannung und mit Spannungsstößen

noch größere Leistungen zu bauen, als sie heute im Betrieb sind.

In Deutschland bestehen bereits Fernleitungen für 220 kV. Mit einer solchen Leitung mit zwei Stromkreisen lassen sich etwa 200 000 kW über eine Entfernung von 300 km wirtschaftlich übertragen. Ob es innerhalb Deutschlands nötig wird, noch größere Leistungen zu übertragen und dementsprechend höhere Spannungen zu verwenden, steht nicht fest. Beabsichtigt man jedoch in großem Umfang Austausch zwischen verschiedenen Ländern, so wird man mit noch höheren Spannungen rechnen müssen.

Es ergibt sich daraus für die Hochspannungstechnik die Aufgabe, die technischen Möglichkeiten für weitere Spannungserhöhungen zu prüfen und zu schaffen.

[B 56]

Die unmittelbare Erzeugung des Eisens

Unter unmittelbarer Erzeugung des Eisens sind Verfahren zu verstehen, die es ermöglichen, unter Umgehung des verunreinigten Roheisens metallisches Eisen von solchem Reinheitsgrad darzustellen, daß man das Eisen ohne besondere Reinigungsverfahren weiter verarbeiten kann[1]). In früheren Zeiten der noch handwerkmäßigen Darstellung des Eisens wendete man nur unmittelbare Verfahren an. Hochwertige Erze wurden mit Holzkohle in Rennfeuern oder in kleinen Schachtöfen, den Wolfsöfen, reduziert, und die gewonnenen Luppen konnten durch Ausschmieden weiter verarbeitet werden. Mit dem Beginn des Zeitalters einer Eisenindustrie mußten diese alten Verfahren wegen ihrer geringen Erzeugungsfähigkeit und Unwirtschaftlichkeit verschwinden, obgleich das auf diesem Wege erhaltene Eisen von vorzüglicher Beschaffenheit war.

Die heutige Darstellung des Eisens, die zu der großzügigen technischen Durchbildung des neuzeitlichen Hochofenbetriebes mit seinen hohen Erzeugungszahlen geführt hat, geht den Weg über das Roheisen. Dies ist ein Umweg, der dazu zwingt, eine Reihe von Nachteilen mit in den Kauf zu nehmen. Beim Hochofenverfahren müssen Zuschläge für die Schlackenbildung gegeben werden, ferner ist die Schmelzwärme für das Roheisen und für die Schlacke aufzuwenden. Außerdem nimmt das Roheisen eine gewisse Menge Fremdkörper auf, die bei der Überführung in schmiedbares Eisen wieder entfernt werden müssen. Es zeigten sich deshalb in neuerer Zeit wieder Bestrebungen, Eisenerze unter besonderer Berücksichtigung geringwertiger Sorten ohne Zuschläge zu reduzieren, um so auf unmittelbarem Wege zu verarbeitbarem Metall zu kommen, ohne dabei aber in die Fehler der alten Rennverfahren zu verfallen.

Grundsätzlich sind zwei Richtungen dabei zu unterscheiden, einmal die Gewinnung des Eisens in flüssiger Form und zweitens in Form eines Eisenschwammes. In der ersten Richtung hat vor einigen Jahren der Franzose Basset gearbeitet. In einem Drehrohröfen wollte er durch eine nur bis zu Kohlenoxyd verbrennende Kohlenstaubflamme das Erz reduzieren und das gewonnene Eisen schmelzen. Die an das Verfahren geknüpften Hoffnungen scheinen jedoch nicht in Erfüllung gegangen zu sein. Anders der Weg der hier näher zu besprechenden Verfahren von Edwin, Wiberg, Bureau of Mines und von Hornsey. Hier handelt es sich um ein Tieftemperatur-Reduktionsverfahren ohne Verflüssigung des erzeugten Eisens und der Gangart. Ein Verfahren, bei dem sowohl Kohlenstoff als auch Kohlenoxyd und Wasserstoff, d. h. die sogenannte unmittelbare und mittelbare Reduktion angewandt wird.

Die unmittelbare Reduktion durch Kohlenstoff, die nach der Gleichung $Fe_2O_3 + 3\,C = 3\,CO + 2\,Fe$ verläuft und stark endotherm ist, beginnt praktisch erst bei 700 ° und kann beim Tieftemperaturverfahren bis zur Sinterungstemperatur des Erzes ausgenutzt werden. Diese Temperatur liegt je nach der Art des Erzes zwischen 900 und 1100 °, ein Sintern selbst darf nicht eintreten, da es den Verlauf des Verfahrens stören würde. Das bei dieser Reduktion entstehende Kohlenoxyd kann weitere Reduktionsarbeit ausüben und seine fühlbare Wärme an die Beschickung abgeben. Anderseits kann man es aber auch in einem gewissen Abschnitt des Verfahrens mit zugeführter Luft verbrennen, um dadurch die Erze auf Reaktionstemperatur zu erhitzen und sie gegebenenfalls zu rösten.

Bei der Reduktion durch Kohlenstoff ist also eine volle Ausnutzung der gebildeten Gase möglich und kein Überschuß an Reduktionsmitteln erforderlich. Nachteilig bei diesem Verfahren ist, daß der Schwefelgehalt der Kohle zum Teil von dem Eisenschwamm aufgenommen wird. Der Aschengehalt der Kohle ist dann unbedenklich, wenn die Asche nicht mit der Gangart zusammensintert. Ein etwaiger Phosphorgehalt des Erzes wird je nach der Temperatur außerdem zum größten Teil mit reduziert und geht an den Eisenschwamm.

Bei der mittelbaren oder der Gasreduktion hat die Reduktion durch Wasserstoff keine Nachteile. Anders liegen die Verhältnisse bei der Reduktion durch Kohlenoxyd, ein Verfahren, das durch die Gleichung $Fe_2O_3 + 3\,CO = 3\,CO_2 + 2\,Fe$ gekennzeichnet und schwach exotherm ist. Entsprechend dem Gleichgewicht zwischen Kohlenstoff, Kohlenoxyd und Kohlensäure vollzieht sich bei Temperaturen unter 1000 ° eine mit sinkender Temperatur stärker eintretende Spaltung des Kohlenoxyds unter Bildung elementaren Kohlenstoffs und Kohlensäure. Dieser Spaltungskohlenstoff ist äußerst reaktionsfähig und reduziert zum großen Teil den Phosphorgehalt des Erzes. Die Gasreduktion geht also hier in die unmittelbare Reduktion über, und man kann nur dann aus phosphorhaltigem Erz ein hochwertiges phosphorarmes Eisen erzeugen, wenn man die Reduktionsgase nur bis zu einer bestimmten Temperatur ausnutzt und ihnen bei etwa 800 bis 850 ° die Einwirkung auf das Erz entzieht. Man vermeidet hierdurch praktisch die unmittelbare Reduktion, verzichtet jedoch auf die vollständige Ausnutzung der Reduktionsenergie der Gase sowie auf die fühlbare Wärme.

In den Verfahren von Edwin und Wiberg wird die reine mittelbare Reduktion nun dadurch erreicht, daß man die abgezogenen Gase zum Entfernen von Staub und Wasserdampf wäscht, über glühendem Kohlenstoff regeneriert und so im Kreislauf dem Verfahren wieder zuführt.

Der Norweger Dipl.-Ing. Emil Edwin benutzt bei seinem Verfahren den aus der Stickstoffdarstellung bekannten Schönherr-Lichtbogenofen, um auf diese Weise reduzierende Gase rasch hoch zu erhitzen und sie dann über Eisenerz zu leiten. Der Weg des Erzes ist hierbei folgender: Das Roherz wird in einem Steinbrecher und einer Kugelmühle bis zu Erbsengröße zerkleinert, darauf in einem Röst- und Vorwärmeofen auf 800 bis 850 ° erhitzt. Von hier gelangt es in den eigentlichen Reduktions-Drehrohrofen; es ist hierbei Vorsorge getroffen, daß sich die oxydierende Gasphase des Röstofens nicht mit den reduzierenden Gasen des Reduktionsofens mischt. Nach vollendeter Reduktion kommt das Gut in eine wassergekühlte Schnecke und zum weiteren Zerkleinern in eine Kugelmühle. Auf einem Magnetscheider wird das zerkleinerte reduzierte Gut dann in Eisenschwamm, Zwischenerzeugnis und Berge getrennt. Der Eisenschwamm, der ungefähr 96 vH Eisen und 0,3 vH Kohlenstoff neben noch geringfügigen andern Verunreinigungen enthält, wird zu Preßlingen geformt, das Zwischenerzeugnis verwendet man wieder.

Der Weg des Gases führt von einem Gasbehälter über Gasmesser, Kapselgebläse zu einem Gasvorwärmer, der durch die fühlbare Wärme der abziehenden Gase geheizt wird. Hierauf strömt das Gas in den Schönherr-Hochspannungs-Lichtbogenofen, der im wesentlichen dadurch gekennzeichnet ist, daß in einem senkrecht stehenden eisernen Rohr, das oben eine Graphit- und unten eine Eisenelektrode hat, ein Lichtbogen brennt, der durch das tangential unter Druck eintretende Gas stark in die Länge gezogen wird. In der Mitte des Röhrenofens wird dem Gas zum Anreichern Rohöl oder Teer zugeblasen, wodurch ein hoher Gehalt an Wasserstoff gewährleistet wird. Mit ungefähr 1600 ° verlassen die Gase den Ofen und gehen zur vollständigen Regeneration durch einen Gaserzeuger über Koks und dann durch ein Kalkfilter. Mit etwa 1000 ° gelangen die Gase darauf in den Reduktions-Drehrohrofen, worin sie mit dem Erz in Reaktion treten. Durch eine Staubkammer kommen die Gase, nachdem sie ihre Wärme an den Vorwärmer abgegeben haben, über einen Gaswascher und Desintegrator zum Gasbehälter zurück.

Den oberhalb des Reduktions-Drehrohrofens angeordneten Fortschaufelungs-Röstofen (Vorwärme- und Röstofen mit beweglichem Herd, beheizt man mit Überschuß-

[1]) F. Wüst, „Stahl und Eisen" Bd. 47 (1927) S. 905 u. f. Vorgetragen in der Hauptversammlung des Vereins deutscher Eisenhüttenleute 1926. Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 172.

gas aus dem Gasbehälter. In der ausgeführten Versuchsanlage war jedoch dazu Hilfsgas erforderlich. Außerdem war bei diesem Versuchsofen der Norsk-Staal eine elektrische Widerstandsheizung des Reduktions-Drehrohrofens notwendig, weil sich die durchströmenden Gase zu rasch abkühlten. Bei den Versuchen mit Erzen von Dunderlandsdaal, die bisher nicht wirtschaftlich zu verwerten waren, stellte sich der Energieverbrauch für Hochspannungsofen und Heizung des Drehrohrofens auf 7327,4 kWh für 1 t metallisches Eisen. Der entsprechende Koksverbrauch betrug 312 kg, an Öl wurden 44,32 kg verbraucht. Der aus den Schwammpreßlingen in elektrischen Öfen hergestellte Stahl war von ganz vorzüglicher Reinheit und sehr guten mechanischen Eigenschaften.

Das Verfahren des schwedischen Bergingenieurs Martin Wiberg ist ebenfalls ein Gasreduktionsverfahren mit Gasumlauf. Der wesentliche Unterschied gegenüber dem Edwin-Verfahren liegt jedoch darin, daß Wiberg nur einen Teil des Gases absaugt und im Kreislauf zurückführt, den Rest aber mit zugeführter Luft verbrennt und damit die Beschickung unmittelbar vorwärmt und röstet.

Bei der ausgeführten Anlage verwendet man an Stelle des Drehrohrofens einen 7 m hohen Schachtofen. Die zerkleinerten Erze wandern in dem senkrechten Schacht nacheinander durch die Zonen der Vorwärmung, des Röstens und der Reduktion. An der Ofensohle wird dann der gebildete Eisenschwamm abgezogen. Die Gase kommen durch zwei seitwärts vom Schacht angeordnete, mit Holzkohlen beschickte und durch gewöhnliche Flammbogen geheizte Karburatoren, in denen sie regeneriert und auf ungefähr 1300 ° erhitzt werden. Dann streichen sie den Schacht hoch und reduzieren das entgegenkommende Erz, worauf in einer Höhe von 3 m ein Teil der Gase abgesogen und dem Wascher und Karburator zugeführt wird. Von einer Ausnutzung der fühlbaren Wärme der Gase an dieser Stelle hat man bei der Versuchsanlage aus Platzmangel abgesehen. Dem Rest der Gase wird aus besonderen Düsen Verbrennungsluft zugeführt und die verbrannten Abgase entweichen an der Gicht mit ungefähr 200 °.

Im Falle, daß es sich um Erze handelt, die bei der Reduktion zerfallen und im Schachtofen unbrauchbar wären, ist das Verfahren auch in Verbindung mit drei hintereinander liegenden Drehrohröfen vorgesehen. Das Verfahren ist dasselbe, im ersten Ofen hinter dem Karburator findet die Reduktion statt, an seinem Ende wird ein Teil der Gase abgesogen, der Rest bewirkt im zweiten Ofen eine Vorreduktion. Beim Übergang in den anschließenden dritten Ofen wird das Gas durch Luft verbrannt, wodurch das Erz geröstet, aufgelockert und erhitzt wird. Die magnetische Aufbereitung des ausgetragenen Eisenschwammes und seine Weiterverarbeitung ist dieselbe, wie bei dem Edwin-Verfahren. Jedoch konnte bei dem Versuchsschachtofen der gewonnene Schwamm ohne weiteres im Siemens-Martin-Ofen mit Roheisen zusammen verschmolzen werden. Der gewonnene Stahl: Werkzeug- und Federstahl, konnte als gut bezeichnet werden.

Das Wiberg-Verfahren scheint wärmetechnisch günstigere Ergebnisse als das von Edwin zu zeigen, anderseits ist hier jedoch die Gasführung unsicher, weil sie nicht zwangläufig erfolgt. Wegen zu großer Verschiedenheit der vorliegenden Unterlagen ist eine Abwägung beider Verfahren noch nicht möglich.

Grundsätzlich andere Wege geht das Verfahren des Bureau of Mines. Erz und Magerkohle werden hier zerkleinert in einem Drehrohrofen durch Innenheizung erhitzt und das Erz reduziert. Bei dem Verfahren handelt es sich also um eine unmittelbare Reduktion und damit verbunden ist der Nachteil einer stärkeren Verunreinigung des Eisenschwammes durch Schwefel und Phosphor. Von Vorteil ist die außerordentlich einfache Anlage, die im wesentlichen aus einem schrägstehenden Drehrohrofen mit einem weiten und einem engen Teil besteht, der auf der einen weiten Seite durch eine Ölgebläseflamme beheizt wird, während er auf der entgegengesetzten Seite beschickt wird. Trotz der oxydierenden Flamme hat man in der Beschickung doch stets eine reduzierende Atmosphäre durch den zugegebenen gleichmäßig verteilten Kohlenstoff. Der gebildete Eisenschwamm kühlt unter Luftabschluß ab und wird magnetisch geschieden.

Die ausgeführte Versuchsanlage erzeugt in 24 h 3,5 t Eisenschwamm von 35 bis 65 vH Eisen, je nach dem verwendeten Erz, und etwa 1 vH Kohlenstoff. Der Kohlenverbrauch beträgt nach Aufbereitung der noch Kohle enthaltenden Berge 65 vH der Erzeugung. Als Nachteil hat sich in einzelnen Fällen herausgestellt, daß die Gangart sich nicht von dem Schwamm magnetisch trennen ließ, was auf besondere physikalische Eigenschaften des Erzes zurückzuführen ist. Eine Anlage von 200 t Tageserzeugung ist in Amerika im Bau.

Einen ähnlichen Grundsatz verfolgt der Engländer Hornsey mit seinem Verfahren. Hier liegen drei Drehrohröfen übereinander. Im ersten Ofen wird das Erz durch Abgase erhitzt und geröstet, im zweiten, der mit Innenheizung ausgerüstet ist, wird Kohle hinzugegeben und reduziert, im dritten wird das Gut gekühlt und geht dann zum Magnetscheider. Nähere Angaben über das Verfahren liegen nicht vor; eine Anlage von 200 bis 250 t Tageserzeugung ist im Bau.

Nach den vorliegenden Angaben ist ein näherer Vergleich nur möglich zwischen den Verfahren von Edwin und des Bureau of Mines. Edwin errechnet für eine Anlage von 25 000 t Eisenschwamm Jahreserzeugung zwei Mill. ℳ Errichtungskosten und 62,50 ℳ Selbstkosten für 1 t Schwamm. Das Bureau of Mines will mit einem Anlagekapital von 210 000 ℳ täglich 100 t Schwamm herstellen zu einem Selbstkostenpreis von 50 ℳ/t. Die Zahlen erscheinen jedoch noch recht unsicher.

Im Vergleich mit dem Hochofen ist vor allem festzustellen, daß die unmittelbaren Verfahren nur für besonders geeignete Erzsorten durchführbar sind. Es hat sich gezeigt, daß die deutschen Erze durchweg eine sehr niedrige Sinterungstemperatur haben, während sie hingegen mit einem Drittel Koks gemischt bei 1100 ° noch nicht sintern. Nur das unmittelbare Verfahren würde sich also für deutsche Verhältnisse eignen, jedoch kommt hinzu, daß in diesem Falle der Eisenschwamm sich nur dann leicht und vollständig von der Gangart trennen läßt, wenn die verwendeten Erze kristallinisch sind und nicht etwa fein verwachsen. Hierzu wären in Deutschland nur die Dill- und Lahnerze geeignet. Die beschriebenen Verfahren kämen also für Deutschland nur in sehr beschränktem Maß in Betracht. Im übrigen bleibt das Hochofenverfahren bei uns durchaus noch maßgebend, und es wäre darauf hinzuwirken, es noch weiter zu verbessern. [N 694]

Berlin Dipl.-Ing. M. H. Kraemer

Die Friedensbrücke zwischen Kanada und den Vereinigten Staaten von Amerika

Am Ausfluß des Niagara aus dem Eriesee ist eine neue Brücke, die „Friedensbrücke“, erbaut und kürzlich eröffnet worden. Sie verbindet die Städte Buffalo im Staate New York der Vereinigten Staaten und Fort Erie, Ontario, in Kanada. Die Brücke selbst ist rd. 1300 m lang, die ganze Länge einschließlich der Auffahrtbogen beträgt 1600 m; die Fahrbahn ist 11 m breit, die beiden seitlichen Gehwege sind je 1,85 m breit. Zugrundegelegt ist eine Verkehrsdichte von 3000 Fahrzeugen stündlich in einer Richtung und 1000 gleichzeitig in der andern. Diese eigenartige Rechnungsweise beruht auf der Erfahrung, daß der Verkehr hier seine Spitzenwerte nie gleichzeitig in beiden Fahrtrichtungen erreicht.

Besonderer Wert wurde auf gute Beleuchtung gelegt, einmal weil der Hauptverkehr in den Abendstunden vor sich geht, ferner weil die Brücke über die Landesgrenze führt, die man gut überwachen will. 56 Lampen mit einem Lichtstrom von je 4000 Lumen beleuchten die Auffahrtbogen, 66 „Bilux“-Lampen derselben Stärke den geraden Teil der Brücke; die „Bilux“-Lampen der Firma Westinghouse sind so eingerichtet, daß die Beleuchtung in der Längsrichtung der Straße stärker ist als in der Seitenrichtung; dadurch wird eine gleichmäßige Beleuchtung über die ganze Länge der Straße erreicht. Die Leuchten befinden sich 4,30 m über der Straße. Der elektrische Strom wird über zwei Transformatoren für je 15 kW zugeführt, die an beiden Brückenenden stehen und an das amerikanische und das kanadische Netz angeschlossen sind; auf diese Weise werden Unterbrechungen in der Stromlieferung nach Möglichkeit vermieden. Es ist Vorsorge getroffen, daß der Lichtstrom der Lampen von 4000 auf 6000 Lumen ohne Schwierigkeit erhöht werden könnte, falls es sich als nötig erweisen sollte. [N 805 f] Pa.

Zur Theorie der Gasübertragung bei Diesellokomotiven

Von Prof. Dr.-Ing. E. h. G. Lomonossoff, Kiew
Aus dem Russischen übersetzt von Dr.-Ing. E. Mrongovius, Berlin

Aufstellung einiger grundlegender Gleichungen, die für alle Übertragungsarten mit Gas verwendbar sind

Der Gedanke, die Leistung von einem Verbrennungsmotor auf die Treibräder mittels Zylinder und Triebwerkes zu übertragen, entstand aus dem Wunsch, vorhandene Dampflokomotiven umbauen zu können. Der Gedanke ist an und für sich sehr einfach. In den Dampfzylindern soll irgendein Gas arbeiten, das bis auf einen Anfangsdruck von 10 bis 15 at mittels eines vom Dieselmotor getriebenen Kompressors verdichtet wird.

Benutzt man für eine solche Übertragung atmosphärische Luft, was die einfachste Lösung wäre, so haben wir einen Sonderfall dieser Übertragungsart, der bei Luftdruckhämmern und andern Werkzeugen bereits die weiteste Verbreitung gefunden hat. Der wesentlichste Mangel dieser Übertragungsart ist der Wärmeverlust in den langen Rohrleitungen. Dieser Verlust fällt auf einer Lokomotive fort, da hier die Druckleitungen nur sehr kurz sind. Ein Entwurf einer solchen Wärmelokomotive wurde im Jahre 1910 von dem Engländer Dunlop ausgearbeitet[1]).

Denselben Weg beschritten in den Jahren 1911/14 die Kolomnaer Maschinenfabrik in Rußland und die Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, wobei zur Erwärmung der Luft die Auspuffgase des Dieselmotors verwendet wurden. Zur Zeit bauen die MAN und die Lokomotivfabrik Eßlingen eine Druckluftlokomotive für die deutsche Reichsbahn[2]). In Italien baut Zarlatti eine gleiche Lokomotive, die mit einem Gemisch aus Dampf und Luft arbeitet, und in Österreich baut Cristiani eine Diesellokomotive, die mit reinem Dampf als Übertragungsmittel arbeitet.

Zuerst wurde zugunsten einer solchen Übertragung vorgebracht, daß eine weitgehende Entwicklung des Diesellokomotivbaues ohne große Ausgaben nur durch den Umbau der vorhandenen Dampflokomotiven möglich sei, und dies sei nur möglich bei Anwendung einer der Dampflokomotivmaschine ähnlichen Übertragung. Diese Erwägung ist jedoch nur richtig bei reiner Dampfübertragung. Bei der Anwendung einer Gasübertragung werden die Abmessungen der Zylinder sowie auch die des Getriebes größer als bei Dampf; es kann somit von einem einfachen Umbau der Dampflokomotiven in Diesel-Gaslokomotiven nicht die Rede sein.

Jedoch besteht eine Erwägung, die unbedingt zugunsten von Diesellokomotiven mit dampflokomotivähnlicher Übertragung spricht. Jeder Dieselmotor verwertet nur ein Drittel der freigewordenen Wärme, während ein Drittel in den Abgasen verlorengeht und das letzte Drittel vom Kühler vernichtet werden muß. Bisher schien es, daß bei jeder andern Übertragung die letzten zwei Drittel der Wärme nicht ausgenutzt werden können und daher restlos verlorengehen. Bei der in Frage kommenden Übertragung muß das in die Lokomotivzylinder eintretende Gemisch vorgewärmt werden. Geschieht das mit Hilfe der Abgase und des Kühlwassers, so kann auf diese Weise ein Teil der sonst verlorenen Wärme verwertet werden. Dieser Umstand erklärt die Beachtung, die zur Zeit in allen Ländern der Frage der Gasübertragung geschenkt wird. Leider wird hierbei die theoretische Seite der Frage meist unbeachtet gelassen. Dies ist der Beweggrund, weshalb der Verfasser sich veranlaßt sah, diesen Aufsatz zu veröffentlichen.

Der Dieselmotor mache n_D Uml./min, die Treibräder n_r Uml./min. Die Aufgabe der Theorie jeder Diesellokomotiv-Übertragung besteht dann in der Feststellung der Größen:

$$\nu = \frac{n_D}{n_r} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (1)$$

und

$$\eta_n = \frac{N_r}{N_D} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (2),$$

worin ν das Übersetzungsverhältnis, N_r die Leistung am Umfange der Treibräder, N_D die Leistung an der Dieselmotorwelle und η_n der Wirkungsgrad der Übertragung ist.

Die Arbeit eines jeden Gases in Zylindern, die denen der Dampflokomotive ähneln, ist im Grunde genommen ähnlich der Arbeit des Dampfes in den gleichen Zylindern, die durch vielfache Versuche an Dampflokomotiven weitgehend untersucht ist. Man kann daher zur Untersuchung einer Gasübertragung die gleichen Grunderwägungen anwenden wie bei Dampfbetrieb.

Eines der wichtigsten Gesetze des Dampfbetriebes ist die Tatsache, daß die am Umfange der Treibräder entwickelte Zugkraft verhältnisgleich dem mittleren indizierten Druck p_i ist. Das gilt für jede Dampflokomotive. Für die Zugkraft am Radumfang gilt:

$$Z_r = \eta M p_i \quad \ldots \ldots \ldots \quad (3),$$

worin η der mechanische Wirkungsgrad und M ein Festwert ist. Für M gilt die Gleichung

$$M = m \frac{d^2 l}{2 D},$$

worin m die Anzahl der Niederdruckzylinder, d deren Durchmesser in cm, l der Kolbenhub in cm und D der Durchmesser der Treibräder in cm ist. Diese Gleichung kann ohne weiteres für Lokomotiven mit Gasübertragung verwendet werden. Der Einfachheit halber soll

$$\eta p_i = p_m$$

angenommen werden, dann ist

$$Z_r = M p_m \quad \ldots \ldots \ldots \quad (4),$$

worin der mittlere wirkliche Druck p_m in den Lokomotivzylindern eine Funktion der Füllung und der Geschwindigkeit ist. Dieser Umstand ist das Ergebnis der Gasdrosselung in den Ein- und Auslaßkanälen, deren Wirkung nach dem Satz von Bordat mit dem Quadrat der Geschwindigkeit wächst.

Anderseits gilt für jede Lokomotive mit Dieselmotorantrieb:

$$Z_r = A \nu p_e \text{ [2a])} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (5),$$

worin

$$A = f m_D \frac{d_D^2 l_D}{4 D}$$

ein Festwert des Antriebmotors, ν das Übersetzungsverhältnis, d. h. das Verhältnis zwischen den Drehzahlen des Dieselmotors und der Räder, während p_e der mittlere Druck in den Dieselmotorzylindern ist, berechnet aus der Leistung am Umfang der Treibräder. In der Gleichung für A ist f die Anzahl der Arbeitshübe jedes Kolbens für eine Umdrehung des Antriebmotors, m_D die Kolbenzahl, d_D der Kolbendurchmesser, l_D der Kolbenhub und D der Durchmesser der Treibräder.

Aus Gl. (4) und (5) erhält man

$$\nu = B \frac{p_m}{p_e} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (6),$$

worin

$$B = \frac{M}{A} = \frac{2}{f} \frac{m}{m_D} \left(\frac{d}{d_D}\right)^2 \frac{l}{l_D} \quad \ldots \ldots \quad (7)$$

eine für die gegebene Lokomotive unveränderliche Größe ist. Für den Sonderfall der Dampflokomotive gilt:

$$f = 2,\ B = 1,\ p_m = p_e,\ \nu = 1.$$

Gl. (6) zeigt, daß bei jeder Lokomotive mit Gasübertragung die Übersetzung verhältnisgleich ist dem Verhältnis zwischen dem mittleren Druck p_m in den Lokomotivzylindern zu dem in den Dieselmotorzylindern p_e, bezogen auf den Umfang der Treibräder. Dies ist das erste Gesetz der Gasübertragung.

---

[1]) „The Engineer" Bd. 113 (1912) S. 38, Bd. 114 (1912) S. 99.
[2]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 685.
[2a]) Z. Bd. 68 (1924) S. 198.

Wird der mittlere Druck im Dieselmotorzylinder p_D, wie bei ortfesten Anlagen, aus der Leistung an der Kurbelwelle berechnet, so erhält Gl. (6) eine etwas andre Fassung. Der mittlere Druck p_e, auf die Welle bezogen, ist im Falle des Antriebes aller Hilfsmaschinen von einem Hilfsmotor mit dem Druck p_D durch folgende Gleichung verbunden:

$$\frac{p_e}{p_D} = \eta_n \quad . . . . (8),$$

worin η_n der Wirkungsgrad der Übertragung ist. Wir können daher sagen, daß

$$\nu = \frac{B}{\eta_n} \frac{p_m}{p_D} \quad . . . . (9)$$

ist. Die Werte von p_m und p_D sind von null bis zu einem Höchstwert veränderlich. Daher kann auch das Übersetzungsverhältnis ν von null bis unendlich verändert werden. Mit andern Worten: die Gasübertragung ist in bezug auf ihre Anpassungsfähigkeit nicht ungünstiger als die elektrische Übertragung.

Das zweite Gesetz des Dampfbetriebes besteht darin, daß während einer mehr oder weniger langen Zeitspanne die Dampfmaschine der Lokomotive nicht mehr Dampf verbrauchen kann, als der Kessel erzeugt. Man kann natürlich während einer verhältnismäßig kurzen Zeit bei dem Kessel Anleihen vornehmen, aber in der darauffolgenden Zeitspanne muß diese Anleihe zurückerstattet werden. Somit bleibt das Gesetz in Kraft, daß zwischen der Arbeit des Kessels und der Arbeit der Dampfmaschine ein gewisses Gleichgewicht vorherrschen muß.

Bei einer Diesellokomotive mit Gasübertragung bestehen die gleichen Verhältnisse, nur tritt an Stelle des Kessels der Gasbehälter oder, richtiger gesagt, alle diejenigen Maschinen, die das in den Lokomotivzylindern arbeitende Gas erzeugen. Daher kann dieses Gesetz in Anwendung auf Diesellokomotiven mit Gasübertragung folgende Fassung erhalten: Während einer mehr oder weniger langen Zeitspanne können die Lokomotivzylinder nicht mehr Gas verbrauchen, als der Hauptmotor erzeugt. Dieses Gesetz kann mathematisch durch die Gleichung

$$L = L_D \quad . . . . (10)$$

ausgedrückt werden, worin L die von den Lokomotivzylindern in 1 h verbrauchte Gasmenge in m³ und L_D die in 1 h erzeugte Gasmenge in m³ ist. Dies ist das zweite grundlegende Gesetz der Diesellokomotive mit Gasübertragung.

Hieraus ergeben sich drei sehr wichtige Folgerungen. Die Größe L kann durch die Gleichung

$$L = \frac{2\, m\, n_{rh}\, G_H}{\gamma}$$

ausgedrückt werden, worin γ das spezifische Gewicht des Gases, G_H der Gasverbrauch für einen Kolbenhub in kg, m die Anzahl der mit Frischgas zu füllenden Zylinder,

$$n_{rh} = 60\, n_r = \frac{1000\, V}{\pi D}$$

die Umlaufzahl der Treibräder in 1 h ist, wenn V die Fahrgeschwindigkeit in km/h bedeutet. Der Wert G_H hängt ab von der Füllung der Lokomotivzylinder, der Geschwindigkeit und der Auspuffspannung. Für die ideale Maschine, d. h. für eine Maschine, deren Zylinder absolut wärmeundurchlässig sind, die keine schädlichen Räume haben und bei der keine Kompressionen stattfinden, ist

$$G_H = \frac{\pi d^2}{4} \varepsilon\, l\, \gamma;$$

hieraus folgt:

$$\frac{G_H}{\gamma} = \frac{\pi d^2}{4} \varepsilon\, l.$$

Hierbei ist ε der Füllungsgrad. Beim Vorhandensein eines schädlichen Raumes λ und einer Kompression σ, ausgedrückt in Teilen des Kolbenhubes, gilt die Gleichung:

$$G_H = \frac{\pi d^2}{4}\, l\, [(\varepsilon + \lambda)\, \gamma_\varepsilon - (\sigma + \lambda)\, \gamma_\sigma] \quad . . . . (11)$$

worin γ_ε das spezifische Gasgewicht im Augenblick des Füllungsabschlusses und γ_σ im Augenblick des Beginns der Kompression ist.

In Wirklichkeit liegen die Verhältnisse etwas anders. Das in die Lokomotivzylinder eintretende Gas kommt beim Eintritt in die Zylinder in Berührung mit den soeben durch die Außenluft abgekühlten Zylinderwandungen und mit den kalten Wandungen des Schiebers, wodurch eine gewisse Abkühlung des Gases, d. h. ein gewisser Leistungsverlust, eintritt. Außer der abkühlenden Wirkung der Zylinderwandungen kommt noch der Undichtheitsverlust durch den Schieber, die Stopfbüchsen und den Kolben in Betracht. Dieser Verlust ist um so größer, je näher das Arbeitsgemisch einem idealen Gas kommt. Dieser Umstand führt zu der Erwägung, daß die gleichen Maßnahmen, die bei Dampflokomotiven mit Erfolg zur Bekämpfung der zusätzlichen Dampfverluste angewendet werden, d. h. Überhitzung, Verbundwirkung und Stumpfsche Gleichstromwirkung, auch für Lokomotiven mit Gasübertragung empfohlen werden können. In dieser Hinsicht ist der Standpunkt von Zarlatti, der bei seinen sämtlichen Entwürfen eine Verbundmaschine verwendet, als richtig anzuerkennen. Jedoch noch zweckmäßiger wäre es, bei einer Diesellokomotive mit Gasübertragung eine Stumpfsche Gleichstrommaschine zu erproben. Versuche an Dampfmaschinen, darunter auch an Dampflokomotiven, zeigten, daß die Werte des Undichtheitsverlustes und des Verlustes infolge Abkühlung von der Zylinderfüllung und von der Kolbengeschwindigkeit abhängig sind. Anderseits ist der theoretische Verbrauch auch von der Geschwindigkeit abhängig, da bei steigender Geschwindigkeit das Indikatordiagramm verzerrt wird, was auch die Größen γ_ε und γ_σ beeinflußt.

Wir sind nun berechtigt, die Gleichungen aufzustellen

$$G_H = c\, \frac{\pi d^2}{4}\, l\, \varepsilon\, \gamma_1 \quad . . . . (12)$$

und

$$c = f(\varepsilon,\ V,\ p_1,\ p_2)$$

worin p_1 der Eintrittsdruck und p_2 der Gegendruck ist. Diese Funktion kann nur durch Versuche festgestellt werden. Wird als arbeitender Körper in der Diesellokomotive Dampf benutzt, so können Versuchsergebnisse an Dampflokomotiven auch ohne weiteres auf eine solche Lokomotive übertragen werden. Wird jedoch irgendein andres Gas verwendet, so können die Versuchsergebnisse an Dampflokomotiven nur für die vorläufige Berechnung verwendet werden, die dann mit Hilfe von Versuchen nachgeprüft werden muß. Man kann jedoch annehmen, daß im Falle der Anwendung der Versuchsergebnisse bei Dampflokomotiven mit hoch überhitztem Dampf auf Diesellokomotiven kaum wesentliche Fehler entstehen können.

Aus dem zweiten Gesetz der Gasübertragung (Gl. 10) folgt

$$L_D = \frac{1000\, V}{\pi D}\, 2\, m\, c\, \frac{\pi d^2}{4}\, l\, \varepsilon = 1000\, M\, c\, \varepsilon\, V$$

oder

$$\varepsilon\, V = \frac{L_D}{1000\, M\, c} \quad . . . . (13).$$

Wären die Werte c und L_D Festwerte, so würde die Gl. (12) die einer gleichseitigen Hyperbel sein. In Wirklichkeit ist

$$c = f(\varepsilon,\ V,\ p_1,\ p_2),$$

also veränderlich, und der Wert L_D kann in Abhängigkeit von den Arbeitsverhältnissen des Dieselmotors, d. h. nach dem Gutdünken des Lokomotivführers, in recht weiten Grenzen verändert werden. Wir sind daher berechtigt, zu sagen, daß bei beliebigen L_D die Füllung der Dampflokomotivzylinder ε mit der Fahrtgeschwindigkeit V durch gewisse hyperbolische Beziehungen verbunden ist, d. h. daß bei der Diesellokomotive mit Gasübertragung bei gegebenen L_D mit wachsender Geschwindigkeit, wie auch bei jeder Dampflokomotive, die Füllung ε verkleinert werden muß. Dies ist die erste Folgerung aus dem zweiten Grundgesetz.

Die zweite Folgerung ergibt sich aus der Erwägung, daß die Zugkraft mit der Füllung steigt. Ist daher die Füllung für einen gegebenen Wert von L_D mit der Geschwindigkeit durch ein hyperbolisches Gesetz verbunden, so ist auch die Zugkraft für den gleichen Wert L_D mit

der Geschwindigkeit V in hyperbolischer Abhängigkeit verbunden. Werden auf diese oder jene Weise bei gegebenen p und p_e die Beziehungen

$$c = f(\varepsilon, V)$$

und

$$Z_r = \varphi(\varepsilon, V)$$

ermittelt, so ist die Feststellung der Beziehung

$$Z_r = \varphi_1(V)$$

mit Hilfe von Gl. (13) nicht schwierig. Es besteht also für jeden Wert von L_D zwischen Z_r und V eine hyperbolische Beziehung. Dies ist die zweite Folgerung aus dem zweiten Gesetz.

Wir kommen nun zur dritten Folgerung des zweiten Gesetzes. Für jede Kompressoranlage ist die in 1 h erzeugte Luftmenge

$$L_D = v_D N_D,$$

worin N_D die Leistung in PS, an der Hauptwelle gemessen, während v_D, die von 1 PSh erzeugte Gasmenge in m³, bei einem gegebenen Endkompressionsdruck ein Festwert ist. Dann folgt aus dem zweiten Gesetz der Gasübertragung, d. h. auf Grund von

$$L = L_D,$$

die Gleichung:

$$L_D = v_D N_D = \frac{1}{\gamma} \frac{G}{N_r} N_r,$$

G = Gasverbrauch in kg/h.

Bezeichnen wir nun durch

$$v_r = \frac{1}{\gamma} \frac{G}{N_r}$$

den Verbrauch des Arbeitsgemisches durch die Lokomotivzylinder in m³ für 1 PSh, bezogen auf den Umfang der Treibräder, so gilt die Gleichung:

$$v_D N_D = v_r N_r.$$

Mithin ergibt sich der Wirkungsgrad der reinen Gasübertragung (d. h. ohne Hilfsmaschinenantrieb):

$$\eta_n = \frac{N_r}{N_D} = \frac{v_D}{v_r}.$$

Werden jedoch die Hilfsmaschinen von der Hauptwelle angetrieben, so gilt

$$\frac{N_r}{N_D} = \eta_n \eta_b = \frac{v_D}{v_r}$$

und

$$\eta_n = \frac{1}{\eta_b} \frac{v_D}{v_r} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (14),$$

wobei

$$\eta_b = \frac{N_D - N_b}{N_D},$$

wenn N_b die für die Hilfsmaschinen erforderliche Leistung ist.

Die Gleichung $L = L_D$ ist nur richtig, wenn das Arbeitsgemisch nicht vorgewärmt wird. Bei Vorwärmung verändert sich das Volumen der verdichteten Luft nach dem Gay-Lussacschen Gesetz, bezogen auf die absoluten Temperaturen, d. h. im Druckgasbehälter werden in 1 h

$$L_r = L_D \frac{T_r}{T_D} = v_D N_D \frac{T_r}{T_D}$$

m³ Gas vorhanden sein. Hieraus folgt

$$\eta_n \eta_b = \frac{v_D}{v_r} \frac{T_r}{T_D}.$$

Setzt man

$$\frac{T_r}{T_D} = \Theta,$$

so wird

$$\eta_b \eta_n = \frac{v_D}{v_r} \Theta \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (15).$$

Die Kompressoren liefern in der Regel bei 7 bis 9 at Überdruck und 200 °C etwa 8 kg Luft für 1 PSh [3]). Da 1 kg Luft auf Grund der Zustandsgleichung

$$p v = 29{,}3\, T$$

bei diesem Druck ein Volumen von etwa 0,17 m³ einnimmt, so liefert der Verdichter:

$$v_D = 0{,}17 \cdot 8 = 1{,}4 \text{ m}^3/\text{PSh}.$$

Die besten Dampflokomotiven mit Überhitzung verbrauchen für 1 PSh bei etwa 8 at Überdruck und bei einer Temperatur des überhitzten Dampfes von 350 °C etwa 9,50 kg/h Dampf[4]). Nach der Gleichung

$$\gamma_r = \frac{10\,000}{\frac{47{,}1\, T}{p} - 160} \; ^{5)}$$

gilt unter diesen Verhältnissen

$$\gamma_r = 2{,}7 \text{ kg/m}^3,$$

daraus folgt

$$v_r = \frac{9{,}5}{2{,}7} = 3{,}5 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Man kann daher sagen, daß auch bei andern Gasen der gleiche Wert von v_r gelten wird, so daß

$$\eta_n = \frac{v_D}{v_r} \Theta = \frac{1{,}4}{3{,}5} \cdot \frac{273 + 350}{273 + 200} = 0{,}52.$$

Die Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, Augsburg, baut zur Zeit einen besonderen Dieselmotorkompressor für eine von der Deutschen Reichsbahn der Lokomotivfabrik Eßlingen in Auftrag gegebene Lokomotive. Nach den vorläufigen Versuchen ergibt dieser Kompressor

$$v_D = 2{,}2 \text{ m}^3/\text{PSh};$$

wenn diese Zahl durch Streckenversuche bestätigt wird, so wird bei 7 at Überdruck und einer Temperatur von 350 °C

$$\eta_n = \frac{2{,}2}{1{,}6} \cdot 0{,}52 = 0{,}82.$$

Es muß jedoch beachtet werden, daß dieser Wert auch bei dem MAN-Dieselmotorkompressor im noch neuen Zustande nur dann vorhanden sein wird, wenn es gelingt, ohne besonderen Brennstoffverbrauch die Luft von 200 °C bis 350 °C zu erhitzen, widrigenfalls wird der Wirkungsgrad η_n geringer sein.

Eine weitere Erhöhung von η_n ist nur durch Verringerung des Gasverbrauchs der Lokomotivzylinder möglich. Bei einem Druck von 12 at und einer Temperatur des Dampfes von etwa 400 °C gelang es bei einer russischen Verbundlokomotive (Achsfolge 1 D 1), den Wert $\frac{G}{N_r}$ bis 7 kg/h[6]) zu vermindern, was bei $\gamma = 4{,}1$ einen Wert von $v_r = 1{,}7$ ergibt. Bei 7 at Überdruck ist jedoch ein solcher Wert von v_r nicht möglich. Läßt man den Kompressor die Luft bis 12 at Überdruck verdichten, so sinkt v_D, und es entstehen vor allem Schwierigkeiten mit der Luftvorwärmung. Wenn es gelingen würde, den Verbrauch v_r bei 7 at auf nur 2,5 m³/h herabzusetzen, so würde dies einen Wirkungsgrad von $\eta_n = 1{,}14$ ergeben.

Für eine solche Erhöhung der Werte von v_r und η_n sind die ungünstigen Arbeitsverhältnisse des Gases in den Lokomotivzylindern hinderlich, da die Zylinderabmessungen durch das Umgrenzungsprofil beschränkt sind. Dieser Umstand beschränkt den Wirkungsgrad von Dampfmaschinen, und ich halte daher die Hoffnungen mancher Anhänger der Gasübertragung auf die Erreichung von Wirkungsgraden größer als 1 für wenig begründet. Hierzu müßten die Lokomotivzylinder von Grund auf umgebaut werden, und sie müßten die Möglichkeit erhalten, unter den Verhältnissen zu arbeiten wie die besten ortfesten Maschinen. Bei den stets wachsenden Abmessungen der Lokomotive ist dies gänzlich unmöglich. Bei ortfesten Maschinen ist die 20fache Dampfdehnung üblich, während man sich auf Dampflokomotiven mit 1,7- bis 4facher Dehnung begnügen muß.

Ich glaube daher, daß in der Wirklichkeit mit Gasübertragung bei Diesellokomotiven Wirkungsgrade von $\eta_n = 0{,}7$ bis 1,0 erreicht werden, d. h. bei einem Wir-

[3]) Vergl. Ostertag, Kompressoren, 1919 S. 100 bis 110.

[4]) Lomonossoff, Опыты 1912 bis 1914, 1925 S. 339, Abb. 948.
[5]) Schüle, Technische Thermodynamik, I (1923) S. 224.
[6]) Lomonossoff, Опыты 1912 bis 1914, 1925 S. 231.

kungsgrade des Dieselmotors von $\eta_D \sim 0{,}34$ und einem Verlust für die Hilfsmaschinen der Lokomotive von etwa 8 vH der Gesamtwirkungsgrad der Lokomotive

$$\eta = 0{,}92\, \eta_n\, \eta_D = 0{,}22 \text{ bis } 0{,}31$$

betragen wird. Diese Zahl kann auch auf andre Weise berechnet werden. Der Wirkungsgrad eines idealen Dieselmotors beträgt etwa 0,5. Der Wirkungsgrad eines idealen Kompressors $\frac{T_1}{T_1 - T_2} = \sim 2{,}5$. Der höchste Wirkungsgrad einer idealen Maschine, die nach dem praktisch idealen Kreisprozeß unter den Arbeitsverhältnissen einer Lokomotiv-Dampfmaschine arbeitet, beträgt etwa 0,2[7]). Man kann daher im besten Falle einen Wirkungsgrad von $\eta = 0{,}25$ erreichen.

Gelingt es, die in den Abgasen abgeführte Wärme zu verwerten, so wird $\eta_0 = \frac{3}{2}\, 0{,}25 = 0{,}37$. Gelingt es auch, die im Kühlwasser abgeführte Wärme zu verwerten, so wird $\eta_1 = 2 \cdot 0{,}25 = 0{,}50$. Alle diese idealen Zahlen gelten bei Vermeidung jeglicher Verluste. Berücksichtigt man jedoch die Verluste mit 30 vH, so erhält man $\eta = 0{,}7$, $\eta_1 = 0{,}18$ bis 0,35. Diese Berechnung ist trotz ihrer schemaartigen Form außerordentlich bemerkenswert insofern, als sie die schwächste Stelle des Gedankens der Diesel-Druckgaslokomotive zeigt, nämlich das Bestreben, für die Expansion die dampflokomotivähnliche Maschine zu verwenden, deren thermische Unvollkommenheit der wichtigste Grund für den Übergang von der Dampflokomotive zur Diesellokomotive ist.

Hierbei ist es gleichgültig, welches Gas verwendet wird. Sobald die Anfangs- und Endtemperaturen gegeben sind, bestimmt der zweite Hauptsatz der Thermodynamik den Wert des wärmetechnischen Wirkungsgrades, der unter den günstigsten Verhältnissen erzielt werden kann, d. h. bei Durchführung des Carnotschen Kreisprozesses. Ebenso legt die Thermodynamik bei gegebenen Abmessungen der Zylinder, d. h. bei gegebenen Expansionsgraden, die Grenze der möglichen Annäherung an den praktisch idealen Carnotschen Kreisprozeß fest. Diese Zahlen müssen bei Dampflokomotiven berücksichtigt werden, ebenso gelten sie auch für Diesellokomotiven mit Gasübertragung. Leider werden diese Tatsachen von vielen Erfindern nicht berücksichtigt.

Hiermit will ich nicht sagen, daß die Gasübertragung für Lokomotiven unverwendbar ist. Im Gegenteil, wie bereits erwähnt, hat diese Übertragung einen großen Vorteil, nämlich die Möglichkeit einer Ausnutzung der in den Abgasen und in dem Kühlwasser abgeführten Wärme. Anderseits sehen wir auch, daß diese Übertragung einen großen Mangel hat, nämlich die Verwendung der thermisch ungünstigen Lokomotivzylinder.

Diese Übertragungsart ist eine von den technisch möglichen Lösungen der Diesellokomotivfrage, aber nicht die einzige, mit andern nicht zu vergleichende, wie zum Teil angenommen wird. [B 2480]

[7]) Lomonossoff, Паровозы, Э, Э^{Ш}, Э^{Г} 1924 S. 130.

Stülp- und Kipperscheinungen bei elastischen Ringen

Wenn man einen elastischen Ring (einen rotationssymmetrischen Wulst von beliebigem Meridianschnitt, z. B. aus Gummi) umzustülpen, d. h. seinen innersten Parallelkreis nach außen und seinen äußersten nach innen zu bringen sucht, so bemerkt man einen elastischen Widerstand, der offenbar davon herrührt, daß die Längsfasern des Ringes hierbei teils verlängert, teils verkürzt werden müssen. Die Theorie dieser Ringstülpungen, die u. a. für die Berechnung von Flanschen wichtig sein mag, wurde ursprünglich[1]) nur für unendlich kleine Umstülpwinkel entwickelt und ist unter gewissen, in der technischen Elastizitätstheorie auch sonst üblichen Annahmen dann allgemein[2]) auf beliebig große Umstülpwinkel für die beiden Fälle erweitert worden, daß die Umstülpmomente entweder gleichmäßig in sämtlichen Meridianschnitten oder nur in einzelnen, zyklisch symmetrischen Meridianschnitten wirken. Man findet, daß bei gleichmäßiger Umstülpung stets eine neutrale, d. h. an der Umstülpung unbeteiligte, Faser vorhanden ist und daß jeder Ring außer seiner ursprünglichen Form beim Umstülpen noch mindestens eine und höchstens drei weitere Gleichgewichtsformen durchläuft, von denen aber höchstens noch eine stabil sein kann. Beispielsweise ist bei Ringen mit einer äquatorialen Symmetrieebene die ganz umgestülpte Form eine — stabile oder labile — Gleichgewichtslage.

Anstatt durch Drehmomente in den Meridianschnitten kann man die Umstülpung auch durch radial von innen nach außen wirkende Pressungen hervorrufen. Hierbei ist besonders bemerkenswert der Fall, daß der Ring eine äquatoriale Symmetrieebene hat, in der auch die Kräfte gleichmäßig radial ausstrahlend verteilt sind. Es zeigt sich dann, daß, sobald die den Ring erweiternden Kräfte ein gewisses Maß übersteigen, die ungestülpte Ringform labil wird und plötzlich in eine mehr oder weniger vollständig umgestülpte Form übergeht, eine Erscheinung, die ähnlich beim geraden Stab bekannt ist und dort als Kippung bezeichnet wird. Die Theorie dieser Ringkippungen ist zuerst[3]) für äquatorialsymmetrische, neuerdings[4]) für ganz beliebig gestaltete Ringe durchgeführt worden. Ihre Mannigfaltigkeit ist erheblich größer, als man von vornherein erwartet: es können bis zu vier Kipplasten erster Ordnung auftreten; insbesondere setzt das Kippen und das Rückkippen mit zunehmender Be- und dann wieder Entlastung im allgemeinen bei verschiedenen Laststärken ein; und es kann sogar vorkommen, daß ein umgekippter Ring beim Entlasten überhaupt nicht mehr von selbst in seine ursprüngliche, sondern in eine ganz andre Gleichgewichtslage zurückkehrt.

Gleichartige Kipperscheinungen wie bei radialer Innenlast lassen sich auch bei radialer Außenlast sowie bei einer gewissen Axialbelastung nachweisen, die als Kraftringpaar bezeichnet wird, und können, was (z. B. bei Kolbenringen) technisch wichtig ist, auch schon durch Eigenspannungen im Ringe hervorgerufen werden. [N 724]

Stuttgart R. Grammel

[1]) M. Westphal, Z. Bd. 41 (1897) S. 1036.
[2]) R. Grammel, Z. f. angew. Math. u. Mech. Bd. 3 (1923) S. 429.
[3]) „ „ „ „ „ „ „ „ Bd. 3 (1923) S. 438.
[4]) „ „ „ „ „ „ „ „ Bd. 7 (1927) S. 198.

Zucker aus Trockenschnitzeln

Unter dieser Überschrift wird in Z. Nr. 31 S. 1100 über ein Verfahren der Zuckergewinnung aus getrockneten Rüben berichtet, das von dem landwirtschaftlichen Institut der Universität Oxford empfohlen wird und eine Umwälzung in der Zuckerindustrie herbeiführen soll. Dieses Verfahren hat aber durch die Beschreibung in der Zeitschrift „The Engineer" eine unverdiente Beachtung gefunden. Versuche, die Zuckerrüben zunächst durch Trocknen haltbar zu machen und dann erst den Zucker daraus zu gewinnen, sind bereits vor Jahrzehnten in Deutschland angestellt worden, aber ohne Erfolg. Neuerdings hat ein Italiener, de Vecchis, solche Versuche wieder aufgenommen und glaubt, besonders für die Verhältnisse in Italien, damit einen Erfolg erzielen zu können; er fußt dabei aber auf einer genauen Kenntnis der bisherigen Zuckertechnik und hat sich daher sehr stark dagegen gewandt, daß sein Verfahren mit den phantastischen Plänen und Arbeitsweisen des Oxforder Instituts in Verbindung gebracht wird.

Sowohl der Trockner, den das Institut empfiehlt, und seine Bedienung, als auch besonders das Auslaugegerät für die getrockneten Rüben und die Vorschläge zur Verarbeitung der gewonnenen Säfte sind praktisch unbrauchbar, auch die Angaben über die Güte der damit zu erzielenden Trockenrüben, Säfte und Zucker sind unbewiesen und offenbar unrichtig. Es muß daher davor gewarnt werden, die Äußerungen des Oxforder Institutes als Grundlage für den weiteren Ausbau der Rübenzuckerindustrie zu nehmen. Wer sich eingehender über diese Frage unterrichten will, findet die nötigen Angaben in den Aufsätzen, die von mir und de Vecchis im „Centralblatt für die Zuckerindustrie" Bd. 35 (1927) S. 331 und 888 veröffentlicht sind. [D 770]

Dormagen Dr. H. Claaßen

Der Umbau von Wasserturbinen zur Erzielung größerer Wirtschaftlichkeit

Von Otto Albrecht und Dr. Robert Haas, Rheinfelden

An der Hand eines Umbaues wird gezeigt, wie durch Ersatz einer veralteten Anlage trotz geringfügiger Aenderung der Wasserkammern die Leistung wesentlich zu erhöhen ist. Die Wirtschaftlichkeit ist durch Zahlen belegt.

Allgemeines

Bei den Kraftübertragungswerken Rheinfelden war es möglich, durch die Auswechslung veralteter Turbinen gegen solche neuerer Bauart von höherer Leistung und besserem Wirkungsgrad einen erheblichen wirtschaftlichen Erfolg zu erzielen. Dabei konnte man durch die Tüchtigkeit des Lieferers diesen Vorteil erreichen, ohne daß an den gegebenen beschränkten Raumverhältnissen der Wasserkammern wesentliche Änderungen nötig wurden. Da ein solches Vorgehen unter gegebenen Umständen dazu dienen kann, ohne kostspielige Umbauten veraltete Wasserkraftanlagen in ihrer Ergiebigkeit bedeutend zu steigern, so sollen diese Vorgänge im folgenden beschrieben werden.

Das Kraftwerk Rheinfelden wird seit dem Jahre 1898 als ein erster Versuch einer ausgebauten Wasserkraft in großem Umfange betrieben. In dieser Anlage wird die Wasserkaft des Rheines in 20 Turbineneinheiten ausgenutzt. Als Wirkungsgrad der Turbinen wurde seinerzeit auf Grund von Messungen 67 vH als Grenzwert bestimmt, der im Laufe der Zeit bei einigen Turbinen durch Auswechslung der Laufräder auf 76 vH gebracht wurde.

Vor etwa drei Jahren standen die Kraftübertragungswerke Rheinfelden vor der Frage, bei einer ihrer Maschinen an Stelle eines alten einen neuen Stromerzeuger zu beschaffen. Es lag nahe, bei dieser Gelegenheit auch die veraltete Turbine durch eine solche neuzeitlicher Bauart und dabei größerer Leistung zu ersetzen. Daß dies bei dem derzeitigen Stande der Turbinentechnik möglich war, hatten die unter ähnlichen Verhältnissen bereits ausgeführten Umbauten der Turbinen in den schweizerischen Wasserkraftwerken Chèvres, Baden, Ruppoldingen und Wynau gezeigt. Wir betrauten daher verschiedene Turbinenfirmen des Inlandes und der Schweiz mit der Aufgabe, bei möglichst geringen baulichen Änderungen der Wasserkammer einen Turbinensatz mit einem Höchstmaß an Leistung und Wirkungsgrad zu entwerfen. Dieser Forderung wurde am vollkommensten durch ein Angebot der Ateliers des Charmilles S. A., Genf/Schweiz entsprochen, die dann auch den Auftrag auf die Ausführung einer Turbine als Versuchsanlage erhielt.

Der zunächst umzubauende Maschinensatz wurde am 1. Oktober des Jahres 1925 stillgesetzt. Nach Abbruch dieser Maschine und nach Fertigstellung der baulichen Änderungen in der Turbinenkammer konnte am 1. Januar 1926 mit der Aufstellung der Turbine und am 15. Februar mit der Aufstellung des Stromerzeugers begonnen werden. Zu dem vereinbarten Zeitpunkt am 15. April 1926 wurde die umgebaute Anlage in Betrieb genommen. Die Anlage entsprach den Erwartungen, so daß die Kraftübertragungswerke Rheinfelden im gleichen Jahre noch eine weitere Turbineneinheit nebst Stromerzeuger in Auftrag geben konnten, die am 1. April 1927 in Betrieb kam.

Technisches

Zunächst ist in Abb. 1 und 2 ein Schnitt durch Wasserkammer und Saugrohr mit der Anordnung der Turbine dargestellt, wie sie vor dem Umbau war. Die alte Turbine, nach Bauart der Francis-Turbinen mit vier Laufrädern auf senkrechter Welle, hatte bei 3,2 m Gefälle, 55 Uml./min und 28,4 m^3/s Schluckfähigkeit 840 PS Leistung, was einem Wirkungsgrad von 69,3 vH entspricht. Dieser Leistung entsprach auch der Stromerzeuger.

Abb. 3 und 4 veranschaulicht im Schnitt die Anordnung des neuen Turbinensatzes einschließlich des Stromerzeugers, der entsprechend der erhöhten Leistung und veränderten Umdrehungszahl ebenfalls erneuert und der AEG, Berlin, in Auftrag gegeben wurde.

Die neue Turbine ist als Propellerturbine mit kegelförmigem Leitrad und nur einem Laufrad mit 107 Uml./min ausgeführt worden. Bei dieser Bauart konnte die Schluckfähigkeit gegenüber der alten Turbine auf 36 m^3/s und damit die Leistung auf 2100 PS erhöht werden. Der Stromerzeuger ist für eine Dauerleistung von 2300 kVA und einen Leistungsfaktor $\cos\varphi = 0{,}7$ bemessen.

Aus dem Vergleich der Abbildungen geht hervor, daß nur geringe bauliche Änderungen im Innern der Wasserkammer vorzunehmen waren.

In Abb. 3 und 4 ist der Einbau der Turbine, wie man ihn bei einer ganz neuen Anlage etwa ausgeführt hätte, durch gestrichelte Linien angedeutet. Wenn man an die bestehenden Verhältnisse der Kammer nicht gebunden gewesen wäre, hätte man den spiralförmigen Wassereinlauf für die Turbine und auch das Saugrohr so ausbilden können, daß noch höhere Leistungen erreicht worden wären.

Die durch den Umbau der Turbine bei den verschiedenen Gefällhöhen erreichte Mehrleistung, gemessen in kW am Stromerzeuger, geht aus folgender Zahlentafel hervor:

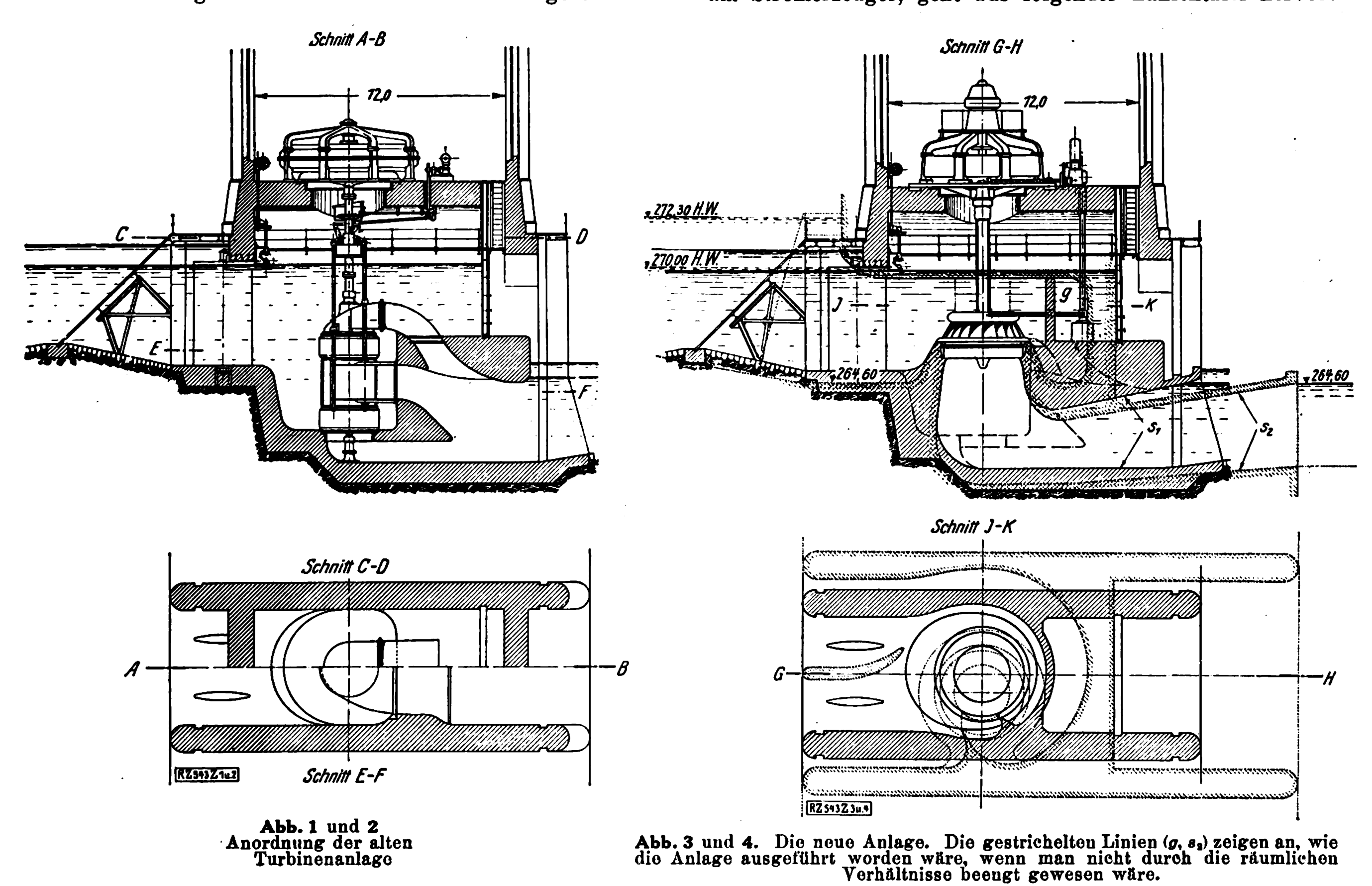


Abb. 1 und 2 Anordnung der alten Turbinenanlage

Abb. 3 und 4. Die neue Anlage. Die gestrichelten Linien (g, s_2) zeigen an, wie die Anlage ausgeführt worden wäre, wenn man nicht durch die räumlichen Verhältnisse beengt gewesen wäre.

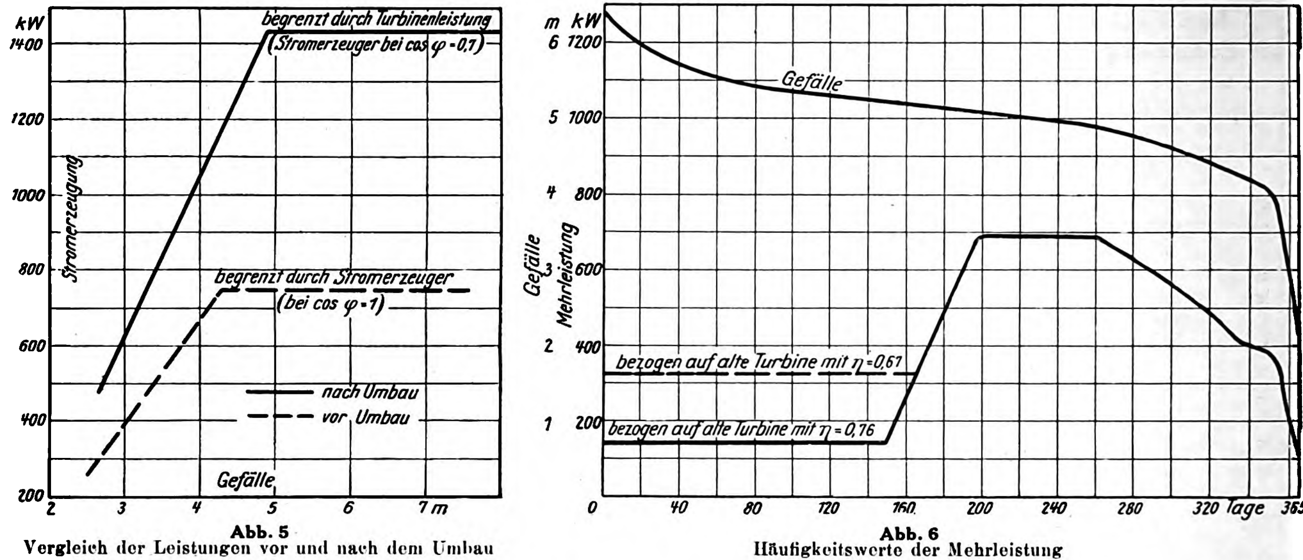


Abb. 5
Vergleich der Leistungen vor und nach dem Umbau

Abb. 6
Häufigkeitswerte der Mehrleistung

Gefälle in m:		6,0	5,0	4,5	4,0	3,0
Leistung						
vor dem Umbau:	kW	750	750	750	670	400
nach dem Umbau:	kW	1440	1440	1270	1050	625
Leistungsgewinn:	kW	690	690	520	380	225

Diese Werte sind in Abb. 5 zeichnerisch dargestellt.

Wirtschaftliches

Bei der Frage, wie viel durch diese Mehrleistung einer umgebauten Turbine gegenüber dem früheren Zustande gewonnen wird, sind verschiedene Zeitabschnitte je nach den Gefällverhältnissen in Betracht zu ziehen, und zwar:

1. bei Niedrigwasser von weniger als 30 cm am Pegel Basel ergab sich für unsere besonderen Verhältnisse, bei denen noch eine Wasserteilung mit den elektrochemischen Betrieben in Rheinfelden in Betracht kommt, das folgende:

Wir dürfen bei diesen Wasserständen keine größeren Wassermengen als früher entnehmen, es kommt uns also nur der erhöhte Wirkungsgrad zu gut, der eine Verbesserung um 10 vH bedeutet. Für den ganzen Maschinensatz zusammen ergeben sich bei einem Gefälle von 5,2 m folgende Wirkungsgradverhältnisse:

vor dem Umbau:
- Turbine . . . . . $\eta = 0{,}76$
- Stromerzeuger . . . $\eta = 0{,}955$ bei $\cos\varphi = 1$
- ganze Maschineneinheit $\eta = 0{,}726$

nach dem Umbau:
- Turbine . . . . . $\eta = 0{,}86$
- Stromerzeuger . . . $\eta = 0{,}93$ bei $\cos\varphi = 0{,}7$
- ganze Maschineneinheit $\eta = 0{,}80$

Für die Niedrigwasserzeit ergibt sich hiernach bei Vollbelastung der Einheit und bei gleichem Wasserverbrauch 135 kW Leistungsgewinn.

2. Bei Wasserständen von 30 cm bis 100 cm am Pegel Basel:

Während dieses Zeitraumes ist die verfügbare Wassermenge durch den Querschnitt des Oberwasserkanals begrenzt.

Der Gewinn an Leistung durch den Umbau erhöht sich in diesem Zeitraum auf 690 kW.

3. Bei Wasserständen von mehr als 1 m am Pegel Basel:

Der Mehrgewinn an Leistung kommt erst bei Pegelständen von mehr als 1 m am Pegel Basel zu voller Geltung. In Abb. 6 sind die verfügbaren Gefälle und die Mehrleistungen bei den verschiedenen Gefällhöhen zeichnerisch aufgetragen, und zwar als Häufigkeitswerte nach Anzahl Tagen im Jahr im Durchschnitt einer zehnjährigen Beobachtungszeit. Der Inhalt der Fläche stellt den jährlichen Gewinn an kW-Tagen für jede Maschineneinheit dar. Daraus ergibt sich, daß mit einer umgebauten Turbine 131 135 kW-Tage im Jahr oder bei täglich 24stündigem Betrieb entsprechend einer völligen Ausnutzung der theoretisch möglichen Mehrleistung 3,147 Mill. kWh und bei $4/5$ Ausnutzung 2,518 Millionen kWh gewonnen werden können.

Gegenüber einer der ganz alten Turbinen mit einem Wirkungsgrad von 67 vH, wie sie ursprünglich vorhanden waren, ergibt sich auf gleicher Grundlage eine jährliche Mehrleistung von 161 060 kW-Tagen oder von 3,866 Mill. kWh bei voller Ausnutzung.

Die Lieferfirma gewährleistete für die neue Turbine bei 5,2 m Gefäll eine Leistung von 2100 PS, sowie folgende Wirkungsgrade mit der üblichen Toleranz von 2 vH:

bei $^8/_8$ Last: 84 vH
„ $^7/_8$ „ 83 „
„ $^6/_8$ „ 77 „

Zahlentafel 1. Abnahme-Versuche

Versuch Nr.	Tag	Uhr	Servomotor Hub mm	Oberwasserspiegel m	Unterwasserspiegel m	Nettogefälle H m	Stromerzeuger-Leistung kW	Wirkungsgrad des Stromerzeugers vH	Leistung an der Turbinenwelle PS	Wassermenge Q m³/s	Brutto-Leistung PS $\frac{Q\,H\cdot 1000}{75}$
1	21. Oktober 1926	10^{00} bis 10^{08}	111	270,968	265,368	5,600	36	46	106,4	—	—
2	„	10^{14} „ 10^{22}	191	270,877	265,388	5,489	803	92,65	1178,7	—	—
3	„	10^{26} „ 10^{34}	271	270,789	265,507	5,282	1382	95,1	1976,4	—	—
4	„	10^{38} „ 10^{46}	347	270,720	265,622	5,098	1530	95,35	2182,0	—	—
5	„	10^{48} „ 10^{56}	381	270,703	265,596	5,107	1522	95,35	2170,6	—	—
6	„	11^{00} „ 11^{08}	310	270,764	265,521	5,243	1525	95,35	2174,9	—	—
7	„	11^{10} „ 11^{18}	234	270,846	265,406	5,440	1170	94,55	1683	—	—
8	„	11^{20} „ 11^{28}	154	270,925	265,336	5,589	454	88,5	697,7	—	—
9	„	13^{40} „ 14^{04}	194	270,821	265,433	5,388	792	92,55	1163,8	24,31	1746,4
10	„	14^{22} „ 14^{30}	210	270,795	265,444	5,351	960	93,65	1394,1	—	—
11	„	15^{20} „ 15^{44}	210,5	270,791	265,474	5,317	948	93,6	1377,4	26,69	1892,2
12	„	16^{30} „ 16^{54}	244	270,739	265,517	5,222	1177	94,55	1693	30,57	2128,5
13	„	17^{10} „ 17^{34}	266	270,764	265,493	5,271	1348	95,05	1928,8	32,57	2289
14	22. Oktober 1926	14^{04} „ 14^{28}	108	270,857	265,573	5,284	0	0	19	13,31	937,7
15	„	14^{48} „ 15^{08}	304	270,658	265,719	4,939	1400	95,15	2001	34,74	2287,7
16	„	15^{22} „ 15^{44}	343	270,634	265,715	4,919	1440	95,2	2057,1	36,31	2381,5
17	„	16^{18} „ 16^{38}	381	270,598	265,792	4,806	1420	95,2	2028,6	37,91	2429,2
18	„	16^{54} „ 17^{16}	153	270,778	265,647	5,131	329	84	532,7	18,33	1254

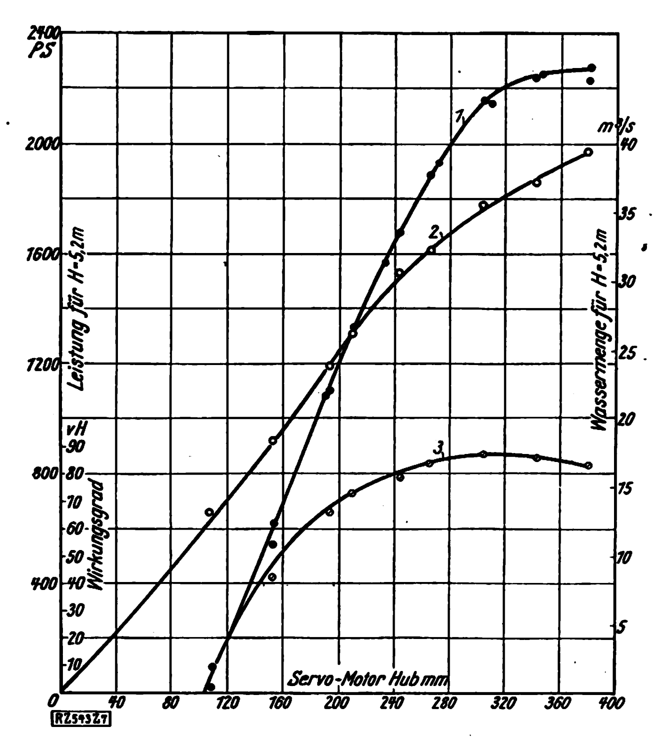


Abb. 7
Abnahmeversuche beim Umbau der Turbine 7 im Kraftwerk Rheinfelden

Linie 1 gemessene Leistung
" 2 gemessene Wassermenge
" 3 erreichter Wirkungsgrad bei den verschiedenen Öffnungen des Leitrades, ausgedrückt in entsprechendem Hub des Servomotors

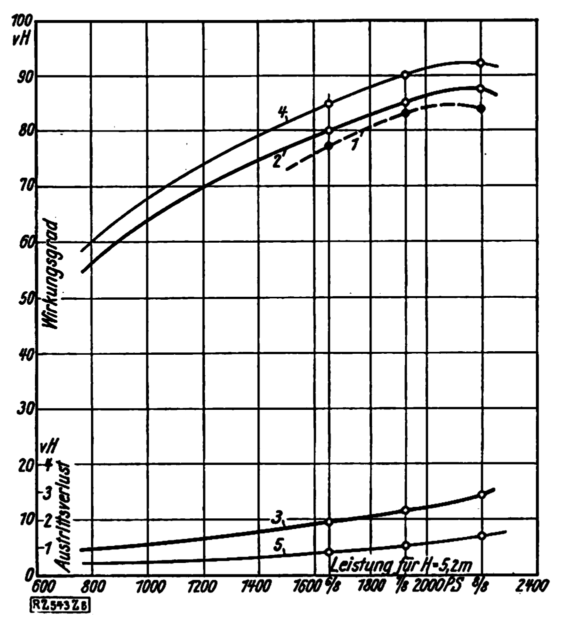


Abb. 8

Linie 1 gewährleisteter Wirkungsgrad
" 2 erreichter Wirkungsgrad bei den vorhandenen ungünstigen Einbauverhältnissen (offene Wasserkammer und kurzes Saugrohr nach s_1, Abb. 3 und 4)
" 3 Austrittsverlust bei der vorhandenen Ausführung des Saugrohrs nach s_1, Abb. 3 und 4
" 4 erreichbarer Wirkungsgrad bei Ausführung eines Spiralgehäuses nach g und des Saugrohres nach s_2, Abb. 3 und 4
" 5 erreichbarer Austrittsverlust bei einer Ausführung des Saugrohres nach s_2, Abb. 3 und 4

Die Wassermessungen für die Abnahmeversuche, die Ingenieur Bitterli, Rheinfelden, mit einer neuen selbstschreibenden Meßeinrichtung, von A. Ott, Kempten, geliefert, ausführte — wobei jeweils in einer Senkrechten den örtlichen Verhältnissen entsprechend gleichzeitig mit 12 Flügeln die Geschwindigkeiten gemessen wurden — ergaben im Zusammenhang mit den Leistungsmessungen am Stromerzeuger die in Zahlentafel 1 angegebenen Werte.

Diese Ergebnisse sind in den Schaulinien Abb. 7 und 8 zusammengestellt.

Im Schaubild, Abb. 8, sind auch die Wirkungsgrade und Austrittsverluste für eine ohne Rücksicht auf die bestehenden örtlichen Verhältnisse errichtete neue Anlage eingetragen.

Die vorstehenden Versuchsergebnisse haben gezeigt, daß die gewährleisteten Wirkungsgrade und Leistungen überschritten sind.

21. bis 22. Oktober 1926

Turbinen-wirkungs-grad	Turbinen-leistung für $H = 5{,}20$ m	Wasser-menge für $H = 5{,}20$ m	Austritts-geschwin-digkeit am Saugrohr	Austrittsverlust	
				$v^2/2g$	$\frac{v^2/2g}{5{,}200}$ 100
vH	PS	m³/s	m/s	m	vH
—	95,2	—	—	—	—
—	1086,9	—	—	—	—
—	1930,5	—	—	—	—
—	2247,8	—	—	—	—
—	2230,2	—	—	—	—
—	2148,2	—	—	—	—
—	1572,8	—	—	—	—
—	626,1	—	—	—	—
66,64	1103,4	23,882	1,128	0,0648	1,25
—	1335,5	—	—	—	—
72,8	1332,2	26,394	1,248	0,0794	1,53
79,54	1681,9	30,506	1,442	0,106	2,04
84,26	1890	32,351	1,53	0,1193	2,3
2,03	18,55	13,204	0,624	0,0199	0,38
87,47	2161,7	35,644	1,685	0,1447	2,78
86,38	2235,8	37,333	1,765	0,1588	3,05
83,51	2283	39,433	1,865	0,1772	3,41
42,53	543,5	18,453	0,872	0,0388	0,75

Die Wirtschaftlichkeit des Umbaues läßt sich an Hand der folgenden Angaben beurteilen:

Es betrugen die Kosten:

Abbruch der alten Anlage und bauliche Änderungen an den Turbinenkammern . . .	41 227 ℳ
Turbinenanlage einschließlich betriebsfertiger Aufstellung	86 346 „
Stromerzeuger einschließlich Aufstellung und Änderung der Schalteinrichtungen und Verbindungsleitungen	144 950 „
demnach Gesamtkosten des Umbaues einer Maschineneinheit	272 523 ℳ

Rechnet man jährlich mit 15 vH der Anlagekosten für Verzinsung, Tilgung und Unterhaltung der Anlage, so entspricht dies einer jährlichen Ausgabe von etwa 40 880 ℳ.

Bei völliger Ausnutzung der Mehrleistung würde man rd. 3,1 Mill. kWh gewonnen haben; wenn man diese mit je 1,6 Pfg. bewertet, so ist der Mehrertrag im Jahre rd. 50 000 ℳ. Hierdurch allein wird also der Umbau des Maschinensatzes verzinst und abgeschrieben.

Hätte nicht wie in diesem Falle durch die vertragliche Wasserteilung und die engen Maße des Oberwasserkanals eine starke Beschränkung der Wasserausnützung stattgefunden, so wäre mit der umgebauten Turbinenanlage ein viel größerer Gewinn an elektrischer Arbeit zu erzielen, und zwar dadurch, daß die durch den Umbau gewonnene Mehrleistung desto länger ausgenutzt werden kann, je kleiner die ursprüngliche Ausbaugröße der Turbinenanlage gegenüber der verfügbaren Wasserkraft bemessen war. Dabei wäre als äußerster Grenzfall denkbar, daß bei einer alten Turbinenanlage von nur der Hälfte der ständig verfügbaren Leistung der Wasserkraft die durch Umbau gewonnene Mehrleistung während des ganzen Jahres ausgenutzt werden könnte.

Unter dieser Voraussetzung wäre der höchsterreichbare Gewinn bei einer völligen Ausnutzung der Mehrleistung von 690 kW während des ganzen Jahres 6,044 Mill. kWh.

Bei einem erzielbaren Preis von 1,6 Pfg./kWh hätte man hierbei einen jährlichen Mehrertrag von rd. 96 700 ℳ gegenüber 40 880 ℳ jährlicher Ausgabe erreichen können.

[M 543]

Der Stand der Siebnormung

Im Auftrage des Siebnormenausschusses verfaßt von Dr.-Ing. Förderreuther, Berlin.

Gründung des Siebnormenausschusses. Die Notwendigkeit der Normung von Drahtgeweben für Prüfsiebe war im Laufe des Jahres 1924 mit zunehmender Entwicklung der Kohlenstaubfeuerung zur Bestimmung der Feinheit von Kohlenstaub, wofür Schlamm- und Spülverfahren mehr oder minder versagten, besonders dringend geworden. Aus diesem Grunde beantragte der Kohlenstaubausschuß des Reichskohlenrats beim Deutschen Normenausschuß die Gründung eines Siebnormenausschusses, die auch am 4. November 1924 beschlossen wurde. Die bisherigen Ergebnisse der Ausschußarbeiten sind hier wiedergegeben.

Maßgebende Größen für Siebe. Als erste Aufgabe wurde die Normung von Geweben für Prüfsiebe in Angriff genommen. Als Werkstoff konnte nur Metalldraht in Frage kommen, da bei Seidengazegeweben genaue Größenbestimmungen des Gewebes unmöglich sind. Aus dem gleichen Grunde wurde als Webart glattes Gewebe mit quadratischer Maschenweite gewählt.

Die wichtigste Größe für ein Siebgewebe ist die Maschenweite. Die verwendete Drahtdicke kann bei Innehaltung derselben Maschenweite nicht ganz ohne, aber doch von nur geringem Einfluß sein. Die in jedem Siebgewebe unvermeidlichen Fehler in der Größe von Maschenweiten, meist als Fehlmaschen bezeichnet, sind jedoch sicher von großer Bedeutung. Die Maschenzahl als solche, bezogen auf lineare Ausdehnung oder Fläche, läßt kein Urteil über die Größe des durchgehenden Kornes zu; denn die Maschenzahl kann in beiden Fällen, Fläche oder Länge, auch eingehalten werden, wenn dickerer oder dünnerer Draht benutzt wird, und ferner auch, wenn ein Teil der Maschenweiten kleiner, der andre dafür um so größer ist.

Siebbezeichnung. Da bisher Siebgewebe allgemein nach Maschenzahl auf 1 cm² bezeichnet und angeboten wurden und diese Benennung weitestgehend eingeführt war, wurde beschlossen, die sich aus den festgelegten Größen ergebende Maschenzahl auf dem Normblatt mit aufzuführen. In Amerika, das gerade auf diesem Gebiete manche bahnbrechende Vorarbeit geleistet hat, werden die Siebgewebe außerdem auch noch mit Nummern bezeichnet. Diese Nummern der amerikanischen Normung geben einen ungefähren Anhaltspunkt, wieviel Maschen auf 1 Zoll lineare Länge entfallen. Statt des Zollängenmaßes wird nach den Beratungen im Deutschen Normenausschuß das metrische Maß zugrundegelegt werden, und diese Bezeichnungsweise nach Nummern, bezogen auf 1 cm lineare Länge, wurde für Prüfsiebe ebenfalls übernommen.

Im übrigen jedoch fußt die ganze Normung der Drahtgewebe für Prüfsiebe auf der Festlegung der Größen für Maschenweite und Drahtdicke, woraus sich die übrigen Größen, Gewebenummer, Maschenzahl auf 1 cm², Lichtquerschnitt usw. von selbst ergeben. Auf die Einführung weiterer Begriffe, wie Freimaschenzahl, wurde verzichtet.

Aufbau der Normenreihe für Siebgewebe. Der Siebnormenausschuß stand vor der Aufgabe, zwischen zwei Arten des Aufbaues der Normenreihe zu wählen. Die eine Art, auf der auch die amerikanische Normung fußt, beruht auf einer genauen mathematischen Abstufung der einzelnen Maschenweiten der aufeinanderfolgenden Siebe; z. B. wird in Amerika von 1 mm Maschenweite ausgegangen und die Maschenweite jedes nächstfolgenden Siebes durch Vervielfachung oder Teilung mit dem Faktor $\sqrt[4]{2}$ berechnet. Wenn man dabei nicht so fein abstufen und nur jedes zweite Sieb benutzen will, so nimmt man als Abstufungsfaktor $\sqrt{2}$ oder bei jedem vierten Sieb den Faktor 2. Da nun die Zahl $\sqrt{2}$ keineswegs eine ganze, runde Zahl ist, müssen auch die damit berechneten Maschenweiten Zahlen mit einer Reihe von Dezimalstellen werden. Dasselbe gilt natürlich auch von den Drahtdicken, wobei sich dann Maße ergeben, die nicht handelsüblich sind.

Ein zweiter deutscher Vorschlag von Barthelmeß, Neuß a. Rh., ging dahin, diese mathematische Abstufung in der Maschenweite fallen zu lassen und statt dessen einen gleichbleibenden Lichtquerschnitt, d. h. ein gleichbleibendes Verhältnis zwischen Gesamtsiebfläche und der Summe der freien Flächen aller Maschen beizubehalten, wobei sich gleichzeitig ein bestimmtes Verhältnis von Maschenweite zu Drahtdicke ergibt. Der von Barthelmeß ausgearbeitete Vorschlag ergibt unter Beibehaltung eines Lichtquerschnittes von 36 vH sehr einfache Beziehungen der einzelnen Größen zueinander und liefert gleichzeitig Werte mit verhältnismäßig runden Zahlen. Die von ihm vorgeschlagene Normenreihe für Prüfsiebe wurde von den Nummern 4 bis herab zu den feinsten ziemlich unverändert angenommen. Sie umfaßt Prüfsiebgewebe von 1,5 mm bis herab zu 0,06 mm Maschenweite und ist auf dem Normblatt DIN 1171 niedergelegt.

In dieser Reihe gelten folgende Beziehungen:

$$m = \text{Siebnummer} = \text{Maschenanzahl auf 1 cm Länge} = \sqrt{M}$$

$$M = \text{Maschenanzahl auf 1 cm}^2 = m^2$$

$$l = \text{lichte Maschenweite} = \sqrt{\frac{L}{M}} = \frac{6}{\sqrt{M}} = \frac{6}{m}$$

$$L = \text{Lichtquerschnitt} = 36 \text{ vH}$$

$$d = \text{Drahtdicke} = {}^2/_3 \frac{\sqrt{L}}{M} = \frac{4}{\sqrt{M}} = \frac{4}{m}\,.$$

Drahtdicke zu Maschenweite verhalten sich also wie 2 : 3.

Die Abhängigkeit der Werte untereinander ermöglicht es also, wenn man außer dem Lichtquerschnitt (36 vH) noch eine Größe, z. B. die Siebnummer, als bekannt voraussetzt, alle übrigen Abmessungen, die für das Siebgewebe bestimmend sind, leicht zu berechnen. Die sich aus diesen einfachen Beziehungen der einzelnen Größen zueinander und aus den sich ergebenden glatten Zahlen und handelsüblichen Abmessungen bietenden Vorteile überwiegen nach Ansicht des Siebnormenausschusses die sehr theoretische Bedeutung der mathematischen Zahlenreihe der einzelnen Maschenweiten, wie sie in Amerika festgelegt sind.

Nur bei den gröbsten drei Sieben Nr. 1 bis 3 des Vorschlages Barthelmeß ergab sich bei der gewählten Berechnungsweise eine verhältnismäßig zu große Drahtdicke. Sie wurden daher in das Normblatt DIN 1171 nicht aufgenommen. Für diese Siebgrößen sollen Blechsiebe mit gestanzten runden Löchern oder Maschensiebe aus Flachdrähten benutzt werden. Versuche zur Erprobung dieser Siebarten laufen, sind aber noch nicht abgeschlossen. Die Normung eines feineren Siebes als Nr. 100 wurde ebenfalls vorläufig außer Betracht gelassen, da für so feine Siebgewebe noch Herstellungsschwierigkeiten bestehen.

Im übrigen ist die deutsche Normenreihe so abgestuft, daß auch bei Inanspruchnahme der zulässigen Durchschnittsabweichungen die Größen der Maschenweiten aufeinanderfolgender Siebe einander nicht mehr überdecken können, im Gegensatz zur amerikanischen Normung, wo dies bei den feineren Sieben bedauerlicherweise der Fall ist. Das Siebergebnis wird dadurch wesentlich beeinflußt. Da bei feineren Drahtgeweben die Herstellungsgenauigkeit noch nicht das erwünschte Maß erreicht hat, mußte von einer Ausschließung einer solchen Überdeckung bei Inanspruchnahme der zulässigen Größtabweichung vorerst Abstand genommen werden.

Zulässige Abweichungen (DIN 1171). Für die Drahtdicken wurden Abweichungen zugelassen, die bei der Berechnung des Durchschnittswertes bei dem feinsten Sieb 5 vH und bei den gröberen Sieben 3 vH Abweichung gegenüber dem Sollwert ergeben. In einer zweiten Spalte sind Grenzen angegeben, bis zu denen einzelne Drähte Abweichungen aufweisen dürfen. Der Mittelwert könnte ja trotz Vorhandenseins einer Anzahl von dickeren Drähten wieder durch Verwendung einer entsprechenden Anzahl dünnerer Drähte auf die vorgeschriebene Größe gebracht werden. Daher erschien eine solche Vorschrift mit der Festlegung, wieweit überhaupt ein Draht in seiner Größe abweichen darf, immerhin von Bedeutung. Um jedoch auch hier das Vorkommen solcher Abweichungen möglichst einzuschränken, wurde außerdem auch die Häufigkeit von Einzelfehlern in der Drahtdicke noch dadurch beschränkt, daß die Häufigkeit der Größtabweichungen auf 6 vH begrenzt wurde.

Derselbe Gedankengang lag auch bei der Festlegung der zulässigen Abweichungen für die lichten Maschenweiten zugrunde. Auch hier wurde ein Durchschnittswert für die zulässigen Abweichungen festgelegt, um den die lichten Maschenweiten von dem Sollwert der Zahlentafel abweichen dürfen. Dieser Durchschnittswert ergibt sich, wenn man sowohl in der Kette als im Schuß eines Gewebes, sei es auf die ganze Erstreckung des Siebgewebes oder eine bestimmte Länge, sämtliche lichten linearen Maschenweiten ausmißt und beidemal die Summe der Längen dieser Maschenweiten durch die Zahl der gemessenen Maschenweiten teilt; denn die Maschen sollen quadratisch sein.

Die vorgeschriebene Durchschnittsgröße der lichten Maschenweiten kann auch erreicht werden, wenn bei der untersuchten Anzahl von Maschenweiten ein Teil der Maschen zu groß und andre dafür um so kleiner ausgefallen sind. Anderseits aber haben eingehende Untersuchungen von Rammler, Freiberg, und dem Verfasser gezeigt, daß gerade Fehler in der Größe der Maschenweiten die größten Fehlerquellen eines Siebergebnisses sind und daß vor allen Dingen schon eine geringe Anzahl von besonders großen Fehlmaschen ein Siebergebnis stark beeinträchtigen oder überhaupt wertlos machen kann. Meist

treten die Fehlmaschen als sogenannte Gassen im Siebgewebe auf, die fast immer in der Kette liegen und sich durch das ganze Gewebe hindurchziehen. Es war daher erforderlich, vor allem die großen einzelnen Fehlmaschen auszumerzen. Bei den Amerikanern sind bei den feinsten Sieben noch Einzelfehlmaschen zulässig mit einer Abweichung bis zu 60 vH, und die Häufigkeit ihres Vorkommens ist nicht einmal beschränkt.

Aus Abb. 1 läßt sich ersehen, daß bei Inanspruchnahme solcher zulässigen Fehlermöglichkeiten für die Maschenweiten wie bei der amerikanischen Siebnormung im Bereich der feinsten Siebe zwischen zwei aufeinanderfolgenden Siebgeweben kaum mehr ein Unterschied besteht, daß es sogar leicht möglich ist, daß das nächstfeinere Sieb größere Maschen hat, als das vorhergehende. Damit ist auch das in Amerika übliche Verfahren erklärt, Siebe durch Vergleichsiebung zu eichen. Es mag ja vielleicht auch bei den Amerikanern für die so reichlich bemessene Grenze der zulässigen Abweichungen noch ein weiterer Grund mitgesprochen haben, der darin liegt, daß auf diese Weise allmählich die dort bestehenden verschiedenen Normensiebreihen unter einen Hut gebracht werden sollen.

Im deutschen Siebnormenausschuß schienen sowohl den Verbrauchern als auch den Herstellern diese zulässigen Fehlermöglichkeiten zu groß. Bei den Siebgeweben Nr. 4 bis 6 wurden daher als äußerste Grenze einer zulässigen Abweichung 10 vH und bei den feinsten Sieben 30 vH vom Sollwert der Normenreihe festgelegt. Die Häufigkeit der Inanspruchnahme dieser zulässigen Größtabweichungen wurde nach den Untersuchungen Rammlers und des Verfassers über den Einfluß von Siebgewebefehlern auf das Siebergebnis auf 6 vH beschränkt, weil der heutige Stand der Herstellungstechnik wohl eine laufende Einschränkung der Anzahl der vorkommenden Größtabweichungen, aber nicht die Verminderung der Größtabweichungen selbst gestattet. Der diesbezüglich von Verbraucherseite angestrebte Zustand ist erst erreicht, wenn die Herstellmöglichkeiten so weit vervollkommnet sind, daß die unteren Grenzwerte des jetzt noch nötigen B e r e i c h e s für die Größtabweichungen selbst als „g r ö ß t e A b w e i c h u n g" gelten können. In diesem Falle würde sich die Festsetzung der oben erwähnten „z u l ä s s i g e n A n z a h l" für die Größtabweichungen erübrigen. Bei der Prüfung von Geweben, die sich unmöglich auf die Ausmessung sämtlicher im Siebgewebe vorhandenen Maschen erstrecken kann, hat sich die Übung herausgebildet, nur die wirklich großen Fehlmaschen zu prüfen, ob sie nicht die zulässige Größtabweichung überschreiten. Die zu kleinen Maschen sind für das Siebergebnis als solches weniger von Bedeutung; sie werden bei der Prüfung eines Siebgewebes, außer bei der Festlegung des Mittelwertes der lichten Maschenweiten, nicht weiter berücksichtigt.

Um dem Prüfenden bestimmte Anhaltspunkte zu geben, auf welche Größtabweichung sich die Prüfung erstrecken und auf welchen Bereich die zulässige Anzahl der Größtabweichungen bezogen werden soll, ist im Normblatt dieser Bereich zahlenmäßig in Hundertteilen des Sollwertes der lichten Maschenweiten angegeben. Praktisch werden also bei der Prüfung der lichten Maschenweiten eines Siebgewebes nach der Ermittlung ihres Mittelwertes die zu großen Maschenweiten aufgesucht und ausgemessen, und dann wird zunächst festgestellt, ob sich in dem Gewebe Maschen befinden, die das Höchstmaß an Abweichung überschreiten, und ferner, ob die Anzahl der noch in den Bereich der größten zulässigen Abweichungen fallenden Maschenweiten die Angabe auf Normblatt DIN 1171, also 6 vH, nicht überschreitet. Von dem Ergebnis dieser Prüfung ist es abhängig, ob ein Sieb als normgemäß oder nicht normgemäß bezeichnet werden darf.

P r ü f u n g d e r S i e b e u n d S i e b g e w e b e. Als Prüfstelle hat sich der Siebnormenausschuß auf das Staatliche Materialprüfungsamt, Berlin-Dahlem, Abteilung für Baugewerbe, geeinigt, da dieses Amt im besondern für die Siebgewebeprüfungen eigene Einrichtungen angeschafft hat, die ein genaues und dabei doch verhältnismäßig rasches Prüfen auch der feinsten Siebe gestatten. Bei solchen Prüfungen muß natürlich unterschieden werden zwischen Untersuchungen an Siebgeweben, die bereits auf einem Rahmen aufgespannt sind und als E i n z e l p r ü f u n g bezeichnet werden, und zwischen Prüfungen von Siebgeweben, die noch als größeres Stück aus dem Webtuch oder gar als Rolle mit aufgerolltem Webtuch zur Prüfung eingeliefert werden (R o l l e n p r ü f u n g). Während es bei der Einzelprüfung nur eine Entscheidung gibt, ob normgemäß oder nicht, kann bei der Rollenprüfung das Gewebe noch als normgemäß bezeichnet werden unter der Bedingung, daß z. B. ein fehlerhafter Teil des Gewebes herausgeschnitten und nicht verwendet wird. Die Prüfkosten für Einzelprüfungen betragen

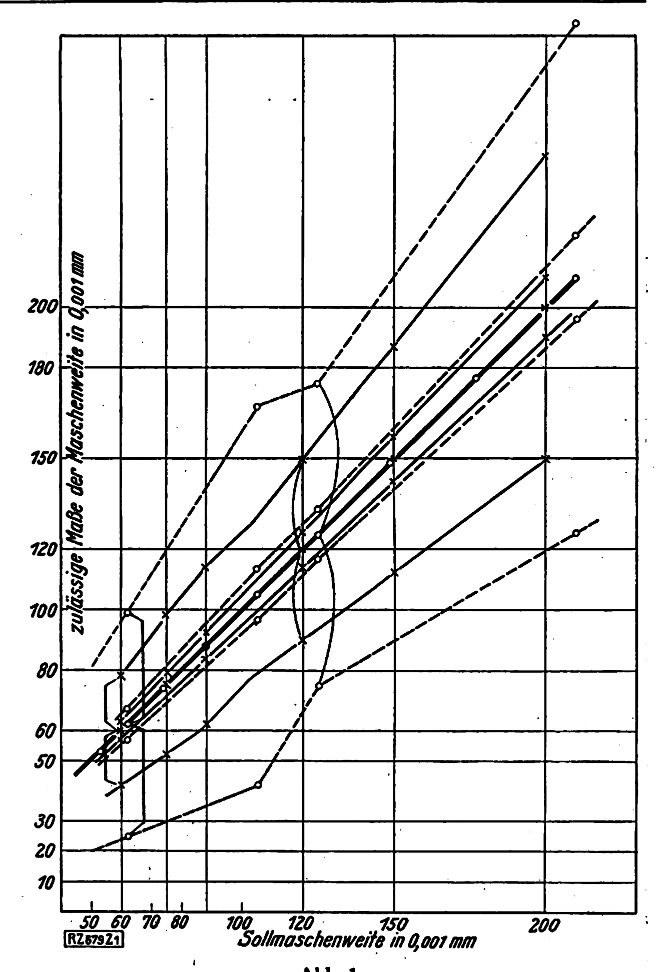


Abb. 1
Vergleich der deutschen und der amerikanischen Siebnormung für das Gebiet der feineren Prüfsiebe
× deutsche Werte o amerikanische Werte

zur Zeit bei den Sieben der Normenreihe DIN 1171 je nach der Feinheit 20 bis 30 ℳ. Für Siebtuche wird eine Grundgebühr wie für Einzelprüfungen und dazu ein weiterer Aufschlag von je 2 ℳ für die ersten 10 m und von je 1 ℳ für jedes weitere Meter erhoben.

D i e w e i t e r e n A u f g a b e n d e s S i e b n o r m e n a u s s c h u s s e s werden nun dahin gehen, auch für gröbere Siebe als 1,5 mm Maschenweite Bestimmungen festzulegen. Für größere Maschenweiten sollen, wie erwähnt, nicht mehr Drahtgewebe, sondern gelochte Bleche benutzt werden, die sich bei dem größeren Lochdurchmesser nicht allzu schwer einwandfrei herstellen lassen und dann in ihrer Maschenweite praktisch unveränderlich sind, während bei den gröberen Geweben, bei denen das Verhältnis von Drahtdicke zu Maschenweite ständig sinken muß, um die Gewebe nicht allzu schwer zu machen, die Verschiebung einzelner Drähte und damit die Veränderung der Maschenweite beim Gebrauch nicht unberücksichtigt bleiben darf. Bisher herrscht keine Klarheit darüber, ob für solche gelochten Bleche quadratische, kreisrunde oder rechteckige Löcher zu wählen sind; Untersuchungen über die Wirkung der Lochform auf das Siebergebnis sind im Gange.

Als weitere Aufgabe kommt dann noch die Normung der Gebrauchsiebe in Betracht. Es muß nämlich unterschieden werden zwischen Prüfsieben, die von einem vorhandenen Gut eine genaue Kennzeichnung der Kornzusammensetzung geben sollen, und zwischen Siebgeweben, die benutzt werden, um ein Korn von einer bestimmten mittleren Feinheit auszusieben. Im letzteren Falle wird sich eine feinere Abstufung der Siebgewebe als notwendig erweisen, während im ersteren Fall eine Zwischenschaltung von Siebgeweben durch die dann eintretende Überschneidung der Maschenweiten, s. Abb. 1, nur Scheinergebnisse haben würde. Gebrauchsiebgewebe sollen jedenfalls dieselbe Richtnummer bekommen, die das entsprechende Prüfsiebgewebe trägt.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die wichtigste und grundlegende Arbeit durch die Festlegung des Normblattes DIN 1171 geleistet ist. [M 679]

RUNDSCHAU

Wissenschaftliche Tagungen

Die 32. Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker in Kiel

Die Jahresversammlung des VDE fand vom 30. Juni bis 3. Juli statt und war von etwa 1200 Fachgenossen aus allen Teilen Deutschlands und dem Ausland besucht. Die Vormittage waren Vorträgen von allgemein wichtigem Inhalt gewidmet, die im Stadttheater stattfanden; an den Nachmittagen wurden Fachsitzungen in der Universität abgehalten, in denen über Neuerungen auf den verschiedenen Teilgebieten der Elektrotechnik berichtet wurde. Außerdem waren durch den Ortsausschuß für die Nachmittage technische Besichtigungen vorbereitet, die sich eines regen Zuspruchs erfreuten. Über die geselligen Veranstaltungen sei nur erwähnt, daß der Ortsausschuß sich in dankenswertester Weise bemüht hatte, den Besuchern ein abwechslungsreiches Programm zu bieten, und daß die Bemühungen mit vollem Erfolg gekrönt waren.

Der Vormittag des 1. Juli brachte zunächst die

Eröffnungsansprache des Vorsitzenden,

Ministerialdirektor Geh. Oberpostrat Dr.-Ing. E. h. Craemer. Nach einleitenden Worten, die der Begrüßung der Anwesenden sowie dem Gedenken der im vergangenen Jahre Verstorbenen dienten, gab Dr. Craemer zunächst einen Überblick über die Änderungen in der wirtschaftlichen Lage der elektrotechnischen Industrie, die seit der vorhergehenden Jahresversammlung eingetreten sind. Obwohl eine merkbare Besserung der Konjunktur in vielen Zweigen der Industrie zu verzeichnen ist und auch auf konstruktivem Gebiet große Fortschritte gemacht sind, darf man sich doch keinem allzu großen Optimismus in der Beurteilung der für die nächste Zukunft zu erwartenden Entwicklung hingeben. Denn der Aufschwung ist keineswegs in allen Industrien vorhanden und, wo er vorherrscht, durchaus nicht überall gleichmäßig stark. Wir dürfen nicht vergessen, daß unsre Lage nach zwei Richtungen hin zu den schwersten Bedenken zwingt. Einmal ist unsre Ausfuhr durch die hohen Auslandzölle in unerträglichem Maß erschwert, und auch die bisher abgeschlossenen Handelsverträge haben uns gerade auf dem Gebiete der Elektrotechnik wenig Vorteile gebracht; anderseits gibt die ungeheure Belastung der Industrie durch Steuern und Abgaben Veranlassung zu ernster Besorgnis. Auch die Ergebnisse der Weltwirtschaftskonferenz werden von vielen Seiten als belanglos bezeichnet; demgegenüber ist jedoch zu sagen: Angestrengte geistige Arbeit hervorragender Männer hat noch immer zur Förderung der Menschheit beigetragen, und so wird gewiß auch diese Veranstaltung nicht ohne Segen für das allgemeine und damit auch für das deutsche Wirtschaftsleben bleiben.

Dann kam der Vortragende auf die wissenschaftlich-technischen Forschungsergebnisse zu sprechen, zunächst auf dem Gebiete der elektrischen Wellen (neue Lautsprecher, Unterwasser-Schallübertragung, Anwendung ultravioletter Strahlen u. a. m.). Auf dem Gebiete der Fernmeldetechnik sind Fortschritte hauptsächlich in der Entwicklung der Fernkabelnetze und des Selbstanschlußbetriebes in den Fernsprechnetzen zu verzeichnen. Das deutsche Fernkabelnetz wurde durch eine Reihe wichtiger Anschlußstrecken an nachbarstaatliche Netze erweitert; auch die Verlegung der modernsten zur Zeit bestehenden Seekabelverbindung Deutschland – Dänemark fällt in das letzte Jahr. Große Fortschritte wurden in der Konstruktion der Seekabel sowie bei Landkabelstrecken durch den Einbau von Verstärkern und Echosperren erzielt.

In der Telegraphie wurde die Tonfrequenztelegraphie weiter entwickelt und die Zahl der gleichzeitig über dieselbe Leitung geleiteten Telegramme von 6 auf 12 erhöht; ferner wurde eine Schaltung für Unterlagerungstelegraphie entwickelt, die den neuzeitlichen Anforderungen an Betriebsicherheit entspricht. In der Verwendung der Elektrizität im Eisenbahnsicherungswesen sind ebenfalls Fortschritte gemacht worden. Der Vortragende wies dann ausführlich auf die zahlreichen Neuerungen hin, die die Entwicklung der Funktechnik im Laufe des Jahres gebracht hat.

Auf dem Gebiete des Starkstroms sind es vor allem wärmewirtschaftliche Fragen, Fragen des Verhaltens der Werkstoffe, besonders bei hohen Drücken und Temperaturen, sowie Aufgaben der Kraftspeicherung, an deren Lösung gearbeitet wurde. Sehr deutlich zeigt sich der Zug zum Heraustreten aus dem engen Kreise der reinen Eigenwirtschaft und zum Verketten von Erzeugungsstätten auf der Grundlage der Kohle; so entwickeln sich Braunkohlen-Brikettwerke zu Elektrizitätswerken, Zechen zu chemischen Fabriken und Gaswerken für Fernversorgung, und die Bahnkraftwerke schließen sich an die Landversorgungsnetze an. Der Austausch der in Süddeutschland zur Verfügung stehenden Wasserkraft gegen die in Nordwestdeutschland erzeugte Energie ist durch Fertigstellung der 200 km langen 380 kV-Leitung vom Goldenbergwerk nach Rheinau gewaltig gefördert worden. Durch den Bau dieser Leitung rückt Deutschland im Leitungsbau mit an die erste Stelle.

In der Kabeltechnik ist es gelungen, die Durchschlagfestigkeit bedeutend zu steigern; 30 kV- und 60 kV-Kabel sind bereits verlegt, und die Herstellung von 100 kV-Kabeln steht in allernächster Zeit in Aussicht. Im Elektromaschinenbau standen wiederum die großen Stromerzeuger im Vordergrund des Interesses, ebenso die großen Blindleitungsmaschinen und Umformer für Netzkupplung. Die elektrische Zugförderung auf der Deutschen Reichsbahn nahm ihren planmäßigen Fortgang.

Die Fortschritte der Elektrotechnik auf dem Gebiete der Industrieanlagen sind gekennzeichnet u. a. durch die Aufstellung der seinerzeit größten deutschen Turmförderanlage auf der Zeche Minister Stein, durch Neuerungen im Antrieb von Papiermaschinen, durch weitere Verbreitung von Elektroschmelzöfen und elektrischen Brennöfen.

Die Landwirtschaft steht noch immer unter dem Druck der Geldknappheit und ist mit Bestellungen sehr zurückhaltend. Die Entwicklung der für die Landwirtschaft besonders geeigneten Kurzschlußmotoren mit Anlaßriemenscheibe hat gute Fortschritte gemacht. Der Ersatz von Schmelzsicherungen durch selbsttätige Sockel- und Stöpselschalter hat sich mehr und mehr durchgeführt. Auch die Verwendung des Elektro-Futterdämpfers und des elektrischen Heißwasserspeichers findet wachsende Beachtung. Bedeutsam ist die Schaffung der „Arbeitsgemeinschaft zur Überwachung der Starkstromanlagen auf dem Lande", in der der Verband in Verbindung mit andern Körperschaften mitarbeitet. Für die Verwendung im Haushalt sind eine Anzahl neuer Geräte sowie von Vorrichtungen, die eine bedeutende Stromersparnis sowie Steigerung der Betriebsicherheit mit sich bringen, herausgebracht worden.

Zum Schluß sprach der Vortragende die Überzeugung aus, daß auch das kommende Jahr weitere bedeutungsvolle technische Fortschritte bringen wird.

An die Ausführungen von Ministerialdirektor Craemer schloß sich der Hauptvortrag dieses Tages an, den Staatssekretär Dr.-Ing. E. h. Feyerabend, Berlin, über das Thema

50 Jahre Fernsprecher in Deutschland

hielt. Ausgehend von dem Hinweis auf die Einführung des Fernsprechers in Deutschland durch den Generalpostmeister Stephan, seit der im November dieses Jahres 50 Jahre vergangen sind, betonte der Vortragende zunächst den Unterschied zwischen der Erfindung des Fernsprechers und der Schaffung des Fernsprechwesens. Die Erfindung des Fernsprechers wird in dem größten Teil der Welt dem Amerikaner Graham Bell zugeschrieben, doch ist dies geschichtlich nicht richtig. Denn der erste, der die Aufgabe gelöst hat, die Sprache mit Hilfe elektrischer Ströme in die Ferne zu übertragen, war der deutsche Lehrer Philipp Reis, der im Jahre 1860, also 16 Jahre vor Bell, einen Apparat anfertigte, mit dem dieses Ziel erreicht werden kann. Diese bedeutsame Erfindung fand jedoch wenig Beachtung; sie kam, wie der englische Physiker Silvanus P. Thompson gesagt hat, zu früh auf die Welt. Das unstreitbare Verdienst Bells ist es, dem Fernsprecher die klassisch einfache Form gegeben zu haben, die sich bis auf den heutigen Tag erhalten hat, und so seine praktische Verwendung ermöglicht zu haben. Deswegen muß man ihn, wenn auch nicht als den Erfinder des Fernsprechers, so doch als den Schöpfer des Fernsprechwesens ansehen.

An der Hand von genauen, von der Firma Siemens & Halske angefertigten Nachbildungen der Reisschen Originalapparate zeigte der Vortragende, daß die Übertragung der Sprache mit diesem Gerät durchaus möglich ist, was seinerzeit in den Prozessen um die Bell-Patente von dem amerikanischen obersten Richter bestritten wurde. Bei dieser Vorführung war die Wirkung der Reisschen Geräte durch die heute verfügbaren Verstärker und Lautsprecher so verstärkt, daß die in einem der Garderobenräume in den Empfänger gesprochenen Worte im ganzen Zuschauerraum deutlich hörbar waren. Damit war der Beweis für die Eignung des Reisschen Apparates zur Übertragung des gesprochenen Wortes erbracht.



Im weiteren Verlauf seiner Ausführungen gab der Vortragende eine Übersicht über die Entwicklung des Mikrophons, an der Hughes, Edison und Berliner führend beteiligt waren, und des Bellschen Fernsprechers, unter besonderer Berücksichtigung der Entwicklung im Rahmen des deutschen Fernsprechwesens. *Die Entwicklung des Fernsprechwesens* in Deutschland ging anfangs sehr langsam vor sich, da sich das Publikum zuerst ablehnend verhielt. Im Betriebe der Reichspost wurden zwar bald eine große Anzahl von Fernsprechern zur Verbindung entlegener Orte mit dem Reichstelegraphennetz benutzt, doch dauerte es bis zum Jahre 1881, ehe sich, dank den Bemühungen Stephans und Rathenaus, eine größere Anzahl von privaten Teilnehmern entschloß, sich des Fernsprechers zu bedienen. Von da an ging die Entwicklung des Fernsprechwesens in Deutschland mit raschen Schritten vorwärts.

Dieser Bericht muß sich darauf beschränken, von den weiteren, sehr anregenden Ausführungen von Dr. Feyerabend nur kurz das Hauptsächlichste zu erwähnen. Sie umfaßten die Entwicklung der Umschalteinrichtungen, der Zentralbatterieanordnung und des Selbstanschlußbetriebes. In der Einführung des *Selbstanschlusses*, der, amerikanischen Ursprunges, von Siemens & Halske weiter ausgebildet ist, steht Deutschland an der Spitze aller europäischen Länder und übertrifft auch, was das Verhältnis zur Gesamtzahl der Anschlüsse betrifft, die Vereinigten Staaten. In Deutschland sind rd. 400 000 Teilnehmer, d. s. 25 vH, an Selbstanschlußämter angeschlossen, in Amerika nur 15 vH. Die vollständige Umstellung auf den Selbstanschlußbetrieb wird im Gebiete der Deutschen Reichspost voraussichtlich noch 10 bis 12 Jahre beanspruchen.

Einen andern bedeutsamen Fortschritt brachte der Ersatz der oberirdischen Leitungen durch unterirdisch verlegte Kabel. Hierdurch ist die Betriebsicherheit erhöht, das Straßenbild bedeutend verbessert und die Anlagekosten sind verringert worden. Auf dem Gebiete der Ferntelephonie hat die Verwendung der Pupinspulen und neuerdings der Einbau von *Röhrenverstärkern* einen großen Fortschritt gebracht und es möglich gemacht, auf jede Entfernung in Europa und noch weit darüber hinaus die Sprache einwandfrei zu übertragen. In dem Ausbau des Fernkabelnetzes steht Deutschland unter den europäischen Staaten wiederum an führender Stelle. Die Gesamtlänge der deutschen Fernkabel ist seit 1920 von 298 km auf 7000 km im Jahre 1926 angewachsen. Den Schluß des Vortrages bildeten statistische Angaben über die Ausbreitung des Fernsprechwesens in verschiedenen Ländern und Städten.

Auf diesen Vortrag folgte der Bericht des Generalsekretärs *Schirp* über die Tätigkeit des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit der letzten Jahresversammlung, insbesondere über die der Jahresversammlung vorgelegten Vorschriften und Normen aus dem Gebiet der Elektrotechnik. Daran anschließend wurden geschäftliche Angelegenheiten erledigt, wie Ersatzwahlen zu Vorstand und Ausschuß[1]). Hierüber ist zu erwähnen, daß Generaldirektor Max *Krone*, Dortmund, Mitglied des Vorstandes des Vereines deutscher Ingenieure, zum Vorsitzenden des VDE gewählt wurde.

Der Vormittag des 2. Juli war der noch nicht vollkommen gelösten Frage der

Spitzendeckung in Großkraftwerken

gewidmet. Die Wichtigkeit dieses Problems wurde den Besuchern schon durch das Modell des Belastungsgebirges der Bewag für 1926 vor Augen geführt, das in der Vorhalle des Theaters aufgestellt war. Die Dezemberspitzen zeigen 250 000 kW (9^h) und 300 000 kW (17^h), wogegen die mittlere Dezemberbelastung von 6 bis 24^h nur etwa 140 bis 150 kW betrug.

Als erster behandelte dieses Thema der Generaldirektor der Aktiebolaget Vaporackumulator, Stockholm, Dr.-Ing. Johannes *Ruths*. Seit den ersten Jahren nach dem Kriege, so führte der Vortragende aus, in denen die Belastungsspitzen der Großkraftwerke künstlich niedergehalten wurden, hat sich ein bedeutendes Anwachsen der Spitzen gegenüber der Grundbelastung bemerkbar gemacht. Wenngleich die Technik in der Verbesserung der Wärmewirtschaftlichkeit der Betriebsmittel hervorragende Fortschritte gemacht hat, so sind diese jedoch für die Frage der wirtschaftlichen Spitzendeckung von gänzlich nebensächlicher Bedeutung. Die neuzeitlichen Hochdruckkessel haben so gut wie gar kein Speichervermögen, und die vielstufigen Turbinen sind gegen Belastungsschwankungen empfindlich und nicht geeignet, schnell in Betrieb genommen zu werden. Es kommt für die Spitzendeckung nicht darauf an, wirtschaftlich arbeitende, sondern billige Betriebsmittel zu schaffen. Denn deren Benutzungsdauer ist so gering — die oberen 50 vH der Höchstleistung ergeben einen Energieverbrauch im Jahre, der nur etwa 3 bis 5 vH der gesamten jährlichen Energieerzeugung beträgt —, daß der Brennstoffverbrauch für die Spitzendeckung gegenüber dem gesamten Brennstoffverbrauch eines Kraftwerks vernachlässigt werden kann. Die Stromerzeugungskosten während der Spitze werden fast ausschließlich durch den Kapitaldienst bestimmt, während der Einfluß der Brennstoffkosten ganz verschwindend ist.

Von diesem Gesichtspunkt aus wurden verschiedene Wege zur Spitzendeckung betrachtet mit dem Ergebnis, daß der *Ruths-Speicher* mit Spitzenturbine bei weitem das geeignetste Mittel zur Spitzendeckung darstellt[2]). Bei der Ruths-Speicheranlage wird der überschüssige im Kessel erzeugte Frischdampf, der nicht zum Betrieb der Grundlastturbine gebraucht wird, selbsttätig in den Dampfspeicher übergeführt, um jederzeit zum Antrieb der an den Speicher angeschlossenen Spitzenturbine zur Verfügung zu stehen. Der Ruths-Speicher ermöglich dadurch auch die Füllung der Täler der Kesselbelastung; während der Zeiten niedriger Belastung können mehrere Kessel zum Speisen der Speicher in Betrieb gehalten werden. Die Anlagekosten betragen 120 bis 140 ℳ/kW der zu deckenden Spitzenleistung, d. h. im allgemeinen nur etwa die Hälfte der Anlagekosten eines neu zu erbauenden Dampfkraftwerkes.

Schließlich wurde an der Hand von Beispielen ausgeführter Anlagen die Verwendbarkeit des Ruths-Speichers erläutert.

Anschließend an diesen Vortrag sprach Prof. Dr.-Ing. E. h. Ernst *Reichel*, Charlottenburg, über *hydraulische Speicherung*. Im Eingang erwähnte der Vortragende die Tatsache, daß es nur wenige Wasserkraftwerke gibt, bei denen eine Aufspeicherung der natürlich zufließenden Wassermengen möglich ist, die also Spitzenkraftwerke mit natürlichem Zufluß darstellen; in den meisten Fällen muß man das überschüssige Wasser unausgenutzt abfließen lassen. Um dann die während der Nachtstunden überflüssige Energie zu verwenden und dadurch die Grundbelastung zu erhöhen, kann man mit dem Abfallstrom Pumpen antreiben und das Wasser in ein benachbartes hochgelegenes Speicherbecken pumpen, dem es zur Deckung der Spitzenbelastung wieder entnommen wird[3]). Um die Speicherbecken klein zu halten, wird man nach einem möglichst großen Gefälle streben, man ist also an bergige Gegenden gebunden.

Der mechanische Wirkungsgrad der Speicheranlagen ist gering; er beträgt 40 bis 60 vH. Die Anlagekosten der zusätzlichen Speicher betragen bei Wasserkraftanlagen mit natürlichem Zufluß je nach Größe des Beckens und der örtlichen Verhältnisse etwa 60 bis 240 ℳ/kW. Bei Dampfkraftwerken stellen sich die Anlagekosten im allgemeinen höher; bei dem Plan des Kommunalen Elektrizitäts-Werkes Mark in Hagen, für das die Errichtung eines hydraulischen Speicherwerkes auf einem vom Kraftwerk nur 500 m entfernten Hügel geplant wird, rechnet man mit 370 ℳ/kW. Zum Schluß brachte der Vortragende noch Angaben über verschiedene im Bau befindliche und geplante hydraulische Speicheranlagen.

Es folgte ein Vortrag von Reg.-Baumeister a. D. *Berdelle*, Berlin, über den Belastungsausgleich durch *elektrische Speicherbatterien*, die älteste Form der Energiespeicherung in Kraftwerken. Von den vielen im Lauf der Zeit aufgestellten Akkumulatorenbatterien verschwand ein großer Teil während des Krieges und der Inflationszeit, und in den folgenden Jahren fehlten die Mittel zur Neubeschaffung. Später, als die Notwendigkeit des Spitzenausgleiches erkannt wurde, griff man in vielen Fällen auf die Akkumulatoren zurück. Bei richtiger Bemessung der Batterie stellen sich die Anschaffungskosten auf etwa 365 bezw. 400 ℳ/kW für Gleichstrom- bezw. Drehstromspeicherung.

Die Vorzüge der Akkumulatorenspeicherung liegen in ihrer Einfachheit, hohen Überlastbarkeit, dauernden Betriebsbereitschaft, der Möglichkeit, die günstigste Ausnutzung der gesamten Erzeugungs- und Verteilanlagen herbeizuführen, geringen Ausbesserkosten und schließlich noch in der Unabhängigkeit von örtlichen Verhältnissen, die es gestattet, die Batterie jeweils am günstigsten Punkte des Verteilnetzes aufzustellen. An dem Beispiel eines mittleren Elektrizitätswerkes wurde dargelegt, daß sich durch die Anlage einer Speicherbatterie gegenüber dem Einbau eines Spitzen-Dampfkraftwerkes beträchtliche Ersparnisse erzielen lassen.

Als letzter sprach Obering. M. *Gercke*, Augsburg, über Spitzendeckung mit *Großdieselmotoren*. Nachdem man mit Dieselmotoren mittlerer Leistung als Ma-

[1]) Die Beschlüsse sind in der ETZ Bd. 48 (1927) S. 1089 veröffentlicht.

[2]) s. a. Z. Bd. 66 (1922) S. 509 u. f.

[3]) Vergl. Z. Bd. 68 (1924) S. 1161 u. f.



schinen für Spitzendeckung und augenblickliche Bereitschaft gute Erfahrungen gemacht hatte, entschlossen sich die Hamburgischen Electricitätswerke, A.-G., für ihr Werk Neuhof eine Großdieseldynamo zu verwenden. Dies ist die erste Großdieselanlage zur Spitzendeckung[4]). Sie hat sich bisher vorzüglich bewährt und ist in jeder Beziehung einwandfrei gelaufen. Während der normalen Arbeitzeiten dauert es etwa 4 min nach Empfang des Signals zur Inbetriebsetzung, bis der Maschinensatz an das Netz angeschlossen werden kann. Die Anlagekosten betragen hier einschließlich des Gebäudes und des gesamten Zubehörs etwa 300 ℳ/kW. Bei Verwendung von raschlaufenden kompressorlosen Dieselmotoren erniedrigen sich diese auf rd. 200 ℳ/kW. An einem Beispiel wurden die durch ein Dieselmotoren-Spitzenwerk erzielten Ersparnisse erläutert und gezeigt, daß sich in dem betrachteten Falle die Anlage in etwa 5¼ Jahren voll bezahlt macht. Zum Schluß wurden Richtlinien für den Bau von Dieselanlagen aufgestellt.

An der Aussprache, die sich an den Vortrag anschloß, beteiligten sich Ministerialdirektor Dr. Gleichmann, Berlin, Direktor Peucker der Elektrowerke, Berlin, Oberingenieur Gleichmann, Berlin, Direktor Rehmer der Bewag, Berlin, Direktor Mattersdorf, Hamburg. Die Aussprache ergab, daß die verschiedenen Mittel zur Kraftspeicherung alle zum Ziele führen; doch wird man im Einzelfall genau erwägen müssen, welcher Art der Speicherung der Vorzug zu geben ist, und die Wahl wird je nach den örtlichen und Betriebsverhältnissen und einer Reihe andrer Umstände verschieden ausfallen.

Das Programm der Nachmittagssitzungen war sehr reichhaltig. Es umfaßte die Gebiete der Kraftwerke, Kraftübertragung, Maschinen und Transformatoren, Industrieanlagen, Fernmeldetechnik, Elektrophysik, Installationstechnik. Die Vortragenden berichteten in knapper Form über die neuesten Fortschritte in Industrie und Forschung.

Von den technischen Besichtigungen ist zu sagen, daß sie Gelegenheit boten, verschiedenartige Werke, wie die Deutschen Werke A.-G., Anschütz & Co., Neumühlen, Kraftwerk Wik, Schleusenanlage Holtenau und Funksprucheinrichtung Friedrichsort, Fried. Krupp Germaniawerft, A.-G., und auch einige Kriegsschiffe zu besichtigen.

[N 678] Wgm.

[4]) s. Z. Bd. 70 (1926) S. 818 u. 1109.

Maschinenteile

Bemessung leichter Vorgelegewellen

Man ist in bezug auf konstruktive Durchbildung und Beanspruchung von Lagern, Kupplungen usw. in den letzten 25 Jahren einen großen Schritt vorwärts gekommen, während merkwürdigerweise die Berechnungsunterlagen für Wellen sich in ihrer alten Form bis heute erhalten haben. So kommen z. B. für ein leichtes Vorgelege, sei es nun ein Abtrieb von einer Haupttransmission, ein kleiner Gruppenantrieb oder ein Motorvorgelege, als Unterlagen für die Bemessung der Wellen neben Erfahrungswerten in den meisten Fällen die beiden Tafeln in Betracht, die in jedem technischen Handbuch zu finden sind. Nur in besonderen Fällen, z. B. bei Trieben mit hoher Umlaufzahl oder ungünstiger Lage, wird man auf Biegung und Verdrehung nachrechnen. Diese beiden Tafeln[1]), die schon vor mehr als 25 Jahren aufgestellt sind, galten ursprünglich nur für gewöhnliches Walzeisen und werden heute für Stahlwellen angewandt, obwohl diese gegenüber dem alten Werkstoff etwa 50 vH höhere Festigkeit aufweisen. Allerdings besagt eine Fußnote, daß leichte und kurze Triebwerkwellen wesentlich höher beansprucht werden können, was jedoch meistens, wie die Erfahrung lehrt und die Anlagen zeigen, unterbleibt.

Für die erste Zahlentafel ist eine gleichmäßige Verdrehungsbeanspruchung von $k_d = 120$ kg/cm² für alle Wellendurchmesser zugrundegelegt, obwohl nach Bach unter Berücksichtigung der Föpplschen Überlegung schon für besten Stahl und richtungwechselnde Belastung für k_d 600 kg/cm² zugelassen ist[2]). Mit Rücksicht auf die freie Wellenlänge zwischen zwei Lagern und der aus Riemen- und Seilzügen sich ergebenden Wellendurchbiegung jedoch wurde die zulässige Verdrehungsbeanspruchung derart niedrig gehalten. Der Wellendurchmesser gemäß der Tafel entspricht der Formel $d = 14{,}4\sqrt[3]{\frac{N}{n}}$.

Die zweite Tafel ist auf dem Gedanken aufgebaut, daß für lange Transmissionsstränge die Gefahr von Verdrehungsschwingungen besteht — tatsächlich können bei periodischen Kraftschwankungen Unterschiede der Umlaufzahlen von 10, 15 vH und mehr zwischen den beiden Strangenden auftreten. Diese so zu dämpfen, daß sie sich nicht auswirken können, hat man eine größte zulässige Verdrehung der Welle von ¼° auf 1 m Länge festgelegt. Die Werte dieser Tafel entsprechen der Formel $d = 12\sqrt[4]{\frac{N}{n}}$. Wie die Überlegung zeigt, nimmt mit kleiner werdendem Wellendurchmesser die Verdrehungsbeanspruchung ebenfalls ab, derart, daß eine Welle mit 25 mm Dmr. laut Tafel nur mehr mit $k_d = 43$ kg/cm² belastet wird. Nachdem nun aber die langen Transmissionsstränge immer seltener werden, von den Gruppen- und Einzelantrieben teilweise verdrängt werden und für leichte Vorgelegewellen, um die es sich hier handelt, die Tafel von vornherein ausscheidet, tritt daher die Daseinsberechtigung der Tafel mehr und mehr in den Hintergrund; denn leichte, kurze Wellenleitungen mit ihren kleinen umlaufenden Massen neigen auch bei hohen Drehzahlen nicht zu Verdrehungsschwingungen. Die Resonanzschwingungen jedoch können dann durch kurze Lagerabstände unterbunden werden.

Es sind bereits Arbeiten im Gange, die die bis jetzt größtenteils theoretisch erfolgte Behandlung der Wellenfrage durch Auswertungen von Dauerversuchen, die von größter Bedeutung sind, ergänzen sollen. Ob und wieweit die bisherigen Ansichten über Biege- und Verdrehungsbeanspruchung aufrecht erhalten bleiben können, wird sich hiernach zeigen. Da jedoch der Zeitpunkt der Veröffentlichung noch nicht festliegt, sei durch nachstehende Überlegungen versucht, einen vorläufigen Ausweg zu finden.

Es hat sich erst eine der Triebwerke bauenden deutschen Firmen entschlossen, in ihren Katalogen Berechnungsunterlagen anzugeben, die für Stahlwellen zeitgemäß bemessene Beanspruchungen zulassen. Die Tafel bringt Zahlen, denen ein Wert für k_d von 315 kg/cm² zugrunde gelegt ist, nach der Formel $d = 9{,}6\sqrt[3]{\frac{N}{n}}$.

Zum Vergleich hiermit sei angegeben, wie sich verschiedene andre Länder zu der Frage der Wellenberechnung stellen. In Holland hat die Hoofdkommissie voor de Normalisatie in Nederland versucht, die beiden Gedanken des größten zulässigen Verdrehungswinkels und der größten zulässigen Verdrehungsbeanspruchung zu vereinigen in der Formel $d = 11{,}4\sqrt[3,5]{\frac{N}{n}}$ und damit brauchbare Werte erhalten.

Für sehr leichte und stoßfreie Triebe ohne nennenswerte Biegungsbeanspruchung können die Werte der Tafel bis zu 60 vH überschritten werden. Im ersten Fall ist für eine Welle von 25 mm Dmr. für k_d 80 kg/cm², im zweiten Falle 130 kg/cm² zugelassen.

In Amerika nimmt man auf den Verdrehungswinkel keine Rücksicht, ja, man geht mit der zulässigen Verdrehungsbeanspruchung nach unseren Anschauungen sehr weit. Es gibt drei Tafeln, deren Übertragungswerte sich wie 4 : 6 : 10 verhalten, mit $k_d = 170$, $k_d = 270$ und $k_d = 420$ kg/cm² für schwere und schwerste, normale und leichte Beanspruchungen. Es sei dahingestellt, ob derartige Beanspruchungen nicht die Lebensdauer der Wellen zu sehr verkürzen; aber anderseits Anlagen zu schaffen, die nicht für die Ewigkeit bestimmt sind, dies jedoch ihrer Sicherheit nach zu sein scheinen, ist unter den heutigen wirtschaftlichen Verhältnissen ein Luxus.

Es ist natürlich nicht gleichgültig, ob eine Welle mit 200 oder 2000 Uml./min bei gleicher Verdrehungsbeanspruchung läuft; denn im letzten Fall, unter gleichen Betriebsverhältnissen, altert die Welle zehnmal schneller. Hierüber werden später die im Gange befindlichen Untersuchungen Auskunft geben.

In Abb. 1 ist die neue deutsche Berechnungsart mit den alten deutschen sowie amerikanischen und holländischen für normale und größte Belastungen verglichen.

Der Maßstab der Ordinate ist zwecks größerer Deutlichkeit unterteilt, für 25 bis 40 mm Wellendurchmesser ist er fünfmal größer als für 40 bis 70 mm Wellendurchmesser. Alle Werte gelten für $n = 100$ Uml./min.

Den wirtschaftlichen Vorteil der neuen Berechnung gegenüber der bisherigen zeigt das folgende Beispiel: Ein Vorgelege, 5000 mm lang, in Hängelagern mit 500 mm Ausladung, soll bei ruhigem Betrieb 22 PS mit 300 Uml./min übertragen.

Nach der alten Tafel 2 (zulässiger Verdrehungswinkel ¼°) ergibt sich ein Wellendurchmesser von 65 mm, der, da dieses Maß den DINormen nicht entspricht, auf 70 mm geändert wird. Dies macht nicht viel aus, da die gleiche Lagerbauart für diese Bohrungen verwendet wird. Die Lagerentfernung ergibt sich nach der Hütte mit 2000 bis 2500 mm, je nach Lage der Scheiben.

[1]) „Hütte", 25. Aufl., II. Bd. S. 129 u. 130.
[2]) „Hütte", 25. Aufl., I. Bd. S. 560.



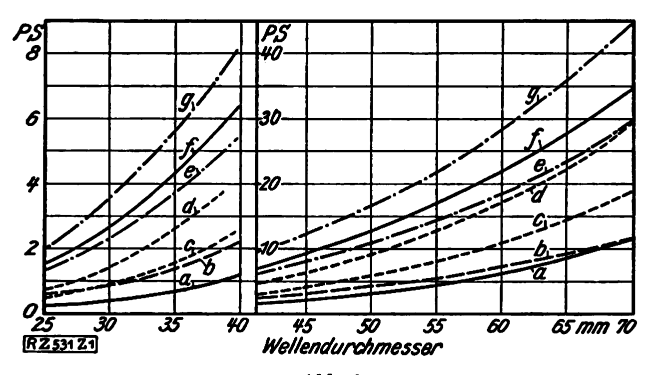


Abb. 1
Verschiedene Berechnungsarten leichter Vorgelegewellen bei normalen und größten Belastungen und $n = 100$ Uml./min

a Werte der deutschen Tafel für gleichbleibenden Verdrehungswinkel $\frac{1}{4}°$
b Werte der deutschen Tabelle für gleichbleibende Verdrehungsbeanspruchung $k_d = 120$ kg/cm²
c normale holländische Beanspruchungen
d höchste " "
e normale amerikanische Beanspruchungen
f neue deutsche Tafel
g höchste amerikanische Beanspruchungen.

Nach der neuen Tafel, die $k_d = 315$ kg/cm² zuläßt, findet man einen Wellendurchmesser von 40 mm, für diesen ergibt sich der Lagerabstand mit 1500 bis 1750 mm.

In dem einen Fall braucht man also für eine Welle von 70 mm Dmr. und 5000 mm Länge 150 kg, für drei Hängelager von 70 mm mit 500 mm Ausladung rd. 140 kg, insgesamt 290 kg, oder bei einem nach unten abgerundeten Durchmesser von 60 mm ergibt sich entsprechend 210 kg Transmissionen.

Demgegenüber braucht man im zweiten Fall für eine Welle von 40 mm Dmr. und 5000 mm Länge 49 kg, für vier Hängelager dazu von 500 mm Ausladung rd. 61 kg, insgesamt 110 kg Transmissionen.

Ein nach den althergebrachten Tafeln bemessener leichter Wellenstrang kostet rd. 100 vH, mehr als notwendig wäre, um die ausreichende Betriebsicherheit zu erhalten. Hierzu kommt noch die laufende Ersparnis an Energie und Öl, die bei leichterer Bemessung erzielt wird.

Berlin-Karlshorst [M 531]
Dipl.-Ing. v. Tauffkirchen-Wiedamann.

Energieumformer

Schwinggerät für medizinische Zwecke

Der Verwendungszweck des im folgenden beschriebenen Gerätes liegt auf medizinisch-hygienischem Gebiet. In ihm werden sehr rasch aufeinanderfolgende Stöße (Pulsationen) von regelbarer Stärke durch unmittelbaren Antrieb, also ohne Übertragung durch Bewegungsmechanismen, hervorgerufen. Ich hatte an der Technischen Hochschule Charlottenburg Gelegenheit, die Konstruktion, die von Dr. med. Dreuw (Berlin) ausgearbeitet worden ist, auf ihre Wirkungsweise hin zu untersuchen.

Das Gerät, Abb. 2, besteht im wesentlichen aus einem doppelwandigen Gußstück, oben glockenartig geformt, unten zylindrisch, das mit Zu- und Abflußstutzen versehen ist und durch eine 3 mm dicke, sehr elastische Gummimembran, die über den oberen Teil gespannt ist, abgedeckt wird. Der Zuflußstutzen wird an eine gewöhnliche Druckwasserleitung angeschlossen, der andre Zapfen erhält einen 1½ m langen Schlauch, der das abfließende Wasser aufnimmt und fortführt. Das Mundstück enthält in seinem oberen Teil vier symmetrisch zur Achse angeordnete Bohrungen *a* von 2,5 mm Dmr., die den glockenförmigen Hohlraum des Gußstücks an seiner höchsten Stelle mit dem Außenraum verbinden. Das Druckwasser indessen, das vom Zuflußstutzen in den Hohlraum gelangt, tritt durch diese Bohrungen nicht ins Freie, sondern wird durch die darüber gespannte Membran *b* gezwungen, diese zu heben, um über den obersten Rand des Mundstücks bei *c* in den weiten, nach unten trichterförmig verengten Abflußquerschnitt zu gelangen.

Wird das Gerät an eine gewöhnliche Wasserleitung angeschlossen, so beginnt die Membran zu schwingen. Ersetzt man die normale, etwa 3 mm dicke Gummimembran durch dünneren, äußerst dehnbaren Gummi, dessen Bewegungen man dank der größeren Amplitude bequem mit den Augen beobachten kann, so zeigt sich folgendes bis zum Eintritt der Schwingungen. Bei vorsichtigem Öffnen des Wasserhahnes füllt sich zunächst der Raum unter der Membran mit Wasser (indem die Luft über den Rand bei *c* in den Abfluß entweicht). Bei steigendem Drucke wird sodann der gewölbte Teil der Membran immer stärker nach außen gedrängt, schließlich tritt ein kritischer Punkt ein, wo der mittlere Teil abgehoben wird, die Membran ihre Ruhelage verläßt und in rasche Schwingungen gerät, die sich als Auf- und Abwärtsbewegungen mit großer Amplitude und Stärke darstellen.

Eine nähere Betrachtung der wesentlichen Teile des Gerätes zeigt, daß das Zustandekommen der Membranbewegung durch Ventilwirkung zu erklären ist. Die Membran, die im Ruhezustand auf dem kreisförmigen Rande *c c* aufliegt, trennt den durch die vier Bohrungen *a* gebildeten Zuflußquerschnitt von der Öffnung des Abflußstutzens; das durch *a* unter die Membran tretende Druckwasser kann nur dann in den Abfluß gelangen, wenn die Membran sich hebt und bei *c c* einen ringförmigen Spaltquerschnitt freigibt, dessen Größe unmittelbar verhältnisgleich der Membranerhebung zunimmt. Der Abflußquerschnitt ist also entsprechend der Membranbewegung veränderlich, während der Querschnitt der zufließenden Wassermenge gleichbleibt. Soll genau so viel Wasser abfließen wie zufließt, so müssen beide Querschnitte gleich sein. Eine einfache Rechnung zeigt, daß diese Bedingung für eine Membranerhebung $x = 0,33$ mm erfüllt ist. Wird x durch Drucksteigerung (Regeln am Wasserhahn) vergrößert, so muß die bei *c* in 1 s überfließende Wassermenge plötzlich größer werden als die bei *a* eintretende, d. h. bei *c* tritt gegenüber *a* eine Druckverminderung ein, die Membran fällt zusammen. Dadurch sinkt x unter den Wert 0,33 mm, es tritt von neuem Druckerhöhung ein, die Membran wird hochgeschleudert usw.

Zur Nachprüfung der angeführten Überlegungen wurden umfangreiche Versuche angestellt, aus denen die Richtigkeit der vorgetragenen Auffassung hervorgeht. Insbesondere läßt sich durch Versetzen der Öffnungen *a* leicht nachweisen, daß keinesfalls eine „Strahlwirkung" vorliegt, d. h. daß Strahldruck als Schwingungserreger nicht in Frage kommen kann. Änderungen in der Form des Mundstücks haben auf die Ausbildung der Ventilwirkung nur dann einen Einfluß, wenn sich nicht an den Druckwasserraum unmittelbar der ganze Abflußquerschnitt anschließt, so daß das Druckwasser sofort Atmosphärendruck annehmen kann.

Mit Hilfe einer Versuchseinrichtung war es möglich, den zeitlichen Verlauf der Membranbewegung filmphotographisch festzuhalten. Abb. 3 und 4 zeigen die Bewegung des Membran-Mittelpunktes in Abhängigkeit von der Zeit als Begrenzung einer hellen Fläche auf dunklem Grunde.

Aus der darüber gezeichneten Schwingungslinie einer geeichten Stimmgabel läßt sich die Frequenz der Membran-Schwingung ermitteln. Sie beträgt für Abb. 3 110 Per./s, für Abb. 4 52 Per./s. Die Aufnahme nach Abb. 3 stellt eine Schwingung mit sehr kleiner Amplitude (bei geringem Druck) dar, Abb. 4 entspricht dem normalen Betrieb bei vollem Druck. Die 16 Aufnahmen, die insgesamt gemacht wurden, zeigen im wesentlichen die Form der Abb. 4, nur unterschieden durch Frequenz und Größe der Ausschläge.

Die annähernd reine Sinusschwingung von Abb. 3 entspricht dem, was man (nach dem oben Gesagten) zunächst erwarten sollte; daß sie nur bei sehr kleiner Amplitude erhalten wird und daß die normale Schwingung die verwickelte Form von Abb. 4 annimmt, erklärt sich daraus, daß wir es nicht mit einem ebenen, starren Ventilteller zu tun haben, sondern mit einer körperlichen, überall dehnbaren Membran.

Die Versuche werden unter Berücksichtigung weitergehender mehr theoretischer Fragen zur Deutung der Schwingungsform, insbesondere zur Klärung der energetischen Zusammenhänge zwischen Erregung und aufnehmendem Ener-

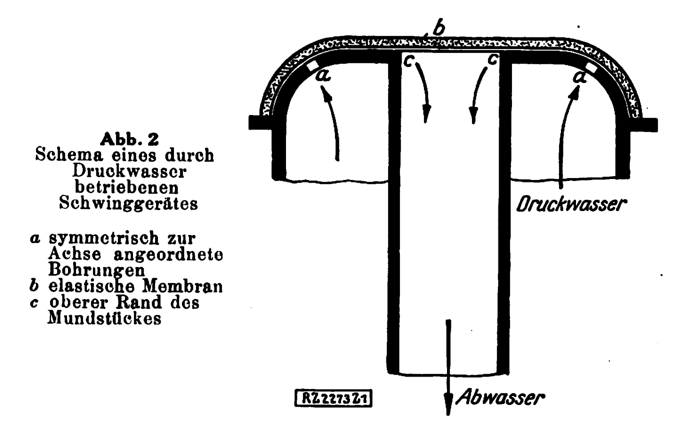


Abb. 2
Schema eines durch Druckwasser betriebenen Schwinggerätes

a symmetrisch zur Achse angeordnete Bohrungen
b elastische Membran
c oberer Rand des Mundstückes



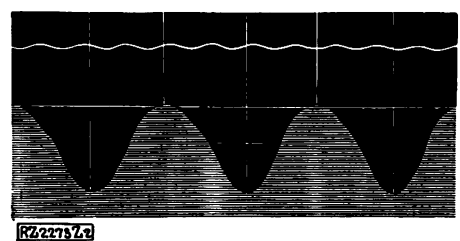


Abb. 3. 110 Per./s

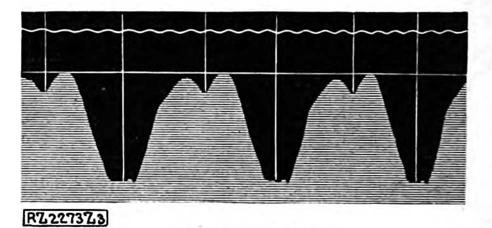


Abb. 4. 52 Per./s

Abb. 3 und 4
Bewegung des Membranmittelpunktes in Abhängigkeit von der Zeit, aufgetragen als Begrenzung einer hellen Fläche auf dunklem Grunde

giespeicher (der Membran) gegenwärtig fortgesetzt. Über den praktischen Teil der Konstruktion läßt sich sagen: Der Vorteil der Anordnung besteht darin, daß die Druckwasserenergie einer gewöhnlichen Wasserleitung unmittelbar in pulsierende Auf- und Abwärtsbewegungen von sehr rascher Folge (50 bis 100 Per./s) umgesetzt werden kann. Durch einen Aufsatz ist es möglich, die Bewegung der Membran auf einen Kolben zu übertragen, der die äußere Arbeit leistet.

Berlin [M 2273] Dipl.-Ing. H. J. Günther

Kleine Mitteilungen

Zwischenüberhitzung durch Frischdampf

In nächster Zeit wird die erste amerikanische Turbine, die mit Zwischenüberhitzung durch Frischdampf arbeitet, im Crawford Avenue-Kraftwerk in Betrieb genommen werden. Es handelt sich um eine 90 000 kW-Turbine der General Electric Co., deren Hochdruckteil 35 000 kW und deren Niederdruckteil 55 000 kW leistet. Der Anfangsdruck beträgt 38,5 at, die Anfangstemperatur 385 °. Der aus dem Hochdruckteil austretende Dampf wird durch Frischdampf wieder auf 240 bis 250 ° überhitzt. Der wesentliche Vorteil dieses Verfahrens ist die Ersparnis an Anlage- und Ausbesserkosten sowie die völlig gleichmäßige Temperatur des überhitzten Dampfes, die nur von der Sattdampftemperatur des Frischdampfes abhängt. Ein Nachteil ist die verhältnismäßig geringe Überhitzung; da aber in diesem Falle der Dampf bis zur letzten Stufe im Überhitzungsgebiet bleibt und auch in der letzten Stufe die Sattdampfgrenze kaum unterschreitet, so genügt diese geringe Überhitzung und die wirtschaftlichen Vorteile überwiegen den thermischen Nachteil. („Power" 23. August 1927 S. 288)
[N 805 b] Pt.

Einzylinder-Großdieselmotor

Die Fiat-Werke, Turin, haben seit mehr als Jahresfrist auf ihrem Prüfstand einen Einzylinder-Großdieselmotor im Betrieb, der als doppeltwirkende Zweitaktmaschine mit Lufteinspritzung arbeitet und bei 840 mm Zyl.-Dmr., 1000 mm Hub und 150 Uml./min bis zu rd. 2000 PS leisten soll. Das Kennzeichen der Bauart ist die Steuerung der durch die Zylinderschlitze eintretenden Luft mittels eines Doppelsitzventiles, das gegebenenfalls durch ein selbsttätiges Ventil ersetzt werden soll, während die günstige Führung der Luft im Zylinder durch entsprechende Neigung der Spülluftkanäle sowie der Kolbenböden erreicht werden soll. Die Laufbüchse des Zylinders besteht aus vier Teilen. In den obersten und den untersten davon sind die aus Stahlguß hergestellten Deckel so tief eingesetzt, daß die verdickten Enden der Laufbüchsen der unmittelbaren Einwirkung der Hitze entzogen werden. Die Erfahrungen mit diesem Versuchsmotor sollen bis jetzt gut sein. Der mechanische Wirkungsgrad beträgt allerdings nur rd. 75 vH, doch wird das damit erklärt, daß der Motor alle Hilfsmaschinen selbst antreibt. („The Engineer" 2. September 1927 S. 261*) [N 805 c] H.

Große Diesellokomotive

Bei Fried. Krupp A.-G., Essen, ist zur Zeit für die Boston und Maine-Eisenbahn eine Diesellokomotive im Bau, die Anfang des nächsten Jahres zur Ablieferung kommen soll. Die 2 D 2-Lokomotive wird durch einen kompressorlosen, nicht umsteuerbaren Viertaktmotor von 1400 PS mit sechs Zylindern angetrieben, der auf die vier Treibachsen über eine hydraulische Anfahrkupplung und ein vierstufiges Zahnrädergetriebe mit besondrer Umsteuerung für die Rückwärtsfahrt wirkt. Die Zugkraft bei der ersten Schaltstufe des Getriebes soll 23 t, die größte Fahrgeschwindigkeit 96 km/h betragen. Die Lokomotive, die auf zwei Drehgestellen läuft, ist also sowohl für Güter- als auch für Personenzüge geeignet. [N 805 h]

1 E 1-Lokomotive mit Satteltank

Die American Locomotive Co. hat jüngst für die Minarets und Western-Bahn eine 1 E 1-Lokomotive gebaut, deren Wasser-Vorratsbehälter als Satteltank ausgebildet, d. h. oben und an den Seiten um den Kessel herumgelegt ist. Man nutzt auf diese Weise den Platz über dem Kessel gut aus, erschwert aber dem Führer die Sicht über die Strecke. Bereits früher sind 1 D 1-Lokomotiven mit Satteltank auf der Strecke der Minarets und Western-Bahn erfolgreich gelaufen.

Die neue 1 E 1-Lokomotive übt 24 000 kg Zugkraft aus bei 275 m² Gesamtheizfläche, 120 t Gewicht und 16 at Kesseldruck. [N 805 d] Gsl.

Versuche mit Lokomotivsteuerungen

Unlängst wurden bei der London-Midland and Scottish Railway Vergleichversuche zwischen einer mit Beardmore-Caprotti-Steuerung und einer mit gewöhnlicher Steuerung ausgerüsteten 2 C-Heißdampflokomotive ausgeführt. Die Versuche, die sich auf der Strecke Crewe—Euston und zurück an verschiedenen Tagen abspielten, ergaben einen mittleren Kohlenverbrauch von 20,2 g/tkm für die mit Beardmore-Caprotti-Steuerung ausgerüstete Lokomotive und 28 g/tkm für die andre. („Engineering" 2. September 1927 S. 292*) [N 805 e] Krs.

Einkabelige Drahtseilbahn mit selbsttätiger Fortbewegung an der Entladestelle

Durch eine besondere Vorkehrung kann man den Drahtseilbahnwagen ohne Aufenthalt an der Entladestelle entladen und somit eine menschliche Kraft für das Wiederabstoßen sparen. Da die Geschwindigkeit des Wagens auf dem Seil mit 2 m/s für ein Entladen ohne Unterbrechung der Fahrt zu groß ist, wird der Wagen um das Umkehrrad der Entladestelle über eine Schiene geführt. Zur Fortbewegung dient hier eine Gliederkette, die ihren Antrieb durch eine besondere Übersetzung vom Antriebrad des Zugseiles erhält. Gegen diese Kette wird durch Federwirkung ein nur in einer Richtung drehbares Rad mit entsprechenden Aussparungen am Umfang gedrückt, das freihängend am Fahrgestell des Drahtseilbahnwagens angebracht ist.

Die Reibung zwischen Rad und Kette wirkt so lange bremsend, bis auch der Wagen die Geschwindigkeit von 0,2 m/s angenommen hat, bei der die Entleerung stattfindet. Sodann wird der Wagen von der Kette mitgenommen. Nachdem die Kette sich wieder vom Rad gelöst hat, erhält die Führungsschiene kurz vor dem Ende der Umkehrstelle eine Abwärtsneigung, so daß der Wagen mit erhöhter Geschwindigkeit auf das Seil gelangt.

Die Einrichtung ist bei einem englischen Bergwerk in Betrieb, von dem die Drahtseilbahn mit 75 Wagen die Kohlen zu einer 3,2 km entfernten Eisenbahnlinie bringt. Die Wagen fassen je 0,37 t, sie folgen sich in rd. 76 m Abstand. Zum Antrieb dient ein 25 PS leistender Motor. („The Engineer" 2. September 1927 S. 262*)
[N 805 g] Sd.

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Neue Wilhelmstr. 4, bezogen werden. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 3501)

Die Bergwerksmaschinen. Herausgeg. von Hans Bansen. 3. Bd.: **Die Schachtfördermaschinen.** 2. Aufl. Bearb. von Fritz Schmidt u. Ernst Förster. 2. T.: Die Dampffördermaschinen. Von Fritz Schmidt. Berlin 1927, Julius Springer. 291 S. m. 231 Abb. Preis 15 *M*.

Mit dem vorliegenden zweiten Teile steht der erste, 1923 erschienene, von demselben Verfasser herrührende Teil in Verbindung, der die Grundlagen des Fördermaschinenwesens behandelt. Auf diesen Teil sei wegen der Mechanik der Schachtförderung, wegen der allgemeinen Anordnung und Bemessung der Fördermaschinen, wegen Seilgewichtausgleiches und Seilrutsches, wegen der Förderseile selbst, wegen der Gestaltung der Treibscheiben und Seiltrommeln, wegen der Geschwindigkeits- und Teufenzeiger usw. verwiesen.

Im zweiten Teile sind der gesamte Aufbau und die wichtigsten Einzelheiten der Dampffördermaschinen dargestellt. Voran stehen die Steuerungen, insbesondere die heut herrschenden Nockensteuerungen, deren verschiedene Bauarten eingehend dargestellt und gewürdigt sind. Weiter werden die Bremsen und die Bremsdruckregler behandelt. Eine ausführliche Darstellung haben die Sicherheits- und Regelvorrichtungen, insbesondere die Fahrtregler, erfahren. Manche der dargestellten Fahrtregler würden allerdings der neuen Bergpolizeiverordnung für die Seilfahrt nicht entsprechen, die beim Erscheinen des Buches noch nicht vorgelegen hatte. Auf Einzelheiten des Zylinderaufbaues ist besonders eingegangen. Der Gesamtaufbau der Dampffördermaschinen ist durch viele Ausführungsbeispiele veranschaulicht. Die Wirtschaftlichkeit der Dampffördermaschine ist eingehend gewürdigt. Über das einschlägige Schrifttum belehrt ein eingehendes Verzeichnis. Das Buch bietet eine gute, umfassende Übersicht über die Bestrebungen und Leistungen des heutigen Dampffördermaschinenbaues. Die Abbildungen sind gut.

[E 738] Hoffmann

Elemente des Werkzeugmaschinenbaues. Von Max Coenen. Berlin 1927, Julius Springer. 146 S. m. 297 Abb. Preis 10 *M*.

Aus der Fülle des Stoffes kann ein Buch dieses Umfangs nicht mehr als einen Abriß geben; denn die Zeit, da man die Metallbearbeitungsmaschinen in einem erschöpfenden Sammelwerk behandeln konnte, ist vorbei. Trotzdem stellt man erfreut fest, daß einige Kapitel (die Zerspanungsunterlagen, der Leistungsbedarf, die Getriebe) das Wichtigste von dem bringen, was überhaupt zu sagen ist. Die neuesten Forschungsergebnisse sind berücksichtigt, so daß man das Buch als gründlich und neuzeitlich bezeichnen kann. Einige Teile (Schleifscheiben, Pressen, Spannmittel) sind etwas dürftiger weggekommen, als erwünscht wäre; ein halbes Dutzend Seiten mehr würden diese Lücke füllen und den Preis des Buches nicht unzulässig steigern. Die Übersichtlichkeit und Lesbarkeit würde gewinnen, wenn die Kapitel besser unterteilt und die einzelnen Teile durch Sperrdruck der Kennworte hervorgehoben würden. Auch verlieren sich einige Kapitel etwas sehr in der Beschreibung von Beispielen; hier würde durch knappe Aufzählung der Gesichtspunkte am Anfang oder am Ende jedes Kapitels viel gewonnen werden.

Mit dem Satz des Vorworts: „Nachdem in den letzten Jahren die Fertigung im Vordergrunde des Interesses gestanden hat, wird es Zeit, sich wieder mehr mit der Konstruktion zu befassen", kann man sich aber nicht ganz einverstanden erklären. Im Werkzeugmaschinenbau sind Konstruktion und Anwendung (also Fertigung) so ineinander verwirkt, daß von einer zeitlichen Verschiebung beider überhaupt nicht die Rede sein dürfte. Und die Konstruktionen sind in Deutschland in den letzten zwei Jahren (in Amerika auch vorher) recht tüchtig vorwärts gekommen. Vielleicht wären gerade hier Hinweise angebracht, in welchen Punkten die Werkstattausführung der Maschinen hie und da zu wünschen übrig läßt.

Das Buch ist nicht nur den Studierenden, sondern auch den praktischen Werkzeugmaschinenleuten (Konstrukteuren und Betriebstechnikern) zu empfehlen.

[E 734] Buxbaum

Maschinen-Untersuchungen. Von Anton Staus. 1. Bd.: Hydraulik in ihren Anwendungen. 2. Aufl. Berlin 1926, Julius Springer. 196 S. m. 131 Abb. Preis 10,50 *M*.

Der Leser dieses Buches wird schon nach dem Durchlesen weniger Seiten erkennen, daß hier ein im Meßwesen erfahrener Ingenieur und ein erfahrener Lehrer zu ihm spricht. Der erste, allgemeine Teil bringt praktische Angaben über Art, Aufschreibung und Auswertung von Beobachtungen, über den Gebrauch des Planimeters, ferner Angaben über Zeitmessungen und über Bremsdynamometer (leider fehlt die in Amerika gebräuchliche und bewährte Bauart von Alden). Sehr dankenswert ist eine kurze Darstellung der Anfangsgründe der Theorie der Beobachtungsfehler und Fehlerausgleichung, die, wie der Verfasser zutreffend bemerkt, von den Maschineningenieuren noch zu wenig beachtet wird.

Im zweiten Teil werden Verfahren der Wassermessung und Leistungsversuche an Turbinen und Pumpen besprochen. Nach Ansicht des Berichterstatters wird dabei allerdings den Überfallmessungen eine zu große Genauigkeit zugetraut: die erheblichen Abweichungen der von den verschiedenen Beobachtern ermittelten Beiwerte mahnen zur Vorsicht, ebenso wie die neuerdings festgestellte Tatsache, daß Überfälle gegen ganz geringe Änderungen im Zustande des zuströmenden Wassers sehr empfindlich sein können. Daß die „Gibson-Methode" und die „Salz-Geschwindigkeitsmethode" von Allen nicht erwähnt werden, ist erklärlich, da sie in Europa bisher kaum Anwendung gefunden haben; aber der Venturi-Messer hätte wohl Berücksichtigung verdient. In ganz ausgezeichneter und die letzten Erkenntnisse berücksichtigender Weise wird die Wassermessung mit Flügeln behandelt.

Das vortreffliche Buch zeichnet sich auch durch eine sehr klare Darstellung aus, und seine Benutzung kann wärmstens empfohlen werden. [E 639] D. Thoma

Die Kraftfelder in festen elastischen Körpern und ihre praktische Anwendung. Von Th. Wyss. Berlin 1926, Julius Springer. 368 S. m. 432 Abb. u. 35 Taf. Preis 25,50 *M*.

Das vorliegende Buch ist, wie der Verfasser in der Vorrede sagt, als Fortsetzung seiner Untersuchungen der Spannungen an Knotenblechen[1]) anzusehen. Dort hatte sich gezeigt, daß die Kraftlinien (Trajektorien) einen vorzüglichen Einblick in das Arbeiten des Baustoffes geben. Hier soll nun Physikern und forschenden Ingenieuren der gesamte Stoff, der bis jetzt über die in Frage kommenden Kraftfelder vorliegt, einheitlich geordnet und zusammengestellt, an die Hand gegeben werden, um sie auf dies Gebiet hinzuweisen, das außerordentlich fruchtbar zu werden verspricht. Das Buch ist gegliedert in einen allgemeinen, einen speziellen und einen Versuchsteil.

In diesem, für die Ingenieure wichtigsten Abschnitte, werden auch die Ergebnisse einiger neuer Versuche mitgeteilt und sogar ein Verfahren zur Berechnung der Spannungen mittels der Kraftfelder entwickelt.

Bei einem Werke, das, wie das vorliegende, rein wissenschaftliche Ziele verfolgt, wäre es verkehrt, zu fragen, was kann man mit den vorgetragenen Dingen anfangen. Für den praktisch tätigen Ingenieur ist das Buch aber auch nicht bestimmt. Denn die für die Praxis fast allein wichtige Spannungsermittlung ist nach diesen Verfahren selbst da, wo die Kraftfelder mit genügender Genauigkeit angegeben werden können, noch so umständlich, daß sie für die Praxis nicht in Frage kommt. Trotzdem wäre zu wünschen, daß sich die Praktiker mehr, als es wohl der Fall sein wird, in das Buch vertiefen möchten — sie werden reiche Anregungen daraus gewinnen.

Der Verfasser hat sich unzweifelhaft ein großes Verdienst erworben, den gesamten bisher vorliegenden Stoff, der in oft schwer zugänglichen Arbeiten zerstreut war, hier übersichtlich zusammengetragen und durch eigene Arbeit theoretisch und praktisch erheblich ausgebaut zu haben. Er hat damit der Versuchsforschung neue Wege gewiesen, die sicher auch für die Praxis zu wichtigen Erkenntnissen führen werden. Es täte deshalb dem Werte des Buches keinen Abbruch, wenn sich einzelne Ableitungen oder Deutungen der Versuche nicht haltbar zeigen sollten.

[E 359] Müllenhoff

Flugzeugbau und Luftfahrt, 3. H.: **Der Bau des Flugzeuges.** Von E. Pfister. 3. T.: Rumpf und Fahrwerk. Charlottenburg 1926, Volckmann Nachf. 64 S. m. 133 Abb. Preis 2 *M*.

Flugzeugbau und Luftfahrt, 4. H.: **Grundlagen der Fluglehre.** Von E. Pfister. 1. T.: Luftkräfte. Berlin-Charlottenburg 1927, Volckmann Nachf. 87 S. m. 59 Abb. Preis 2,50 *M*.

[1]) Mitteilungen über Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, herausgegeben vom Verein deutscher Ingenieure, Nr. 262.



Im Gegensatz zu den meisten vorhandenen Luftfahrt-Lehrbüchern — von allgemeinverständlichen Werbewerken sei hier abgesehen — ist die Sammlung Flugzeugbau und Luftfahrt für einen weiteren Leserkreis, vor allem für den jungen Praktiker bestimmt; sie wird erfreulicherweise rasch fortgesetzt.

Von der ersten Reihe: „Der Bau des Flugzeuges", deren zweites Heft (Tragwerkverspannung und Leitwerk) ich hier[1]) ausführlich besprochen habe, liegt das abschließende Heft über Rumpf, Fahr- und Schwimmgestelle vor, mit vielen Skizzen, die den allgemeinen Aufbau des Flugzeuges, die verschiedenen Arten der Flügel- und Triebwerkanordnung, die Gestaltung der Rümpfe, ihre Beanspruchung und Festigkeitsberechnung, den Motoreinbau, die Kraftwirkungen, Ausbildung und Abfederung des Fahrgestells sowie der Schwimmer zur Erläuterung des Textes veranschaulichen. Auf die zahlreichen Berechnungsbeispiele im Text, in ausführlichen Zahlentafeln und im Anhang sei besonders hingewiesen.

Mit dem vierten Heft der Sammlung beginnt eine zweite Reihe, die Fluglehre in einfacher Darstellung. Zur Vorbereitung der Tragflügeltheorie und der Flugzeugmechanik (Gleichgewicht und Stabilität), die später in Heft 5 und 6 erscheinen sollen, wird zunächst die Lehre von den Luftkräften in recht klarer Form dargestellt: Luftdruck und Luftdichte; Modellmessungen im Windkanal, Luftwiderstand, Strömungsmeßgeräte, Staudruck, auch die Reynoldssche Zahl; Strömungsformen, Kräfte und Momente am Tragflügel; Lilienthals Polare, Gleitzahl und Druckpunktwanderung, sogar die Druck- und Auftriebverteilung längs der Tragflügeltiefe und Spannweite. Das alles ist, zum Teil mit ganz einfachen Rechenbeispielen, Schritt für Schritt aufgebaut in einer Form, an der auch der Sonderfachmann dieses Gebietes, trotz dieser und jener Einzelheit, die ihm änderungsbedürftig scheint, seine Freude haben kann. [E 702] Everling

50 Jahre Württembergischer Ingenieur-Verein. 1877—1927. Erinnerungsblätter zur Feier des 50jährigen Bestehens des Württembergischen Ingenieur-Vereins. 212 S.

Diese mit großer Sorgfalt zusammengestellte Schrift gibt ein erschöpfendes Bild aus dem Leben des Württembergischen Bezirksvereines des V. d. I. Darüber hinaus zeigt sie die wesentlichsten Züge aus der Technik dieses Landes, deren bedeutende Persönlichkeiten, wie Graf Zeppelin, v. Bach, v. Eyth, Maybach u. a., in irgendwelchen mehr oder weniger engen Beziehungen zum Württembergischen Bezirksverein standen. Die mit kaum zu überbietender Gründlichkeit aufgestellte Liste der Versammlungen, Vorträge, Ausflüge und sonstigen Veranstaltungen zeigt insbesondere die Vielseitigkeit in den Bestrebungen dieses Bezirksvereines und gibt andern Bezirksvereinen sicherlich manche wertvolle Anregung. Der ganzen Schrift ist zu entnehmen, daß im Württembergischen Bezirksverein mit seinen nunmehr etwa 1400 Mitgliedern ein reger Geist des Fortschrittes lebt. [E 758] Gs.

The Locomotive of to-day. London 1927, The Locomotive Publishing Co., Ltd. 316 S. m. 64 Abb. Preis 5 sh.

Das vorliegende Buch behandelt rein beschreibend die Elemente des Lokomotivbaues nach dem neuesten Stande. Es ist unter Mitwirkung von ersten Fachleuten vollständig neu bearbeitet worden und enthält folgende Hauptabschnitte: Kessel mit Armaturen, Maschine mit Laufwerk und Steuerung, Rahmen und Tender. In einem Schlußabschnitt wird auf Sonderbauarten nach Mallet, Garrat, Fairlie usw. hingewiesen. Krs.

[1]) Z. Bd. 71 (1927) S. 274.

Berechnen und Entwerfen von Turbinen- und Wasserkraft-Anlagen. Neubearb. von E. Glunk. 4. Aufl. München und Berlin 1927, R. Oldenbourg. 187 S. m. 41 Abb. Preis 10,50 *M*.

Einzelkonstruktionen aus dem Maschinenbau, 10. H. **Die Bauteile der Dampfturbinen.** Von Georg Karras. Berlin 1927, Julius Springer. 99 S. m. 143 Abb. Preis 10 *M*.

Versuchsfeld für Maschinenelemente der Technischen Hochschule zu Berlin, 7. H.: **Untersuchung von Schneckentrieben.** Von Rudolf Cruson. München und Berlin 1927, R. Oldenbourg. 27 S. m. 26 Abb. Preis 4 *M*.

Die Speisewasservorwärmung mittels Kesselabgasen. Von Curt Rühl. Wittenberg (Halle) 1927, A. Ziemsen. 276 S. m. 152 Abb. u. 30 Taf. Preis 14 *M*.

Moderne Verhüttung von Altmetallen und Rückständen. Von Richard Thews. Berlin 1927, Joachim Stern. 170 S. m. 39 Abb. Preis 21 *M*.

Die Betriebspraxis der Eisen-, Stahl- und Metallgießerei, 4. H.: **Über das Schmelzen der wichtigsten technischen Nichteisen-Metalle und Nichteisenmetall-Legierungen.** Von Willi Claus. Halle a. d. S. 1927, Wilhelm Knapp. 108 S. m. 44 Abb. Preis 6,80 *M*.

The Fatigue of Metals. Von H. F. Moore and J. B. Kommers. New York und London 1927, Mc Graw, Hill Book Company, Inc. 326 S. m. 102 Abb. Preis 4 $.

Die Schwelung von Braun- und Steinkohle. Von Adolf Thau. Zugleich 2. Aufl. von „Braunkohlenschwelöfen". Halle a. d. S. 1927, Wilhelm Knapp. 722 S. m. 411 Abb. Preis 52 *M*.

Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, 291. H.: **Untersuchungen über den Einfluß des Druckes auf die Zähigkeit von Ölen und seine Bedeutung für die Schmiertechnik.** Von S. Kießkalt. Berlin 1927, VDI-Verlag. 14 S. m. 8 Abb. Preis 3,50 *M*.

Thermodynamik und die freie Energie chemischer Substanzen. Von Gilbert Newton Lewis u. Merle Randall. Übersetzt von Otto Redlich. Wien 1927, Julius Springer. 598 S. m. 64 Abb. Preis 46,80 *M*.

Lehrbuch der praktischen Physik. Von Friedrich Kohlrausch. 15. Aufl. Leipzig und Berlin 1927, G. B. Teubner. 832 S. m. 395 Abb. Preis 26 *M*.

Die Festigkeitslehre. Ein Lehrbuch zum Selbstunterricht. Herausgeg. von Alfred Holzt. Bearb. von Paul Beckers. Leipzig 1927, Moritz Schäfer. 200 S. m. 264 Abb. Preis 8 *M*.

Mehrstielige Rahmen. Von A. Kleinlogel. 2. Aufl. Berlin 1927, Wilh. Ernst & Sohn. 448 S. m. zahlr. Beisp. Preis 30 *M*.

Statische Berechnung der Pfahl-Systeme. Von Hermann Wünsch. Stuttgart 1927, Konrad Wittwer. 127 S. m. 73 Abb. Preis 8 *M*.

Elemente des Eisenbaues. Von Alfred Striepling. Berlin 1927, Wilhelm Ernst & Sohn. 104 S. m. 136 Abb. Preis 3,80 *M*.

Mathematisch-Physikalische Bibliothek, Bd. 59/60: **Nomographie.** Von Paul Luckay. 2. Aufl. Leipzig und Berlin 1927, B. G. Teubner. 108 S. m. 57 Abb. Preis 2,40 *M*.

Fränkische Handwerkskunst: **Die Schwabacher Goldschläger.** Von H. Krauß. Schwabach 1927, Ernst Uhl. 24 S. m. versch. Abb. Preis 0,50 *M*.

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 71 SONNABEND, 24. SEPTEMBER 1927 NR. 39

Mechanische Weißwäschereien

Von Ing. Paul Liske, Düsseldorf-Rath

Der Waschvorgang — Die Maschinen der Waschküche — Die Nachbehandlung — Wäschereianlage und Wäschereibetrieb

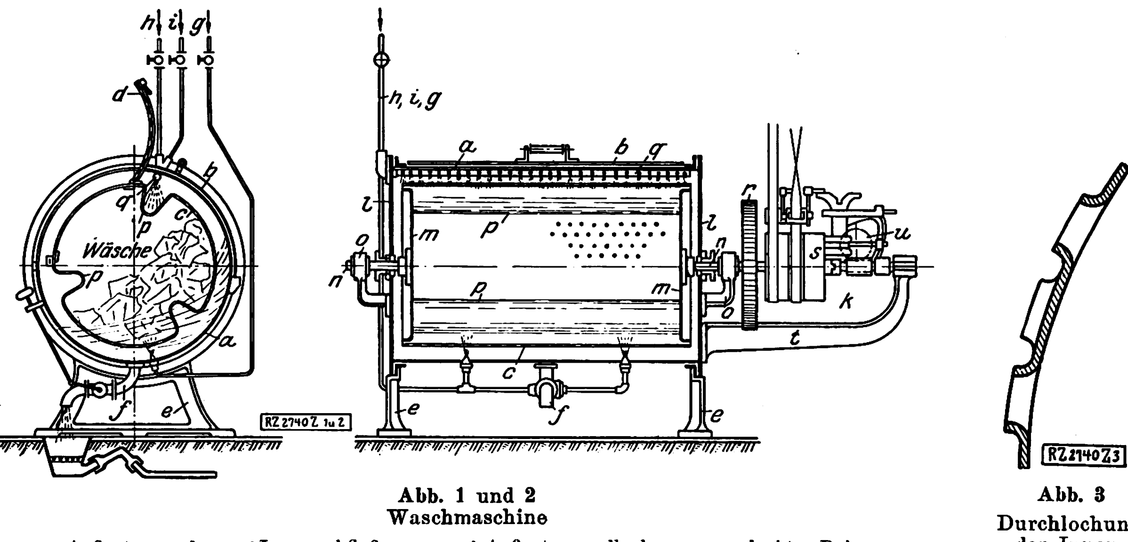


Abb. 1 und 2
Waschmaschine

a Außentrommel	*f* Laugenabfluß	*l* Außentrommelboden	*q* gelochtes Rohr
b Schiebedeckel	*g* Dampfzuführung	*m* Innentrommelboden	*r* Hauptzahnrad
c Innentrommel	*h* Kaltwasserzufluß	*n* Achsen	*s* Riemenscheiben
d Klappdeckel	*i* Warmwasserzufluß	*o* Lager	*t* Tragarm
e Füße	*k* Vorgelege	*p* Wulste	*u* Umsteuergetriebe

Abb. 3
Durchlochung der Innentrommel einer Waschmaschine

Als besonderer Erwerbzweig haben sich die gewerblichen Wäschereien herausgebildet, die in den meisten Fällen fast alle Sorten Hauswäsche bearbeiten, sich aber auch z. T. als Hauswäscherei, Feinwäscherei, Naßwäscherei, nur als Plätterei usw. betätigen. Man unterscheidet hierbei glatte Wäsche oder Mangelwäsche, wie z. B. Bettwäsche, Tischtücher, Servietten, Handtücher, ferner Leib- und Stärkewäsche, wie Hemden, Kragen, Manschetten, Vorhemden, Unterwäsche und auch Wollwäsche. Unter Naßwäschereien versteht man solche Anlagen, in denen die Wäsche nur gewaschen und handtrocken — nicht mehr tropfend — geschleudert wird; gegebenenfalls wird noch das Mangeln besorgt. Die Weiterbehandlung, besonders das Plätten, erfolgt im Haus. Die maschinelle Plätterei, womit sich die gewerblichen Wäschereien in den meisten Fällen befassen, bedarf mannigfacher Sondermaschinen.

Eine zweite Art der Wäschereien sind die Anstaltswäschereien in den Krankenanstalten, Klöstern, Heimen, Erziehungsanstalten, Waisen- und Irrenhäusern, Garnisonwaschanstalten, auch Gasthöfen usw. In diesen Wäschereien wird meist für den eigenen Bedarf gewaschen, wofür hauptsächlich glatte, also Mangelwäsche, in Frage kommt. Gasthofwäschereien gehen in neuerer Zeit auch zur Anschaffung von Plättmaschinen über, um die Wäsche der Gäste wieder in verwendbaren Zustand zu bringen.

An dritter Stelle sind noch die Neuwäschereien zu nennen. Diese Wäschereien werden in Wäschefabriken errichtet und haben den Zweck, neue Wäsche von dem bei der Fabrikation mitunter anhaftenden Schmutz und der im Leinen haftenden steifen Appretur zu befreien. Hemden- und Kragenfabriken müssen natürlich noch Wert auf eine gut ausgebaute maschinelle Plätterei legen.

Der Waschvorgang

Besonders schmutzige oder fettige Wäsche kann man in besonderen hölzernen oder gemauerten Bottichen vorweichen. Gewerbliche Wäschereien machen im allgemeinen wenig Gebrauch davon. Die erste maschinelle Behandlung ist das Waschen in den Waschmaschinen, in denen gleichzeitig gekocht und gespült wird. Krankenhäuser verwenden zum Spülen gern noch eine besondere Spülmaschine, um möglichst duftige Bettwäsche zu erhalten. Die Wäsche wird in den Waschmaschinen vollkommen rein, nur selten sind Flecke mit der Hand nachzuwaschen. Nach dem Waschen wird die Wäsche in Zentrifugen ausgeschleudert und vom größten Teil des Wassers befreit, so daß sie sich mit der Hand fast trocken — handtrocken — anfühlt. Der Wassergehalt beträgt dann nur noch etwa 20 bis 25 vH. Die der Schleuder entnommene Wäsche muß nun zwecks Weiterbehandlung in glatte Wäsche und Stärkewäsche oder Leibwäsche getrennt werden. Die glatten Stücke werden auf die Dampfmangel — bei kleinen Anlagen auch Gasmangel — gebracht und in diesen Maschinen zu gleicher Zeit völlig getrocknet und mit Glanz geplättet. Diese Wäsche ist also hiermit fertig und braucht nur noch gefaltet und verschickt zu werden.

Viel schwieriger gestaltet sich das Fertigstellen der andern Stücke. Sie werden z. T. in einer besonderen Trockeneinrichtung völlig getrocknet, müssen z. T. ver-

schieden gestärkt werden und haben dann eine große Reihe verschiedenster Plättmaschinen, teils umlaufende Maschinen, teils Pressen zu durchlaufen; sie werden teilweise auch noch mit der Hand nachgebügelt. Der Arbeitsgang für ein Herrenhemd, nach dem Waschen, ist z. B. wie folgt: Stärken der Brust, des Bündchens, der Manschetten; darauf Pressen des Nackens, des Bündchens, der Manschetten, der Brust und des Rumpfes (jeder Vorgang auf einer besonderen Maschine) und schließlich Nachplätten der Ärmelfalten und Zusammenfalten mit dem Handbügeleisen. Sind noch nicht alle Maschinen angeschafft, so gibt es natürlich noch andre Wege. In manchen Fällen muß das Hemd erst in der Trockeneinrichtung gänzlich getrocknet werden.

Die Maschinen der Waschküche

Die Waschmaschine

Die Hauptbestandteile der Waschmaschinen, Abb. 1 bis 3, sind: Außentrommel *a* mit einem Schiebedeckel *b*, Innentrommel *c* mit dem Klappdeckel *d*, zwei Füße *e*, Laugenabfluß *f*, Dampfzuführung *g*, Kaltwasserzufluß *h*, Warmwasserzufluß *i*, das Vorgelege *k* zum Antrieb der Innentrommel.

Die Außentrommel hat zylindrische Form und ist an den Enden durch glatte Böden *l* abgedichtet, die mittels Winkelringes befestigt sind. Die Außentrommel besteht fast durchweg aus verzinktem Schmiedeisen, sehr selten aus Kupfer oder Messing. Der Mantel ist etwa 2 bis 3 mm dick, der Boden rd. 5 bis 10 mm. Etwa ein Viertel des Umfangs ist als Öffnung über die ganze Länge ausgebildet und durch einen Schiebedeckel abschließbar.

Die Innentrommel, fast ausschließlich aus Kupfer, rd. 2 bis 3 mm dick, hat ebenfalls zylindrische Form und einen Ausschnitt für den Klappdeckel, der sehr gut schließen muß, damit die Wäsche nicht in den Schlitzen hängen bleibt und zerreißt. Die Seitenböden *m* (aus Guß- oder Schmiedeisen) sind kräftig ausgebildet und innen mit Kupferblech überzogen, so daß der ganze Innenraum nur Kupfer aufweist. An den Seitenböden sind die Achsen *n* befestigt, mit denen die Innentrommel in den Lagern *o* ruht, die an den Seitenböden der Außentrommel angebracht sind. Der Blechmantel der Innentrommel erhält drei meist aus dem ganzen Stück eingebogene Wulste *p*, die über die ganze Länge verlaufen. Das ganze Mantelblech, einschließlich Deckel, weist zahlreiche Löcher von 5 bis 10 mm Dmr. auf. Diese Löcher sind von innen nach außen stark abgerundet gestanzt, Abb. 3, damit die Innentrommel innen völlig glatt ist und nicht die geringsten scharfen Kanten aufweist.

Der Laugenabfluß muß reichlich groß gehalten werden, um ein rasches Entleeren zu ermöglichen. Entleert wird meist unmittelbar in einen Sinkkasten. Der Dampf tritt von unten in die Außentrommel und somit in die Lauge, die er zum Kochen bringt. Für den Eintritt des kalten und warmen Wassers ist oben in der Außentrommel ein längslaufendes gelochtes Rohr *q* eingebaut, damit das Wasser gleichmäßig verteilt von oben nach unten fließt.

Das Vorgelege ist meist für Riemenantrieb ausgebildet; es besteht in der Regel aus dem Hauptzahnrad *r*, einem Ritzel, den Riemenscheiben *s*, dem Tragarm *t*, an der Außentrommel befestigt, und dem Umsteuergetriebe *u*. Die Innentrommel muß nämlich jedesmal nach etwa sechs Drehungen ihre Drehrichtung wechseln. Das Umsteuern bewirkt das Umschaltgetriebe *u*, bestehend aus Schnecke und Schneckenrad mit Schleife, wodurch die Riemen nach bestimmten Zeitabständen verschoben werden.

Die Arbeitsweise der Waschmaschine ist wie folgt: Die Innentrommel wird lose mit der schmutzigen Wäsche gefüllt. Ist sie nachher mit Wasser getränkt, so nimmt die Wäsche ungefähr nur das halbe Volumen ein. Die Außentrommel nimmt die Lauge auf, und zwar so viel, daß die Innentrommel etwa handbreit eintaucht. Um Lauge zu sparen, wird man also den Zwischenraum zwischen Innen- und Außentrommel möglichst knapp halten. Die Wäsche wird beim Drehen der Innentrommel durch die Wulste *p* hochgehoben und schlägt wieder von oben in die Lauge jeweilig zurück. Gewaschen wird also durch Schlagen

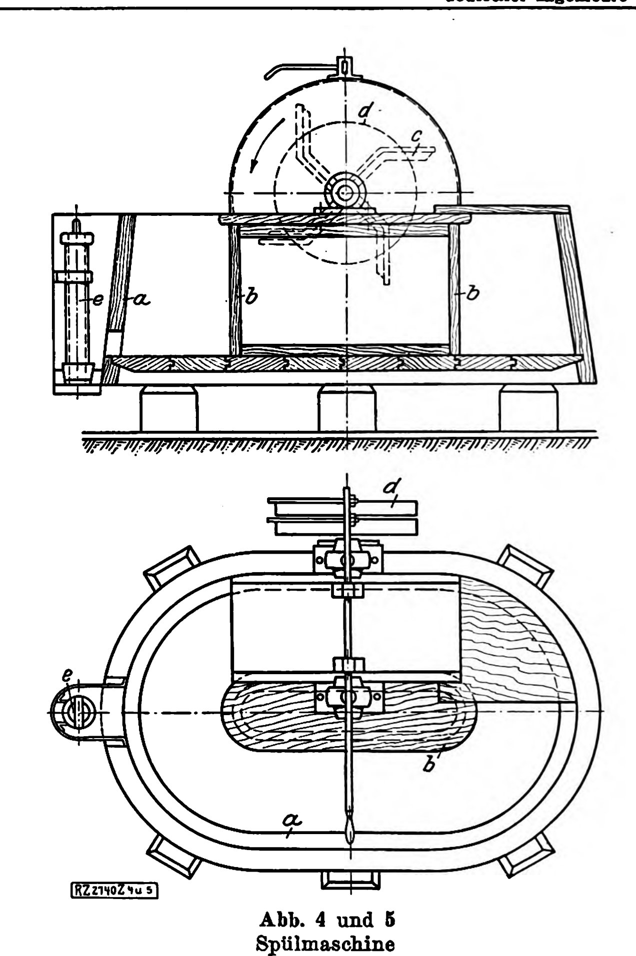


Abb. 4 und 5
Spülmaschine

a Holzbottich *b* Insel *c* hölzernes Schaufelrad *d* Welle mit Fest- und Losscheibe *e* Abfluß des unreinen Wassers

und nicht durch Reiben, mithin auf denkbar schonende Weise. Es ist also falsch, zu behaupten, daß die Wäsche durch die Maschinenbehandlung leidet. Das Wenden der Drehrichtung verhütet ein Zusammenballen der Wäsche. Sie würde sonst zerreißen und auch nicht sauber werden. Während des Waschens werden gleichzeitig Lauge und Wäsche mit Dampf gekocht. Nach dem Waschen kann man auch in der Waschmaschine spülen, indem man die Lauge abläßt und zunächst warmes, dann kaltes Wasser von oben einführt, während sich die Trommel dreht. Hierbei kann das Wasser fast die halbe Trommel füllen.

Innentrommeln werden mit rd. 500 bis 1000 mm Dmr., rd. 500 bis 2000 mm Länge ausgeführt. Sie fassen dementsprechend rd. 10 bis 200 kg trockene Wäsche. Kraftbedarf je nach Größe etwa 0,5 bis 2,5 PS. Die Innentrommel macht im Mittel 25 Uml./min. Der Dampfverbrauch beträgt etwa 15 bis 50 kg/h.

Man hat natürlich mannigfache Abweichungen von dieser Bauart, wie z. B. mittelbare Dampfbeheizung, wobei der Dampf durch einen Dampfkasten oder eine Heizschlange, bei Niederdruckdampf mit 0,3 bis 0,5 at, bei Hochdruckdampf mit etwa 2 bis 6 at strömt. Die mittelbare Heizung findet hauptsächlich bei Niederdruckdampf Verwendung. Andre Abweichungen sind: hintenliegendes Vorgelege, Antrieb unmittelbar durch Motor, Einrichtung zum gemeinsamen Kippen der Innen- und Außentrommel, damit die Wäsche unten in einen flachen Wagen hineinfällt, usw.

Die Spülmaschine

Die Spülmaschine, Abb. 4 und 5, findet man in Wäschereien selten. Gewerbliche Wäscher benutzen sie fast gar nicht; dagegen ist sie in Krankenhäusern und Klöstern sehr beliebt. Man erspart dadurch das Spülen in der Waschmaschine, die somit entlastet wird. Auch kann die Wäsche beim Spülen gut ausdunsten, wird duftiger und läßt sich gut bläuen.

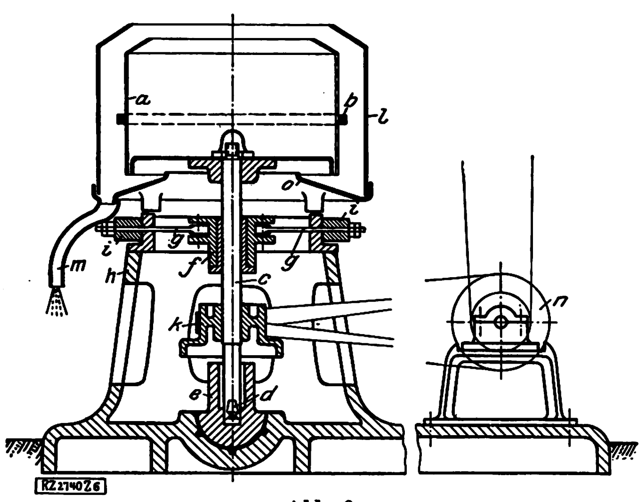


Abb. 6
Wäscheschleuder

a Innentrommel
b Verstärkungsring
c Welle
d Spurlager
e Lagertopf
f Halslager
g Zugstangen
h Sockel
i Gummipuffer
k Riemenscheibe
l Außentrommel
m Wasserabfluß
n Vorgelege

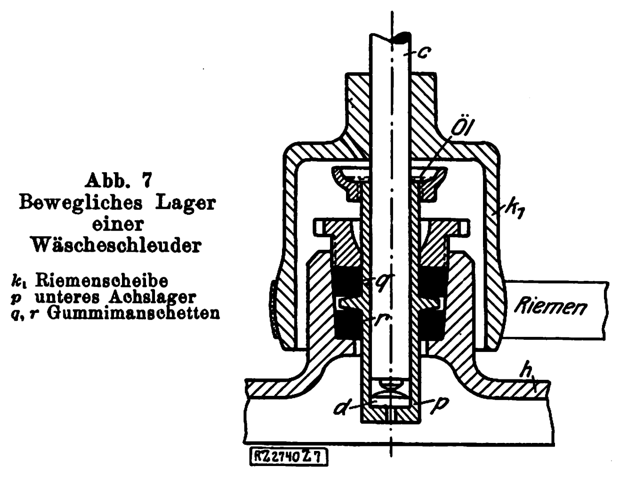


Abb. 7
Bewegliches Lager einer Wäscheschleuder

k_1 Riemenscheibe
p unteres Achslager
q, r Gummimanschetten

a ist ein länglichrunder Holzbottich mit einer ebenso gestalteten Insel *b* aus Holz. *c* ist ein hölzernes Schaufelrad, das auf einer Welle mit Fest- und Losscheibe *d* aufgesetzt ist und sich in Pfeilrichtung dreht. Die Maschine erhält Kalt- und Warmwasserzufluß und ist fast bis oben mit Wasser gefüllt, worin die aus der Waschmaschine aufgenommene Wäsche schwimmt. Durch das Schaufelrad wird die Wäsche ständig in Bewegung gehalten und unter Zufluß von frischem und Abfluß von unreinem Wasser entlaugt. Durch den Abfluß *e* wird das unreine Wasser abgelassen.

Statt des Holzbottichs mit Holzinsel nimmt man auch Bottiche aus Beton, die man mit weißen Kacheln verkleidet. Die Bottiche sind im Mittel etwa 2500 mm lang, 1300 mm breit und 700 mm hoch.

Die Zentrifuge (Schleuder)

Diese Maschine, Abb. 6 und 7, ist ebenso wichtig und ebenso häufig anzutreffen wie die Waschmaschine. Die in der Wäscherei gebräuchliche Form weicht nicht von den Regelbauarten wesentlich ab, die bereits in dieser Zeitschrift ausführlich beschrieben sind[1]). Der Zweck des Schleuderns ist, die triefende Wäsche von der Hauptmenge des Wassers zu befreien.

Man baut auch Schleudern, bei denen das Halslager fortfällt, sogenannte Freischwinger. Die elastische Lagerung der Achse wird dann dadurch ermöglicht, daß man in das untere Achslager *p* zwei Gummimanschetten *q* und *r*, Abb. 7, einbettet. Der Lagertopf *e*, Abb. 6, ist hier nicht nötig.

In der Innentrommel oder unter dem Boden bringt man auch noch einen Regler an; denn bei ungleichmäßiger Bepackung mit der nassen Wäsche kommt die Maschine nicht immer in Gang, d. h. die Schwankungen der Trommel lassen nicht nach, was ein Stillsetzen der Maschine und nochmaliges Umpacken bedingt. Der Regler gleicht diese ungleiche Belastung bis zu einem gewissen Grade aus.

Infolge behördlicher Schutzvorschrift muß die Außentrommel oben durch einen Klappdeckel zwangläufig abgedeckt sein, und zwar so, daß die Schleuder nicht eher in Betrieb genommen werden kann, bevor nicht der Deckel geschlossen ist. Anderseits darf man den Deckel nicht schon dann wieder öffnen können, wenn man die Maschine ausgerückt hat, sondern erst dann, wenn die Innentrommel stillsteht. Mit Hilfe einer Hand- oder Fußbremse kann man den Stillstand schneller herbeiführen.

Die Arbeitsweise ist die, daß man die nasse Wäsche möglichst gleichmäßig verteilt in die Innentrommel bringt. Beim Schleudern wird die Wäsche nicht gerieben, sie wird also auch hierbei weitgehend geschont. Die Schleuder kann in 1 h etwa 3- bis 4mal beschickt werden.

[1]) Z. Bd. 70 (1926) S. 757.

Das Kochfaß

Das Kochfaß, Abb. 8, ist ein runder Bottich aus verzinktem Eisenblech oder Holz, selten aus Kupfer. Sein Durchmesser beträgt rd. 800 bis 1200 mm, die Höhe etwa 800 mm. In einiger Entfernung vom Boden *a* ist ein Siebboden *b* eingelegt. Durch diesen Siebboden taucht das Sprührohr *c*. Der Dampf tritt durch das Rohr *d* unter dem Sprührohr ein. Bei mittelbarer Beheizung wird zwischen den beiden Böden eine Heizschlange eingebaut. Durch das Rohr *e* erhält das Faß Kaltwasserzufluß. Ein aufklappbarer Deckel *f* schließt oben das Faß ab. Durch den Abflußhahn *g* wird das Schmutzwasser abgelassen.

Das Kochfaß hat den Zweck, besonders schmutzige Wäsche, Küchenwäsche, Blut-, Eiterwäsche usw. vor der Behandlung in der Waschmaschine vorzukochen, um die Wäsche vom gröbsten Schmutz zu befreien. Dadurch wird die Waschmaschine entlastet und sauberer gehalten. Die Arbeitsweise ist die, daß das kochende Wasser oder die Lauge durch das Sprührohr nach oben steigt und von oben durch die Wäsche wieder nach unten herabrieselt. Die Wäsche wird dadurch „gebäucht", weshalb man auch von einem Bäuchefaß spricht.

Das Laugenfaß

Das Laugenfaß ist ebenfalls als runder Bottich aus gleichem Baustoff wie das Kochfaß ausgebildet. Sein Durchmesser beträgt etwa 700 bis 1000 mm, die Höhe rd. 700 mm. Der Siebboden und das Sprührohr fallen fort. Hier empfiehlt sich Heizung mittels kupferner Heizschlange, damit nicht die Lauge durch den kondensierten Dampf verdünnt wird. Deckel und Abfluß sind wie beim

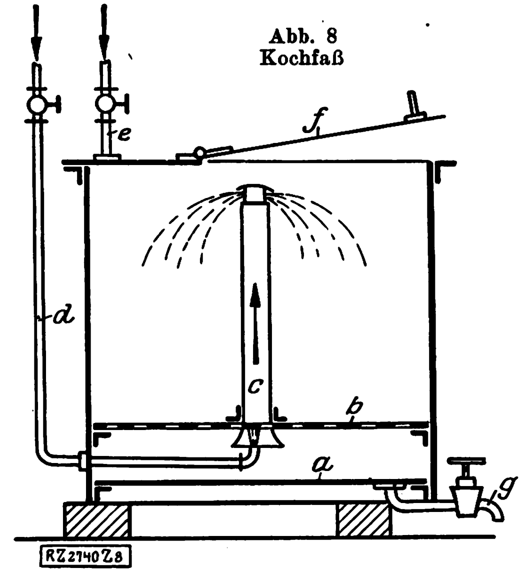


Abb. 8
Kochfaß

a Boden
b Siebboden
c Sprührohr
d Dampfeintritt
e Kaltwasserzufluß
f aufklappbarer Deckel
g Abflußhahn



Kochfaß. Das Laugenfaß muß auf einen etwa 400 bis 500 mm hohen Untersatz gestellt werden, damit man zum Auffangen der Lauge unter den Abflußhahn einen Eimer unterstellen kann.

Die Nachbehandlung

Die maschinelle Behandlung der Wäsche beim Mangeln, Trocknen und Bügeln stützt sich auf den sehr einfachen Vorgang der Handbehandlung. Dabei wird die Wäsche mit einem blanken geheizten Eisenteil (dem Bügeleisen) und einem zweiten mit Stoff bespannten Körper (dem Bügelbrett) bearbeitet. Plättet man mit der ganzen Fläche des Bügeleisens, so bleibt die Wäsche verhältnismäßig stumpf. Um Glanz zu erzeugen, reibt man mit der Kante des Bügeleisens über die Wäschestücke, besonders beim Kragen. Auch dieser Vorgang spiegelt sich in der maschinellen Behandlung wieder, indem Stücke, die wenig Glanz brauchen, auf großen Heizflächen, Stücke mit höherem Glanz durch schärfere Kanten und dergleichen behandelt werden.

Die Zylindermangel

Die Hauptmaschine zur Weiterbearbeitung der glatten Wäschestücke, die größte und teuerste Maschine im Wäschereibetrieb überhaupt, ist die Dampfmangel. Man unterscheidet mehrere Arten, von denen die Zylinder-Dampfmangel besonders in Erscheinung tritt. Diese Maschine, Abb. 9, hat den Zweck, große, glatte Wäschestücke zu mangeln und gleichzeitig zu trocknen, wobei außerdem noch der Wäsche ein feiner, zarter Glanz verliehen wird. Den Hauptbestandteil der Mangel bildet ein Stahlzylinder *a*, der an beiden Seiten durch Böden vollständig dampfdicht abgeschlossen ist. Dieser Zylinder ist entweder zum Teil geschweißt oder aus einem Stück gezogen und wird auf rd. 12 at Dampfüberdruck amtlich geprüft. An der äußeren Fläche ist der Zylindermantel sauber abgedreht, geschliffen und poliert. An den Seitenböden sind Zapfen angeordnet, durch die sowohl der Dampf einströmt als auch das Kondensat wieder austritt. Das Kondensat wird durch ein gekrümmtes Tauchrohr abgeführt. Der Zylinder dreht sich in Pfeilrichtung, wobei die Wäsche *c* um den Zylinder herumläuft. Durch die Wirkung des Dampfes im Zylinder wird die Wäsche getrocknet.

Geplättet wird dadurch, daß auf dem Zylinder gelagerte Walzen *d* auf die Wäsche drücken. Diese Walzen sind an beiden Seiten in den Ständern *b* federnd und im Druck nachstellbar gelagert. Sie drehen sich in der Pfeilrichtung, und zwar ein klein wenig schneller als der Zylinder; dadurch wird ein Schleifen der Wäsche auf dem Zylinder hervorgerufen, was den erwähnten feinen Glanz erzeugt. Während der Zylinder an der Außenfläche vollständig glatt ist, sind diese Walzen mit Stoff umwickelt. Man hat also hier den vorhin erwähnten Vorgang von Bügeleisen und Bügelbrett. Es gibt auch Mangeln, bei denen die Wäsche nur über die obere Hälfte des Zylinders läuft und hinter der letzten Andruckwalze *d* die Mangel verläßt. Diese Maschinen, die jedoch heut kaum noch gebaut werden, sind unwirtschaftlich, weil bei ihnen nicht die ganze Heizwirkung des Zylinders ausgenutzt wird und die Wäsche häufig noch feucht herauskommt, so daß sie öfter eingelegt werden muß. Man baut deshalb heute fast nur noch Mangeln, die auch eine untere Umführung haben. Zu diesem Zweck sind über die ganze Länge des Zylinders etwa 300 bis 400 mm breite Umführungsgurte *e* über die Walzen *f*, *g*, *h* laufend angeordnet. Die Walze *f* ist umwickelt; sie wird angetrieben, nimmt also die endlosen Gurte der Umdrehung des Zylinders entsprechend mit. Diese Gurte drücken die Wäsche auch unten an den Zylinder. Damit sie nicht wieder oben einläuft, ist ein Abschabblech *i* über der ganzen Zylinderlänge angeordnet.

Durch dieses Blech wird die Wäsche vom Zylinder über die Walze *f* geleitet und kommt nach unten auf die Ausgabegurte *k*, die ebenfalls als Gurte ohne Ende um die Walzen *l* und *m* geführt sind. Diese Gurte fördern die Wäsche auf die der Eingabeseite entgegengesetzte Ausgabeseite, auf den Abnahmetisch *n*. Während dieses Weges kann die Wäsche ausdünsten. An der Eingabeseite ist ein Kasten *o* angebracht, der die nasse Wäsche aufnimmt, von wo aus sie dann auf die Eingabegurte *p* gelegt wird. Diese Gurte ohne Ende werden über die Walze *q* und das Führungsstück *r* geleitet. Die Wäsche läuft selbsttätig auf den Zylinder und erledigt dann den beschriebenen Gang.

Auf dieser Maschine wird die Wäsche, unmittelbar aus der Schleuder mit noch rd. 20 bis 25 vH Wassergehalt kommend, getrocknet und geplättet. Die Walzen *f*, *m* und *q* werden angetrieben und sind mit Stoff umwickelt, damit sie die Gurte mitnehmen und in den angegebenen Pfeilrichtungen fördern.

Wird die Mangel stillgesetzt, so besteht die Gefahr, daß der noch heiße Zylinder die Umführungsgurte *e* und die Umwicklungen der Andruckwalzen *d* verbrennt. Um dies zu verhüten, kann man beide Teile bei Außerbetriebsetzung abheben. Die punktiertgezeichnete Walze h_1 ist abgeklappt, wodurch die Gurte *e* in die Lage e_1 kommen, also vom Zylinder abliegen. Durch Drehen des Segmentes *s* nach rechts werden die Hebel *t* nach außen gedrückt und die Walzen *d* vom Zylinder abgehoben. Diese Vorrichtungen sind so angeordnet, daß man sie mit der Hand betätigen muß, und bei neueren Maschinen mit Kraftbetrieb derart, daß sich beim Stillsetzen der Maschine Walzen und Gurte selbsttätig abheben und bei Inbetriebnahme wieder anlegen.

Als **Schutzvorrichtung** ist über den Eingabegurten vor der ersten Andruckwalze *d* eine Klappe *u* längslaufend gelagert. Die pendelnde Klappe wird zurückgedrückt, sobald die Finger der bedienenden Per-

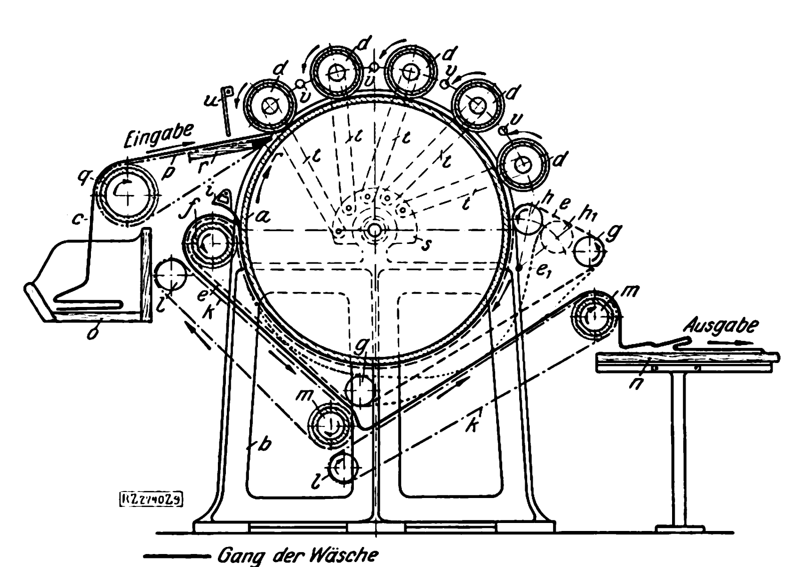


Abb. 9
Zylinder-Dampfmangel

a Stahlzylinder
b Ständer
c Wäsche
d Andrückwalzen
e Umführungsgurte
e_1 Gurte bei abgeklappter Stellung von *h*
f, *g*, *h* Führungswalzen in angedrückter Stellung
h_1 Führungswalze *h*, abgeklappt
i Abschabeblech
k Ausgabegurte
l, *m* Führungswalzen von *k*
n Abnahmetisch
o Kasten für Aufnahme der nassen Wäsche
p Eingabegurte
q Führungswalze für *p*
r Führungsstück für *p*
s Segment, *t* Hebel zum Abheben der Walzen *d*
u pendelnde Klappe, als Schutzvorrichtung dienend
v Schutzleisten zwischen den Andrückwalzen

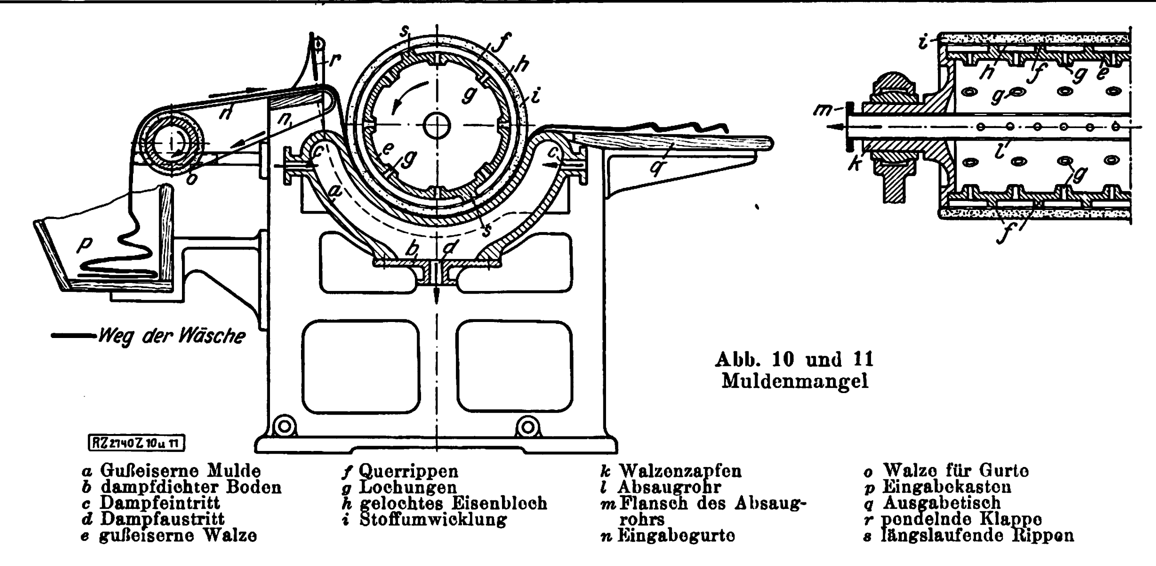


Abb. 10 und 11
Muldenmangel

a Gußeiserne Mulde
b dampfdichter Boden
c Dampfeintritt
d Dampfaustritt
e gußeiserne Walze
f Querrippen
g Lochungen
h gelochtes Eisenblech
i Stoffumwicklung
k Walzenzapfen
l Absaugrohr
m Flansch des Absaugrohrs
n Eingabegurte
o Walze für Gurte
p Eingabekasten
q Ausgabetisch
r pendelnde Klappe
s längslaufende Rippen

sonen daran stoßen. Infolgedessen wird die Maschine sofort stillgesetzt. Als zweite Schutzvorrichtung werden zwischen den Andrückwalzen längslaufend die Leisten *v* eingebaut, damit auch die Hand von oben nicht zwischen die Walzen geraten kann.

Entsprechend der Beschaffenheit der Wäsche muß die Mangel mit mehreren Geschwindigkeiten laufen können. Bei Transmissionsantrieb verwendet man deshalb Stufenscheiben für zwei Geschwindigkeiten. Bei unmittelbarem Motorantrieb arbeitet man mit einem Regler.

Man baut diese Maschinen mit ungefähr folgenden Zylinderabmessungen: rd. 500 bis rd. 1250 mm Dmr. und rd. 1,5 bis 3,5 m Länge. Der Dampfverbrauch bei 6 at beträgt rd. 30 bis 200 kg/h. Man kann mit Niederdruckdampf von 0,3 bis 0,5 at oder mit Hochdruckdampf bis etwa 8 at arbeiten. Die Leistung beträgt rd. 30 bis 300 kg/h Trockenwäsche, der Kraftbedarf rd. 0,5 bis 3 PS.

Die Muldenmangel

Eine weitere Mangel, die man neben der Zylindermangel, wenn auch nicht so häufig findet, ist die **Muldenmangel**, Abb. 10 und 11. Die Hauptbestandteile sind eine gußeiserne Mulde *a*, die als Hohlkörper ausgebildet und durch einen Boden *b* dampfdicht abgeschlossen ist. Der Hohlraum wird beheizt, wobei der Dampf durch die Öffnungen *c* ein- und das Kondensat durch die Öffnung *d* austritt. Die Innenfläche der Mulde ist glatt abgedreht und poliert und dient als Bügelfläche. In der Mulde ist eine gußeiserne Walze *e* gelagert, die mit angegossenen Rippen *f* in bestimmten Entfernungen voneinander umgeben ist. Ferner hat diese Walze die Lochungen *g*, wobei die Löcher innen in aufgegossenen Augen münden. Diese Augen haben den Zweck, das im Zylinder sich ansammelnde Kondensat nicht nach außen treten zu lassen. Über den Rippen ist ein feingelochtes, verzinktes Eisenblech *h* gelagert und auf dem Zylinder auf längslaufenden Rippen *s* festgeschraubt. Dieses Eisenblech wird wiederum mit der Stoffumwicklung *i*, bestehend aus Sackleinen, Filz und Fries, umwickelt.

Die Walze dreht sich in Pfeilrichtung in der Mulde und übt auf die Innenfläche der Mulde einen Druck aus. Die Wäsche wird somit zwischen Walze und Mulde hindurchgeschleift und durch den Druck der Walze mit Glanz geplättet, während die Heizung der Mulde die Wäsche trocknet.

Im Verhältnis zum Umfang des Zylinders der vorher geschilderten Zylindermangel ist die Heizfläche der Mulde gering, weil immer nur ungefähr die halbe Fläche des Walzenumfanges wirkt. Die Wäsche wird daher bei einem Durchgang in den meisten Fällen kaum trocken sein. Um die Leistung der Maschine zu erhöhen und das Trocknen bei einmaligem Durchgang zu ermöglichen, wird von innen aus dem Zylinder die Luft und somit durch die Umwicklung *i* die Feuchtigkeit aus der Wäsche abgesaugt. Zu diesem Zweck sind die Löcher *g* und die feinen Löcher im Blech *h* vorgesehen. Das Absaugen erfolgt seitlich durch den Walzenzapfen *k*. Dieser Zapfen ist hohl und nimmt ein im Innern längslaufendes Rohr *l* auf. Das Rohr *l* ist ebenfalls gelocht, so daß die Saugwirkung in der ganzen Walze gleichmäßig verteilt wird. An den Flansch *m* des Rohres *l* schließt der Exhaustor an. In den Zylinder tritt also auch Feuchtigkeit, weshalb, wie schon gesagt, die Augen bei den Löchern *g* nötig sind, damit die Feuchtigkeit nicht wieder austreten kann. Diese Feuchtigkeit wird allmählich durch das kräftige Ansaugen jeweilig verdunstet.

Durch die Absaugevorrichtung haben diese Mangeln erst einen großen Wert bekommen und konnten den Wettbewerb mit der Zylindermangel aufnehmen. Allerdings sind bei diesen Maschinen trotzdem die Leistungen beschränkt, weil man die Walzen nicht mit dem Durchmesser ausführen kann, wie die Zylinder der Zylindermangeln. Die Reibfläche und der Druck auf der Mulde würde zu groß werden. Man führt diese Zylinder mit etwa 300, 400, 500, 600 bis 800 mm Dmr. aus bei Längen von etwa 1600 bis 3500 mm.

In der Regel wird die Wäsche, wie bei der Zylindermangel, durch Eingabegurte *n* der Mulde zugeführt. Die Gurte werden durch die Walze *o* angetrieben. Diese Walze ist zur Erzielung einer rauhen Fläche mit Filzstoff überzogen. An der Eingabeseite ist ein Wäschekasten *p* angeordnet, der die geschleuderte Wäsche aufnimmt und an der Ausgabeseite ein Tisch *q*, von dem die fertige Wäsche abgenommen wird. Damit Unglücksfälle vermieden werden, ist an der Eingabeseite vor der Walze eine pendelnde Klappe *r* wie bei der Zylindermangel vorgelagert, die beim Anstoßen nach hinten schwingt und die Maschine stillsetzt. Um nach Betriebseinstellung die Umwicklungen der Walze vor dem Versengen durch die heiße Mulde zu schützen, ist eine Vorrichtung vorhanden, um die Walze hochzuheben. Dies wird entweder mit der Hand oder auch durch Kraftbetrieb bewerkstelligt.

Die Muldenmangeln zeichnen sich durch Einfachheit aus, da die vielen Gurte der Zylindermangeln fortfallen. Außerdem sind sie viel niedriger und übersichtlicher gebaut. Dagegen ist, wie schon gesagt, die Leistung begrenzt. Muldenmangeln verbrauchen: Dampf etwa 20 bis 115 kg/h, Kraft etwa 0,4 bis 2,5 PS.

Diese Muldenmangeln werden in verschiedenen Spielarten ausgeführt. So zeigt Abb. 12 eine Maschine, mit der man eine hohe Leistung erzielen will, indem man ähnlich der Zylindermangel eine große Heizfläche schafft. Man schaltet mehrere Mulden hintereinander und muß auch dementsprechend mehrere Walzen verwenden. Für größere Betriebe kommen Vier- bis Fünfmuldenmangeln in Frage. Die Walzendurchmesser sind allerdings kleiner als bei der Einmuldenmangel; sie werden im Durchschnitt mit etwa 300 mm gewählt. Absaugevorrichtungen hat man an diesen Mangeln nicht, weil ja die hohe Leistung durch die große Heizfläche erzielt wird. Diese Maschinen findet man allerdings in Deutschland selten, während sie in Amerika häufiger gebraucht werden.



Abb. 12
Mangel mit vier Mulden

Eine verhältnismäßig kleine Universalmaschine ist die Muldenmangel, Abb. 13. Grundsätzlich entspricht sie der bereits geschilderten Maschine nach Abb. 10 und 11; jedoch findet man sie am häufigsten mit etwa 250 bis 280 mm Walzendmr. bei 800 bis 2000 mm Länge. Die Mulde wird in der Regel mit Gas beheizt und ist nicht als Hohlkörper ausgebildet. In der Zeichnung bedeutet *a* die umwickelte Walze, *b* die Mulde, *c* die Gasbrenner, *d* den Eingabetisch, *e* den Ausgabetisch, *f* den Ständer und *g* den in einem Gelenk gelagerten Arm zur Aufnahme der Walzenzapfen. Dieser Arm läßt sich, wie g_1 darstellt, umklappen, so daß die Walze in Lage a_1 kommt, damit die Umwicklung nach dem Stillsetzen nicht versengt wird. Der Eingabetisch *d* läßt sich zurückschieben, sobald die Finger beim Einlegen der Wäsche zwischen Walze und Mulde zu geraten drohen. Durch das Zurückschieben des Tisches wird die Maschine ausgerückt und steht still. Man kann auf dieser Mangel glatte Wäschestücke plätten und verwendet sie dazu in Kleinwäschereien, wo noch keine Dampfanlage vorhanden ist. Eine besondere Bedeutung gewinnt diese Maschine zum Plätten von Kragen, wobei sie eine gute Wäsche bei höchster Leistung liefert. Infolgedessen wird diese Maschine in jeder Wäscherei angeschafft und macht sich sehr bald bezahlt. Natürlich ist bei glatter Wäsche die Leistung wesentlich geringer als bei den großen Mangeln. Wäsche, die unmittelbar aus der Schleuder kommt, muß etwa 3- bis 4mal die Maschine durchlaufen. Zur Erzielung einer höheren Leistung führt man diese Maschine jetzt auch mit Absaugvorrichtung aus.

Trockner

Leib- und Stärkewäsche und dergleichen erfordert eine umständlichere Behandlung und dementsprechend auch eine größere Anzahl von verschiedenen Maschinen. Ein Teil der Wäsche muß nach dem Schleudern getrocknet werden. Vor allen Dingen kommt hierbei flauschige Wäsche, wie Frottierhandtücher, Bademäntel, Kinderwäsche usw., in Frage. Die andern Wäschestücke braucht man bei dem heutigen Stande der Technik nicht mehr vorzutrocknen, da auf den weiter behandelnden Maschinen getrocknet wird. Derartige Badewäsche wird in den meisten Fällen in sogenannten Kulissentrocknern getrocknet, Abb. 14. Die Kulissen bestehen aus Blech- oder Holzwänden *a* von rd. 1,5 bis 2 m Höhe und 300 bis 400 mm Breite. Diese Wände sind durch Stützstangen *b* miteinander verbunden; deren Länge beträgt rd. 2 bis 3 m. Zwischen den Wänden *a* sind Holzstangen *c* angeordnet, auf denen die Wäsche aufgehängt wird. An dem oberen Teil der Wände sind Laufrollen *d* befestigt, die auf Längsschienen *e* laufen. Je nach

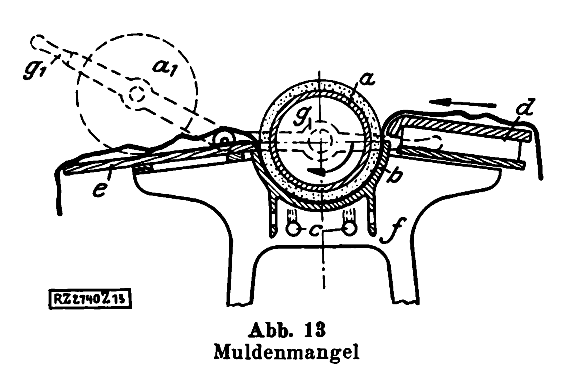


Abb. 13
Muldenmangel

a Umwickelte Walze
a_1 Walze *a* hoch geklappt
b Bügelmulde
c Gasbrenner
d Eingabetisch
e Ausgabetisch
f Ständer
g Lagerarm
g_1 „ hoch geklappt

dem Anfall der Wäsche werden die Kulissen in entsprechender Anzahl nebeneinander angeordnet. Diese Kulissen werden von einem Holzumbau *f* umschlossen. Auf dem Fußboden sind Rippenrohre *g* zur Heizung gelagert. Darüber ist ein Rost *h* angebracht, der herabfallende Wäsche vor den Rippenrohren schützt. Die Vorderwand des Holzumbaues ist offen und wird durch die Wände *a* abgeschlossen. Zum Be- und Entladen werden die Kulissen herausgezogen. In diesem Falle schließt die hintere Wand die vordere Öffnung ab, damit die Hitze nicht entweichen kann. Bei größeren Trocknern wird auf der Decke noch ein querlaufender Abluftkasten *i* vorgesehen, damit sich dort die verbrauchte Luft sammeln kann. Die Frischluft tritt von unten durch einen Kanal *k* in den Trockner, wobei unter jedem Rippenrohre Schlitze *l* durch die Decke nach oben führen. Die verbrauchte Luft entweicht durch das blecherne Abluftrohr *m*. Frisch- und Abluft werden durch Klappen (z. B. *n*) geregelt. Diese Einrichtung wird sehr viel gebraucht.

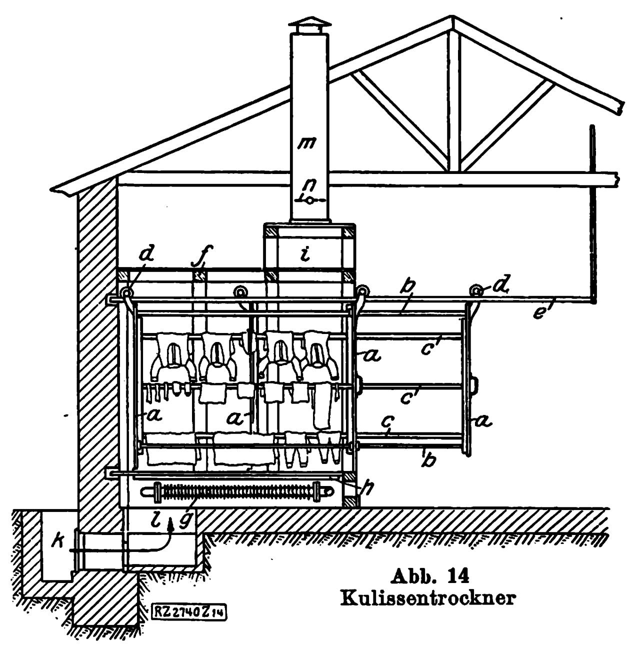


Abb. 14
Kulissentrockner

a Blech- oder Holzwände
b Stützstangen
c Aufhängestangen für die Wäsche
d Laufrollen
e Längsschienen
f Holzumbau
g Rippenrohre zur Heizung
h Rost zum Schutz der Wäsche
i Abluftkasten
k Frischluftkanal
l Schlitze für die Frischluft
m Abluftrohr
n Klappen zum Regeln von Frisch- und Abluft

Man hat auch Trockner mit längslaufenden Ketten, auf denen runde Holzstangen liegen und die durch endlose Führung die Trockenkammer in der Längsrichtung durchwandern. Die Wäsche wird an der Vorderseite des Trockners auf die Stangen gehängt und fällt dann an der hinteren Seite mit der Stange wieder heraus. Es gibt auch drehbare Trockner und dergleichen, auf die aber wegen der geringen Bedeutung und der seltenen Verwendung nicht eingegangen zu werden braucht.

Bügelmaschinen

In der gewerblichen Wäscherei spielt die Stärkewäsche eine große Rolle, und man ist ständig bemüht, die Güte der fertiggestellten Kragen zu verbessern. Eine Maschine, die sehr gute Kragen liefert, ist die Tischbügel- oder Schlittenmaschine, Abb. 15 bis 17. In der Hauptsache besteht sie aus einem Tisch *a*, der mit einer dicken Filzplatte und dem Nesselüberzug *b* bedeckt ist. Dieser Tisch kann sich in den Schienen *c* hin und her bewegen. Über dem Tisch ist in den Seitenständern *d* eine glatt polierte Walze *e* gelagert. Diese Walze wird von innen beheizt, und zwar meist durch einen Gasbrenner *f*. Es findet sich aber auch Dampfheizung und elektrische Heizung. Die Walze *e* dreht sich entsprechend dem Hin- und Hergang des Tisches rechts und links herum und drückt auf den Tisch. Der

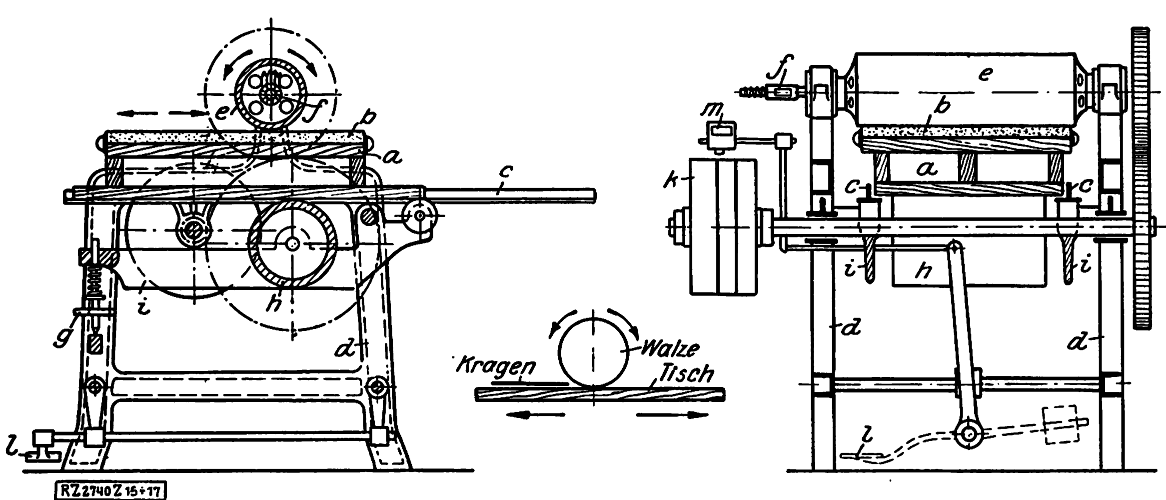


Abb. 15 bis 17
Tischbügelmaschine

a Bügeltisch *b* Nessel- und Filzüberzug *c* Führungsschienen *d* Seitenständer *e* glatt polierte Walze *f* Gasbrenner *g* Stellrad *h* Walze zum Bewegen des Tisches *a* *i* Rahmen dazu *k* Fest- und Losscheiben *l* Tritthebel } zum Verschieben *m* Ausrücker } der Riemen

Druck ist durch das Stellrad *g* regelbar. Außerdem ist noch ein Handhebel zum Regeln im Betrieb vorhanden. Der Tisch wird durch die Walze *h* hin und her bewegt. *h* liegt in einem Rahmen *i*, der durch das Stellrad *g* gehoben oder gesenkt werden kann.

Die Kragen werden auf dem Tisch ausgebreitet und bewegen sich unter der Heizwalze hin und her, wobei die Walze, die etwas Voreilung hat, auf den Kragen drückt, ihn poliert und gleichzeitig trocknet. Durch das Bearbeiten mit der kleinen Auflagerfläche der Walze wird ein besserer Schliff erzielt als in der großen Fläche der Mulde nach Abb. 13. Gleichzeitig wird der Kragen gut angeplättet, weil die noch losen Stofflagen vom Tisch und der Walze gleichmäßig mitgenommen werden, sich also keine Falten bilden; bei der Muldenmangel dagegen wird der Kragen von der Mulde festgehalten, während ihn die Walze weiterzieht.

Die Tischbügelmaschine eignet sich daher auch sehr gut zum Anplätten. Wenn man also mit beiden Maschinen nach Abb. 13 und 15 bis 17 arbeiten will, so plättet man mit der Tischbügelmaschine vor und erzielt dadurch zunächst schon einen feineren Schliff und das Zusammenkleben der einzelnen Stofflagen; sodann plättet man auf der Muldenmangel weiter, wodurch ein schnelleres Trocknen der Wäsche erreicht wird.

Die Drehrichtung wird bei der Tischbügelmaschine mittels einer Fest- und zweier Losscheiben *k* umgeschaltet. Durch den Tritthebel *l*, der mit dem Ausrücker *m* in Verbindung steht, werden die Riemen verschoben. Man hat auch die Maschine so ausgebaut, daß sich die Riemen selbsttätig verschieben und das Treten nicht mehr nötig wird.

Eine weitere Maschine, die grundsätzlich der Tischbügelmaschine gleicht, ist die Zweiwalzen-Bügelmaschine, Abb. 18. *a* ist die glatt polierte Heizwalze mit dem Brenner *b*. An die Stelle des Tisches tritt hier eine zweite Walze *c*, die mit Stoff *d* umwickelt ist. Diese beiden Walzen laufen ständig in der angegebenen Pfeilrichtung und können je nach Bedarf aneinandergedrückt werden. Durch ein längslaufendes, kegeliges Schutzblech *e* wird der Kragen zwischen die beiden Walzen geführt; er fällt auf ein Auffangblech *f* und kann wieder den Walzen zugeführt werden, bis er angeplättet oder fertiggestellt ist.

Abb. 19 zeigt eine ähnliche Maschine. Sie hat jedoch drei Walzen. Die Kragen werden um die halbe Heizwalze *a* mittels eines Führungsbleches *b* geführt. Dabei wird die Heizfläche der Walze besser ausgenutzt und ein schnelleres Trocknen erzielt. Man baut auch ähnliche Maschinen mit mehr Heizwalzen, auf denen man die Kragen möglichst schnell und mit feinem Glanz und Schliff behandeln kann.

Weitere Bearbeitungsmaschinen für Kragen sind Rundemaschinen, die den Kragen gleichzeitig an den Rändern glätten und ihm die runde Form geben. Für Umlagkragen hat man Maschinen, die die Naht in der Mitte anfeuchten, damit der Kragen ohne Brechen umgebogen werden kann. Ebenso gibt es als Pressen ausgebildete Maschinen zum Umlegen der Ecken oder Kläppchen. Alle diese Einzelheiten aufzuführen, würde zu weit gehen, jedenfalls kann man sämtliche Arbeiten maschinell durchführen und erzielt damit immer eine äußerst genaue und hohe Leistung.

Pressen

Parallel mit der Behandlung des Kragens geht die Behandlung des Hemdes, das heute wohl ausschließlich nur noch als Faltenhemd angetroffen wird. Neuzeitlich ausgebaute Wäschereien führen diese Arbeit fast ausschließlich nur noch mit Pressen aus. Als Presse denke man sich einen Tisch, auf dem das Wäschestück aufgespannt wird, und darüber einen geheizten Schuh mit fein polierter Heizfläche, der auf den Tisch gedrückt wird. Durch die Heizung und Pressung wird eine sehr feine Plättwirkung erzielt. Man hat für die einzelnen Hemdteile verschiedene Pressen, wobei die Bearbeitung so vor sich geht, daß man zuerst das Hemdbördchen, darauf den Nacken, dann die Manschetten, darauf die Brust und schließlich den Rumpf plättet. Abb. 20 und 21 zeigen eine Hemdenbrustpresse. *a* ist die Hemdenbrust, die auf den darunterliegenden, mit Stoff bespannten Tisch aufgespannt ist. Das vorher geplättete Bördchen wird an das Segment *b* gelegt und mit einem Bügel *c* festgeklemmt. Den Rumpf klemmt man unter ein nur in einer Richtung drehbares Vierkantholz *d*,

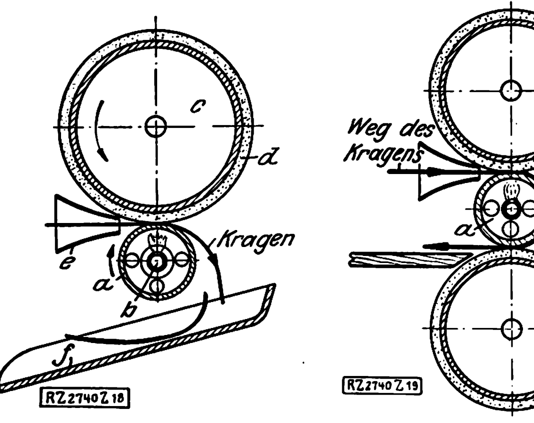


Abb. 18
Zweiwalzen-Bügelmaschine

a Heizwalze *b* Brenner *c* umwickelte Walze *d* Stoffumwicklung für *c* *e* kegeliges Schutzblech *f* Auffangblech

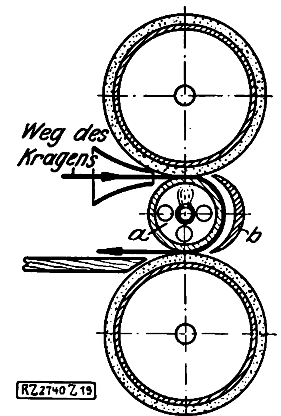


Abb. 19
Dreiwalzen-Bügelmaschine

a Heizwalze
b Führungsblech

wodurch sich die Brust schön glatt spannt. Der übrige Teil des Hemdes liegt in einem Messingblech *e*, damit es nicht schmutzig wird. *f* ist der Schuh, ein gußeiserner Hohlkörper, der sowohl mit Dampf als auch mit Gas oder elektrisch geheizt wird. Die untere Fläche ist sehr glatt poliert. Man hat nun Pressen, bei denen der obere Schuh auf den Tisch gepreßt wird, und auch umgekehrt solche, bei denen der Tisch von unten nach oben an den Schuh preßt. Diese Pressen werden meist mit der Hand oder dem Fuß betätigt und brauchen verhältnismäßig wenig Heizung. Da außerdem wenig geschultes Personal erforderlich wird, so stellt sich die Bearbeitung auf diesen Pressen sehr billig.

Abb. 22 zeigt eine große Presse für den Hemdenrumpf. Man legt das Hemd in verschiedenen Handhabungen auf den mit Stoff überzogenen Tisch *a*. Der geheizte und unten gut polierte Plättschuh ist *b*. Durch den Handgriff *c* wird er nach unten bewegt und durch den Fußtritt *d* auf den Tisch gepreßt. Der Druck ist durch das Handrad *e* einstellbar. *f* sind Ausgleichgewichte. Der Metallschlauch *g* dient dazu, durch die Polsterung des Tisches *a* hindurch die Feuchtigkeit aus der Wäsche mittels Exhaustor abzusaugen, wodurch auch gleichzeitig das Polster trocken bleibt. Diese Absaugvorrichtung wendet man jetzt bei allen Pressen an und erzielt dadurch eine bessere Leistung, während außerdem noch die Feuchtigkeit ins Freie befördert wird. Auf dieser Presse plättet man den Hemdenrumpf, Kittel, Leinenjacken, auch feinere Spitzenarbeiten, die nicht verschoben werden dürfen usw.

Die letzte Arbeit an derartigen schwierigen Wäschestücken wird durch Handbügeleisen geleistet, bei denen man in den meisten Fällen Preßgaseisen verwendet. Das Preßgas hat sich überhaupt in Wäschereien sehr stark eingeführt und wird bei sämtlichen gasbeheizten Maschinen usw. fast durchweg verwendet. In einem Verdichter wird das gewöhnliche Leuchtgas auf etwa 0,15 at verdichtet. Es strömt dann durch eine Düse in die Maschine. Durch dieses kräftige Ausströmen wird viel Sauerstoff angesogen, wodurch eine gute Verbrennung und eine Gasersparnis von rd. 25 vH erzielt wird. Die erwähnten Preßgaseisen sind durch einen dünnen Schlauch mit der Preßgasleitung verbunden und erhalten ständig Gaszufuhr, so daß also die Plätterin an ihrem Platz stehen bleiben und ohne Unterbrechung plätten kann.

[B 2740] (Schluß folgt.)

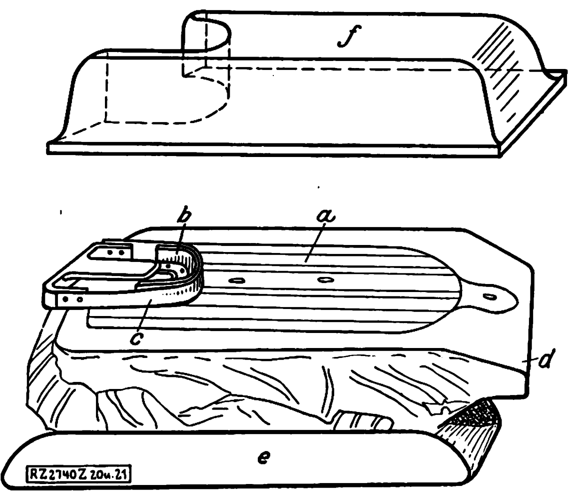


Abb. 20 und 21
Hemdenbrustpresse

a Hemdenbrust
b Segment zum Halten des Bördchens
c Bügel zum Festklemmen
d drehbares Vierkantholz
e Messing-Schutzblech
f geheizter Bügelschuh

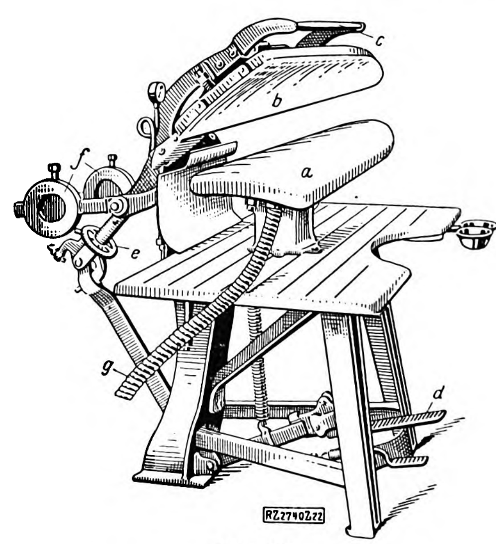


Abb. 22
Große Presse für Hemdenrümpfe

a Mit Stoff überzogener Tisch
b Plättschuh
c Handgriff zum Bewegen von *b*
d Fußtritt zum Pressen von *b* auf *a*
e Handrad zum Einstellen des Preßdruckes
f Ausgleichgewichte
g Metallschlauch zum Absaugen der Feuchtigkeit

Regelung des Kraftomnibusverkehrs im Bereich von New York

Die Stadt New York hat am 28. Juli d. J. die Verträge genehmigt, wonach der Equitable Coach Co. die Einrichtung von Kraftomnibuslinien im Bereiche der Stadtteile Manhattan, Brooklyn und Queens, der Surface Transportation Co. das gleiche Recht für den Stadtteil Bronx und der Tompkins Bus Corporation der Verkehr für den Stadtteil Richmond oder Staten Island übertragen wird. Mit der Aufnahme des Verkehrs ist allerdings nicht so schnell zu rechnen, weil noch manche Hindernisse bei andern zuständigen Behörden bevorstehen, die zum Teil andre Bewerber bevorzugt hatten.

Nach dem abgeschlossenen Vertrag hat die Equitable Coach Co. das Recht, insgesamt 55 Linien von rd. 370 km Gesamtlänge einzurichten, wofür 530 Eindeckomnibusse beschafft werden. Der Fahrpreis soll im allgemeinen 5 c betragen, doch sollen längere Linien in Teilstrecken zerlegt werden. Auch Umsteigeverkehr gegen Zuschlag von 2 c ist in Aussicht genommen. Die Gesellschaft zahlt von ihren Roheinnahmen aus dem Verkehr in Manhattan und in Brooklyn 5 vH, aus den Einnahmen in Queens 3 vH, mindestens jedoch jährlich rd. 1,68 Mill. *M*, an die Stadt. Die Mindestabgabe für den Verkehr in Bronx, wo zwölf Linien mit rd. 90 km Gesamtlänge genehmigt sind und 80 Eindeckwagen fahren sollen, wird rd. 105 000 *M* jährlich, die Mindestabgabe für Staten Island rd 100 *M* monatlich für jeden Omnibus betragen. Für diesen Stadtteil sind 18 Linien mit 126 km Gesamtlänge genehmigt, wofür rd. 125 Wagen eingestellt werden. Die Verträge sind auf fünf Jahre abgeschlossen. („Bus Transportation" September 1927 S. 516) [N 832] H.

Zur Entstehung des Gußgefüges

Von Frhrn. v. Göler und G. Sachs

Mitteilung aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Metallforschung

Gefügeausbildung von Güssen, ein Wärmeleitungsproblem — Aufwachsen strahliger Kristalle senkrecht auf Wandungen — Gießversuche mit Zink in Messingrohr verschiedener Gestalt — Gefügeausbildung und Böschungsfigur — Behinderter Wärmeabfluß an einspringenden Ecken verbunden mit Lunkerbildung und Anhäufung von Verunreinigungen — Ähnliche Vorgänge

Die Eigenschaften eines Gußstückes hängen von seinem Aufbau ab, d. h. von der Kristallausbildung, der Anordnung der Verunreinigungen und Undichtigkeiten[1]). Diese letzteren sind aber von der Kristallausbildung nicht unabhängig, oder sie hängen wenigstens von den gleichen Faktoren ab, so daß das Gefügebild eines Gußstückes bis zu einem gewissen Grad auch über seine Eigenschaften Aufschluß gibt. Besonders in letzter Zeit hat man vielfach eine Verbesserung der Eigenschaften durch planmäßige Beeinflussung des Gefüges zu erreichen versucht[2]).

Von diesem Gesichtspunkt aus hat die Erkenntnis der Gesetze, denen die Kristallausbildung unterliegt, eine große praktische Bedeutung. Über die Gesetze der Erstarrung wissen wir heute jedoch nur äußerst wenig. In welcher Weise die durch Größe, Gestalt, Orientierung und Anordnung der Kristalle mannigfaltig unterschiedenen Gefügebilder zustande kommen, ist bisher kaum untersucht worden.

Die Frage der Gefügeausbildung ist ein Problem der Wärmeleitung. Während der Erstarrung ist die Grenze fest-flüssig stets eine Fläche konstanter Temperatur, und die Kristalle wachsen senkrecht zu dieser Fläche, d. h. in Richtung des stärksten Temperaturgefälles weiter[3]).

Die mathematische Aufgabe, die Temperaturverteilung und insbesondere die jeweilige Lage der Erstarrungsfläche und der Linien des Temperaturgefälles zu berechnen, bietet erhebliche mathematische Schwierigkeiten und ist bisher selbst in einfachen Fällen nur unter Vernachlässigungen lösbar, die für die vorliegende Aufgabe unzulässig sind[4]).

Für die hauptsächlich in Frage kommenden Fälle zylindrischer und prismatischer Güsse gibt es jedoch eine Reihe Möglichkeiten, aus Versuchen über den Verlauf der Erstarrung und des Kristallwachstums einige Regeln abzuleiten. Wir beschränken uns im folgenden auf Bedingungen, bei denen der Mantel des Gusses an allen Stellen auf gleicher Temperatur gehalten wird. Dieser einfachste Fall wird sich zwar nicht vollständig verwirklichen lassen, da der Guß sich einerseits infolge Wärmezusammenziehung und Schrumpfung von der Kokille loslöst, und anderseits die Gußoberfläche ungleichmäßige Temperatur haben wird. Die Versuche zeigen jedoch, daß die dadurch bedingten Störungen in der Gefügeausbildung gering sein müssen, da das Ergebnis von den Versuchsbedingungen wenig beeinflußt wird.

Ist die Frage einmal für diesen einfachsten Fall so weit gelöst, daß die Gefügeausbildung für jeden irgendwie gestalteten Körper vorausgesagt werden kann, so dürfte es keine Schwierigkeiten bilden, qualitativ auch den Einfluß ungleichmäßiger Abkühlung zu berücksichtigen.

Die erste Aufgabe, die wir uns nun stellen, ist die Feststellung der Beziehungen zwischen dem Querschnitt der Gußform und der Kristallausbildung. In welcher Weise diese weiterhin durch die Gußtemperatur und die Abkühlungsbedingungen bestimmt wird, sei einer späteren Untersuchung vorbehalten.

Gießversuche mit verschiedenartig gestalteten Kokillen

In Güssen treten häufig strahlige Kristalle[5]) auf, die bis zu einem gewissen Grade über den Erstarrungsverlauf Auskunft geben. Die Längsrichtung der strahligen Kristalle muß nämlich an jeder Stelle senkrecht auf der augenblicklichen Erstarrungsfläche stehen; das Wachstum erfolgt also in Richtung des Temperaturgefälles, das auch den Wärmestrom bestimmt. Denn wie sich geometrisch leicht zeigen läßt, schreiten gleich schnell nebeneinander wachsende Kristalle in Richtung des Wärmestroms fort, ohne sich gegenseitig zu verdrängen[6]). Wenn letzteres trotzdem häufig zu beobachten ist, so sind hierfür Unterschiede in den Wachstumsgeschwindigkeiten der in der Regel verschieden gerichteten Kristalle oder Unregelmäßigkeiten im Erstarrungsvorgang verantwortlich zu machen.

Die strahlige Gefügeausbildung gibt also Aufschluß über das Fortschreiten der Erstarrung im Guß.

Es ist auch von einigem praktischen Wert, die Gesetze der strahligen Gefügeausbildung zu kennen. Denn das Auftreten strahliger Kristalle fürchtet der Betriebsingenieur wegen der damit häufig verbundenen schlechten Weiterverarbeitbarkeit der Güsse[7]). Dies beruht wohl hauptsächlich auf der ungünstigen Verteilung von Verunreinigungen und Hohlräumen in solchen Güssen. Durch entsprechende Gestaltung der Gußformen und Beeinflussung der Temperaturverteilung auf andre Weise sucht man bisweilen diese Fehler zu verringern.

Unter welchen Umständen strahlige Kristalle entstehen, ist bisher nicht geklärt; jedenfalls werden sie nach äußerlich sehr verschiedenen Abkühlungsbedingungen beobachtet. Dies ist an sich nicht besonders verwunderlich, da ja die Kristallausbildung allein vom Verlauf der Erstarrung abhängen muß, nicht aber von den Temperaturverhältnissen vor und nach der Erstarrung. Eine Untersuchung der genauen Zusammenhänge ist in einer späteren Arbeit vorgesehen.

Die Ausbildung des Gefüges wurde nun an einer Reihe von Zinkgüssen verfolgt, die in kleinen Kokillen aus verschiedenartig gestaltetem Messingrohr von 1 mm Wanddicke hergestellt wurden. Die Kokillen wurden mit der Schmelze gefüllt und nach 10 bis 15 s in kaltes Wasser gestellt, so daß die Temperatur der äußeren Messingwandung zwischen 20 und 50 ° angenommen werden kann.

Bei einigen Vorversuchen ergab sich, daß nur in einem engen mittleren Bereich der Gießtemperatur ein durchgängig strahliges Gefüge erreicht werden konnte, das eigenartigerweise häufig sehr grob ausfiel. Bei Gießtemperaturen, die gerade ausreichten, um den größten Teil der Schmelze bis zum Eintauchen ins Wasser flüssig zu erhalten, fielen die Kristalle verhältnismäßig klein aus mit Andeutungen strahliger Gestalt, Abb. 15; bei hohen Gießtemperaturen war meist nur der Rand strahlig ausgebildet, während die Mitte feinkörnig ausfiel, Abb. 9.

Die Versuche waren nicht eingehend genug, um bei jeder Kokillenform die für die Ausbildung strahliger Kristalle günstige Gießtemperatur zu erkennen. Im allgemeinen erwies es sich als ausreichend, bei Kokillen von großem Querschnitt bei etwa 525 ° bis 550 °, bei kleinem Querschnitt bis 600 ° hinauf zu vergießen. Bei dünnwandigen Kokillen (0,5 mm Wanddicke) konnte bis 450 ° hinabgegangen werden. Auf diese Weise wurde eine Anzahl von Güssen hergestellt und von ihnen Querschnitte angeätzt[8]), von denen einige in Abb. 1 und f. wiedergegeben sind.

---

[1]) O. Bauer und G. Sachs, „Metall und Erz" Bd. 25 (1927) S. 154.

[2]) A. W. u. H. Brearley, Blöcke und Kokillen, Berlin 1926, Julius Springer; F. Leitner, Ber. Werkstoffausschuß V. d. E. Nr. 57, 77 (1925); „Stahl und Eisen" Bd. 46 (1926) S. 525 u. f.; W. Wunder, Z. f. Metallk. Bd. 19 (1927) S. 275; P. Siebe und L. Katterbach, Z. f. Metallk. Bd. 19 (1927) S. 177.

[3]) W. Rosenhain, An Introduction to the Study of Physical Metallurgy, London 1916. S. 286.

[4]) Riemann-Weber, Partielle Differentialgleichungen II. Bd. 1912 S. 117.

[5]) Vergl. J. Czochralski, Moderne Metallkunde, Berlin 1924.

[6]) Vergl. A. Schubnikow und G. Lämmlein, Z. Krist. Bd. 65 (1927) S. 297. Den umgekehrten Fall, daß ein schneller wachsender Kristall in einer Röhre alle anderen verdrängt, behandeln R. Groß und H. Möller, Z. f. Phys. Bd. 19 (1923) S. 375.

[7]) A. W. und H. Brearley, Blöcke und Kokillen, S. 4 u. f.; W. Wunder, Z. f. Metallk. Bd. 19 (1927) S. 275; J. Czochralski, Z. f. Metallk. Bd. 18 (1926) S. 1 u. f.; E. Seidl und E. Schiebold, Z. f. Metallk. Bd. 17 (1925) S. 221 u. f., Bd. 18 (1926) S. 241 u. f.; O. Bauer und G. Sachs, „Metall und Erz" Bd. 25 (1927) S. 154; P. Siebe und L. Katterbach, Z. f. Metallk. Bd. 19 (1927) S. 177.

[8]) Abwechselnd mit Lösung mit 20 vH $CuCl_2$ und Salzsäure (20 vH)

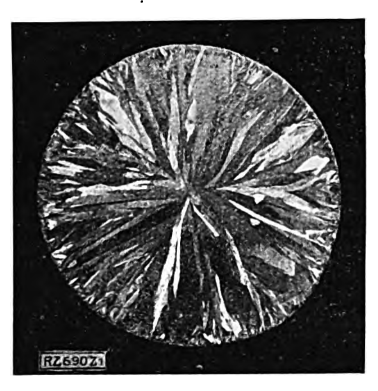


Abb. 1
Querschnitt eines zylindrischen Zinkgusses. (Gegossen bei 540 °C; geätzt mit Kupferchlorid und Salzsäure; 1,9 mal vergr.)

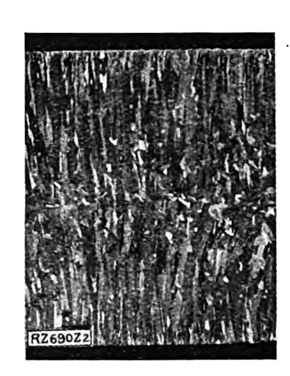


Abb. 2
Ausschnitt aus dem Querschnitt einer Zinkplatte. (Gegossen bei 525 °C; 2,8mal vergr.)

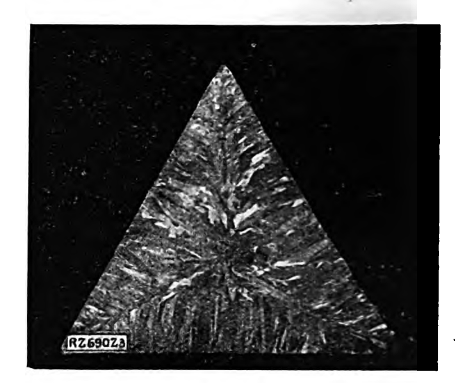


Abb. 3
Zinkguß mit dreieckigem Querschnitt. (Gegossen bei 550° C; 1,9mal vergr.)



Abb. 4
Zinkguß mit quadratischem Querschnitt. (Gegossen bei 525 °C; 1,9mal vergr.)

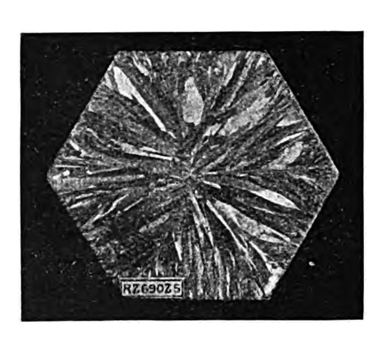


Abb. 5
Zinkguß mit sechseckigem Querschnitt. (Gegossen bei 540 °C; 1,9mal vergr.)

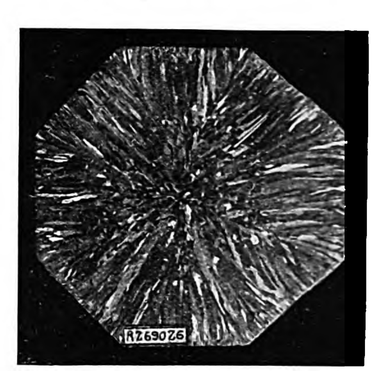


Abb. 6
Zinkguß mit achteckigem Querschnitt. (Gegossen bei 525 °C; 1,9mal vergr.)

Wir können nun diesen Abbildungen einige Regeln über die Abhängigkeit der Gefügeausbildung vom Querschnitt der Kokille entnehmen.

Beim Kreis-Querschnitt, Abb. 1, ist die radiale Aufwachsung der Kristalle selbstverständlich; diese Ausbildung folgt einfach aus der Rotationssymmetrie des Querschnitts. In Wirklichkeit fällt allerdings das Gefügebild stets etwas ungleichmäßig aus; wohl infolge des verstärkten Wettstreites, den die allmähliche Verjüngung der Kristalle nach innen zu erweckt, bilden sich einige Kristalle auf Kosten der andern besonders stark aus.

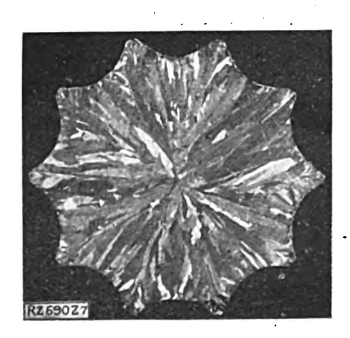
Ebenso einfach ist der Fall einer unendlich ausgedehnten planparallelen Platte, wie sie etwa durch den mittleren Teil eines flachen rechteckigen Querschnitts, Abb. 2, verwirklicht wird. Auf jeder der beiden ebenen Begrenzungsflächen wachsen die Kristalle senkrecht auf und treffen sich schließlich in der Mitte in einer scharfen Trennungslinie.

Um die Gefügeausbildung der übrigen Querschnittformen klar zu erkennen, erscheint es zweckmäßig, die Begrenzungsfläche in einfach gestaltete Formen aufzulösen und zunächst diese zu betrachten. Das Gefügebild ergibt sich dann stets mit guter Annäherung durch einfache Zusammensetzung dieser Grundformen.

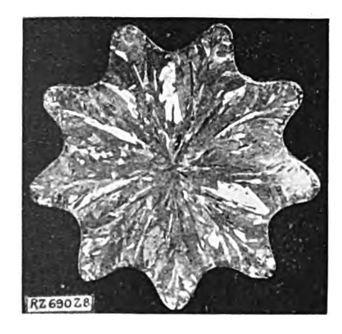
Bei Kreisstücken, Abb. 8 und 9, wachsen die Kristalle ganz wie bei rundem Querschnitt radial auf und treffen sich im Mittelpunkt.

Ausspringende Ecken, vergl. Abb. 3 u. f., bilden sich fast so aus, als ob die Kristalle auf den beiden ebenen Begrenzungen ganz ungestört voneinander aufwachsen. In den Winkelhalbierenden treffen sich die Kristalle und bilden diese als scharfe Trennungslinie aus. In nächster Nähe der Trennungslinie biegen die Kristalle meist etwas nach innen zu ab; und in Richtung der Winkelhalbierenden wächst häufig ein Kristall. Ist die Ecke nicht scharf, sondern abgerundet, wie etwa in Abb. 8 und 9, so kann sie aus Kreisstück und Eckenstumpf zusammengesetzt werden.

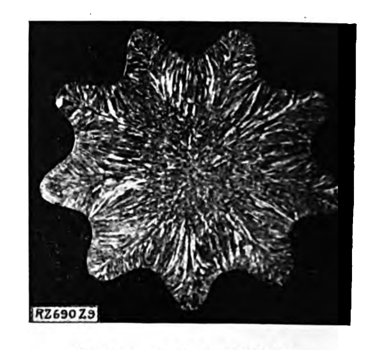
Alle Querschnitte aus gleichseitigen Vielecken, Dreieck, Abb. 3, Quadrat, Abb. 4, Sechseck, Abb. 5,



Gegossen bei 525 °C



Gegossen bei 530 °C



Gegossen bei 600 °C

Abb. 7 bis 9
Zinkgüsse mit sternförmigen Querschnitten (1,9mal vergr.).

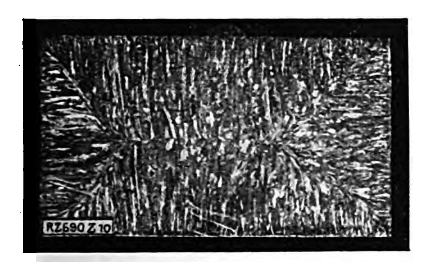


Abb. 10
Zinkguß mit rechteckigem Querschnitt. (Gegossen bei 525 °C; 1,9mal vergr.)

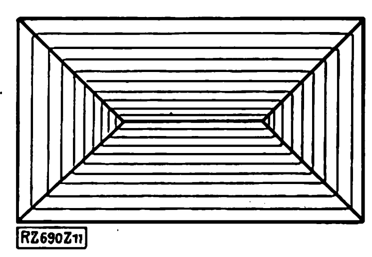


Abb. 11
Fortschreiten der Erstarrung in einem Guß mit rechteckigem Querschnitt

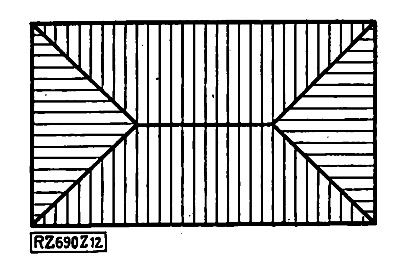


Abb. 12
Ideale Kristallausbildung in einem Guß mit rechteckigem Querschnitt

Achteck, Abb. 6 usw., bestehen also aus einer entsprechenden Zahl von Sektoren, in denen die Kristalle senkrecht auf den Begrenzungsflächen aufgewachsen sind. Das gleiche gilt wenig verändert für Vielecke mit ein- und ausspringenden Seiten, Abb. 7 bis 9.

Das Rechteck, Abb. 10, kann aus Platte und Winkeln, die Ellipse aus Platte und Kreisbögen zusammengesetzt werden.

Die Gefügeausbildung der bis hierher behandelten Querschnitte läßt sich nun in einfacher Weise konstruktiv verfolgen, womit gleichzeitig gewisse Aussagen über den Erstarrungsvorgang verknüpft sind. Nach einer bestimmten Zeit, z. B. 1 s, nach dem Abschrecken des Gusses, hat sich nämlich auf den Kokillenwandungen überall eine feste Schicht von annähernd gleicher Dicke gebildet. Diese behält also die geraden Kanten des Querschnitts, z. B. eines Rechtecks, Abb. 10, fast unverändert bei. A. W. und H. Brearley haben diese Tatsache durch Gießversuche mit Stearin unmittelbar nachgewiesen[9]). Trägt man nun eine Anzahl solcher Schichten entsprechend Abb. 11 bei irgendeinem Querschnitt ein, verbindet die entstehenden scharfen Ecken durch Trennungslinien und errichtet entsprechend Abb. 12 auf den Begrenzungslinien Senkrechte, so ergibt sich eine weitgehende Übereinstimmung zwischen Konstruktion, Abb. 12, und Versuch, Abb. 10.

Es sei gleich vorweggenommen, daß auch bei der Verdrehung von Eisenstäben entsprechenden Querschnitts nach den Versuchen von Bader und Nádai ganz gleichartige Fließfiguren-Zeichnungen entstehen und daß diese ebenso wie die Gefügezeichnungen den Gefällinien einer Böschungsfläche, also etwa eines Daches oder eines Sandhaufens, entsprechen[10]). Abb. 13 zeigt den Querschnitt eines verdrillten rechteckigen Prismas.

Zu dieser Konstruktionsmöglichkeit ist zunächst eine unwesentliche Einschränkung zu machen. Der gradlinige Verlauf der Kristalle ist in der Nähe der Trennungslinien in der Regel etwas gestört, indem die Kristalle nach der Mitte des Querschnittes zu abbiegen. Nur sehr selten sind aber diese Abweichungen, wie in Abb. 14, so groß, daß die kennzeichnende Zeichnung eines Gusses verwischt wird. Selbst beim achteckigen Querschnitt, Abb. 6, der sich doch stark der Kreisform annähert, sowie auch den sternförmigen Querschnitten, Abb. 7 bis 9, sind die Trennungslinien meist scharf ausgeprägt. Die durch diese Zeichnungen aufgedeckten Wachstumsgesetze sind auch offenbar nicht an die Ausbildung von langen, strahligen Kristallen gebunden; denn selbst im Fall eines feinkörnigen Gefüges kann man, wie z. B. in Abb. 15, häufig das senkrechte Aufwachsen der Kristalle und die Ausbildung der Trennungslinien feststellen.

Wesentliche Unterschiede zwischen dem Gußgefüge und der Konstruktion ergeben sich aber, wenn der Querschnitt einspringende Ecken hat, Abb. 16 bis 18. Die Trennungslinien sind nun stets gegenüber der Konstruktion, Abb. 19 und 20, in der Weise verändert, daß sie in der Nähe der scharf einspringenden Ecken zu diesen hin gedrängt sind. Dort zeigen auch die Kristalle stärkere Abweichungen vom senkrechten Aufwachsen. Ersteres bedeutet zunächst nichts weiter, als daß die Erstarrung von einspringenden Ecken langsamer ins Innere fortschreitet, in ihrer Nähe also der Werkstoff länger heiß bleibt und daher auch das Temperaturgefälle stärker sein muß als an anderen Stellen.

Die Ursache hierfür ist leicht einzusehen: Würde man in Analogie zur ausspringenden Ecke annehmen, daß sich nach Abb. 20 die Gefällinien geradlinig ins Innere fortsetzen, so müßte die Wärme des ganzen Sektors radial durch die Ecke abfließen. Dies ist aber unmöglich. Die aus dem Sektor abfließende Wärmemenge muß sich daher auf die Nachbarschaft der Ecke verteilen, was etwa einen Verlauf der Gefällinien nach Abb. 21 zur Folge hat. Immerhin tritt dabei eine Zusammendrängung der Gefällinien nach der Ecke hin ein, die eine Erschwerung des Wärmeabflusses bedeutet, d. h., wie Abb. 22 veranschaulicht, ein langsameres Fortschreiten der Erstarrungsfläche. Betont sei, daß alle Versuche und auch Beispiele aus der Praxis ein nahezu senkrechtes Aufwachsen der Kristalle auf dem Rand erkennen lassen[11]). Es folgt hieraus, daß keine nennenswerte Erhöhung der Randtemperatur in der Ecke stattfindet, da ja die Isothermen senkrecht auf den Gefäll-

[9]) A. W. und H. Brearley, Blöcke und Kokillen, S. 10 u. f.
[10]) W. Bader und A. Nádai, Z. Bd. 71 (1927) S. 317.
[11]) Vergl. auch Abb. 123 bei W. Rosenhain, Physical Metallurgy S. 292. Seine Konstruktion der Isothermen in Abb. 124 entspricht jedoch nicht der Orthogonalität.

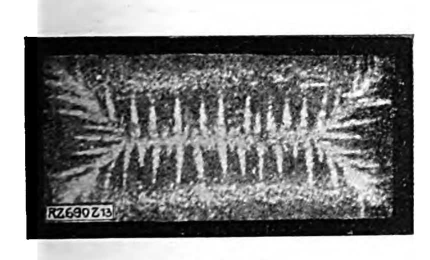


Abb. 13
Fließfiguren in einem verdrillten Eisen-Flachstab. (Nach Bader und Nádai.)

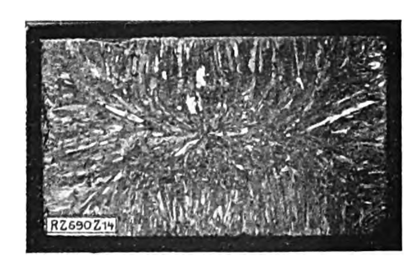


Abb. 14
Zinkguß mit krummlinigem Kristallwachstum. (Gegossen bei 525 °C; 1,9mal vergr.)

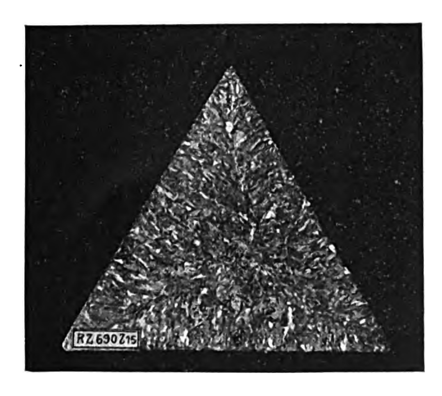
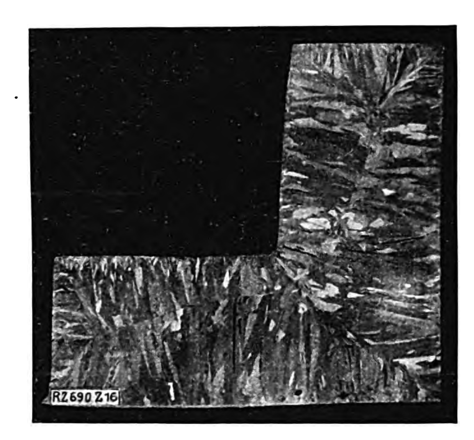


Abb. 15
Feinkörniger Zinkguß. (Gegossen bei 500 °C; 1,9mal vergr.)





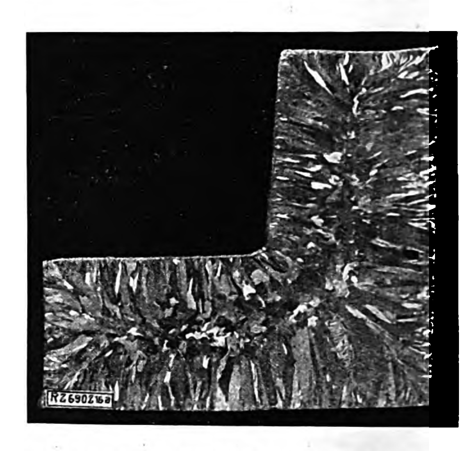


Abb. 16 und 16 a
Zinkgüsse mit Winkel-Querschnitt. (Gegossen bei 525 °C; 1,9mal vergr.)

linien stehen. Auf diese Weise ergibt sich ja auch Abb. 22 konstruktiv aus Abb. 21.

Von Bedeutung für die Praxis erscheint besonders die Tatsache, daß bei sonst gleicher Dicke des Gusses und überall gleichen Abkühlungsbedingungen an den Wandungen das Metall in der Nähe einer einspringenden Ecke am längsten flüssig bleibt. An diesen Stellen entstehen daher stets Lunker und häufen sich die Verunreinigungen an.

Bei ausspringenden Ecken müßte nun eigentlich infolge der erhöhten Möglichkeit des Wärmeabflusses die Trennungslinie von den die Ecke bildenden Kanten weiter entfernt sein, als etwa von einer geraden Begrenzung. Wie weitere Versuche gezeigt haben, ist aber diese Abweichung verhältnismäßig gering gegenüber der Wirkung einspringender Ecken. Sie ist auch außerdem praktisch deshalb noch von geringer Bedeutung, weil scharfe ausspringende Ecken selten allein auftreten. Bei symmetrischen Querschnitten treten aber aus Symmetriegründen die besprochenen Verschiebungen der Trennungslinien nicht ein.

Daß es sich wirklich bei einer einspringenden Ecke um einen behinderten Wärmeabfluß handelt, ist leicht einzusehen. Denken wir uns z. B. bei einer ausspringenden Ecke den einen Schenkel gegen Wärmeabfluß isoliert, so bleibt die Schmelze in dessen Nähe heiß. Die Kristalle wachsen also vom anderen Schenkel an den isolierten heran, so daß die Trennungslinie ganz dicht an diesen herangeschoben wird.

Ähnliche Vorgänge

Die Ähnlichkeit physikalischer Vorgänge findet ihren Ausdruck in der formalen Übereinstimmung der mathematischen Ansätze. Da von derartigen verwandten Aufgaben sich oft die eine oder andere durch größere Anschaulichkeit oder leichtere Zugänglichkeit für den Versuch auszeichnet, bieten solche Gleichnisse gelegentlich wertvolle Hilfsmittel zur Lösung von Fragen, wenn der rechnerische Ansatz an sich nicht auflösbar ist[12]).

Dem Erstarrungsvorgang weitgehend ähnlich ist die Auskristallisation einer Lösung, deren Lösungsmittel am Rande fortgeführt wird. Das Verhalten des Lösungsmittels ist bestimmt durch die Diffusionsgleichung, die mit der Differentialgleichung der Wärmeleitung formal übereinstimmt, wenn man an Stelle der Temperatur die Konzentration einsetzt. Auch die Bedingungen an der Erstarrungs-(Kristallisations-)fläche stimmen dann überein. So wären z. B. bei langsamem Kristallisieren einer gesättigten Salzlösung in einem porösen Zylinder, der eine Diffusion des Wassers erlaubt, ganz gleiche Gefügeausbildungen wie beim Erstarren zu erwarten.

Ein anderer Vorgang ist dagegen die spontane Kristallisation unterkühlter Lösungen. Ein solcher Fall liegt z. B. bei einer zähen Zuckermasse, Abb. 23, vor, wie sie zur Herstellung von Konfitüren verwendet wird. Bei der Erstarrung oder beim Kristallisieren ist für das Kristallwachstum die Fläche der Erstarrungstemperatur oder Ausscheidungskonzentration maßgebend, die je nach den Bedingungen mit örtlich und zeitlich wechselnder Geschwindigkeit und Richtung vorwärts wandert. In unterkühlten Lösungen dagegen ist das Fortwachsen der Kristalle allein bestimmt durch die Kristallisationsgeschwindigkeit von den Keimstellen aus. Dies zeigt sich darin, daß die Wanderungsgeschwindigkeit der Grenzfläche zähflüssig-kristallinisch ganz konstant bleibt (in unserem Falle 0,7 mm in einem Tag). Daher liegt auch kein Grund für Abweichungen vom geradlinigen Fortwachsen vor. Für diesen Fall, aber auch nur in diesem Fall, ist die Temperaturverteilung ohne Einfluß auf die Kristallausbildung[13]). Bei Mangel an Keimen, wie er besonders in einspringenden Ecken eintritt, entstehen dann verzweigte Dendriten. Im Falle von Abb. 23 sind im Innern der Ecke Keimstellen zu erkennen, von denen aus wieder Kristalle gewachsen sind. Die Seitenflächen der hineinwachsenden Kristalle wirken anscheinend, wenn, wie an einspringenden Ecken, Platz ist, als Flächen neuer Keimbildung, auf denen die Kristalle wieder senkrecht aufwachsen.

Dieser Fall der Gefügeausbildung entspricht im wesentlichen dem schon erwähnten Bilde, das die Gefällinien und Grate einer Böschungsfläche, Abb. 20, zeigt. Auch die Fließfiguren bei der Verdrehung von Eisen lassen eine ganz gleichartige Anordnung, Abb. 13, erkennen. Die Ähnlichkeit zwischen diesen Vorgängen und der Kristal-

[12]) A. und L. Föppl, Drang und Zwang, München und Berlin 1920, S. 80, Bd. 2.

[13]) Vergl A. Schubnikof und G. Lämmlein, Z. Krist. Bd. 65 (1927) S. 297.



Gegossen bei 575 °C



Gegossen bei 550 °C

Abb. 17 und 18
Zinkgüsse mit ausgesparten Kreis-Querschnitten (1,9 mal vergr.)

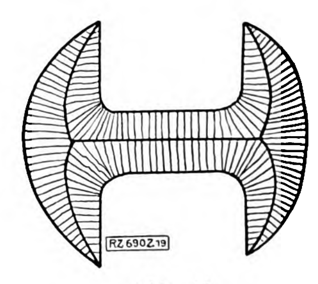


Abb. 19
Böschungsfigur mit Gefällelinien über einem ausgesparten Kreisquerschnitt



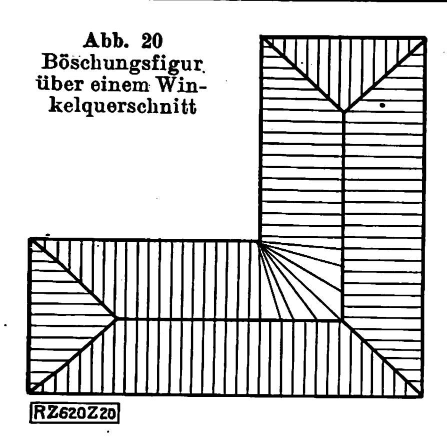


Abb. 20
Böschungsfigur über einem Winkelquerschnitt

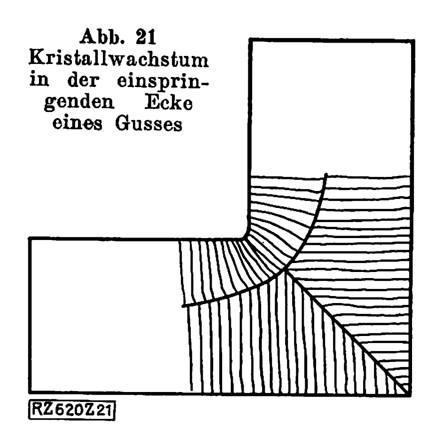


Abb. 21
Kristallwachstum in der einspringenden Ecke eines Gusses

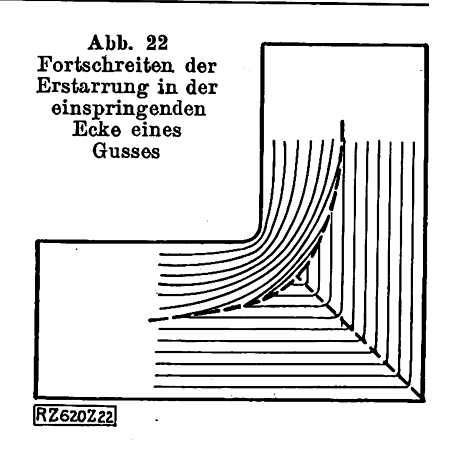


Abb. 22
Fortschreiten der Erstarrung in der einspringenden Ecke eines Gusses



Abb. 23
Bruchbild einer Stange aus durchkristallisierter Zuckermasse. (1,1mal vergr.).

lisation unterkühlter Lösungen ist sehr weitgehend; aber auch zur Erstarrung bestehen offenbar Beziehungen, da sich ja die Gefügeausbildung hierbei in erster Näherung aus der Böschungsfigur ableiten läßt. Die Abweichungen kommen zustande durch den Zwang, dem das Kristallwachstum infolge der jeweiligen Lage der Erstarrungsfläche unterliegt.

Die Böschungsfläche ihrerseits kann nun auch unter Umständen als Sonderfall einer unter Innendruck stehenden Membran gedeutet werden. Die Membran kann sich zu einer Böschungsfläche ausbeulen, wenn sie durch Einzelkräfte belastet wird. Die Ähnlichkeit mit dem Erstarrungsvorgang liegt darin, daß bei der Membrangleichung der Innendruck die gleiche Bedeutung hat wie bei der Wärmeleitung die zeitliche Temperaturänderung. Wenn sich hieraus auch noch keine anschauliche Brücke von einem Vorgang zum andern schlagen läßt, so weichen doch die Gefügebilder im selben Sinne vom Böschungsgleichnis ab, wie die Fläche einer unter gleichmäßigem Innendruck stehenden Membran. Eine weitere Verfolgung der hier angedeuteten Beziehungen zur quantitativen Einsicht in den Erstarrungsvorgang scheint nicht aussichtslos zu sein.

Für die Unterstützung bei der Durchführung der Versuche und Herstellung der Aufnahmen sind wir Fräulein E. Roidemeister zu Dank verpflichtet.

[B 690]

Bemerkenswerte neuere Bauteile für Stadtrohrposten

Von Oberbaurat Kasten, Berlin-Charlottenburg

Ausbau der Stadtrohrposten — Bauteile aus der letzten Zeit, wie Luftventile, Fahrrohrkontakte, Fahrgerät, Rohrverbindung, Selbstausschleuser, Büchsenzähler usw. — Versuche über die Fahrgeschwindigkeit

Die Deutsche Reichspost ist mit dem Ausbau ihrer Stadtrohrpostanlagen in den letzten Jahren sehr gut vorwärtsgekommen. Die größte Anlage in Berlin ist durch eine neue Schnellinie verbessert worden, für die Luftversorgung ist im Neubau des Fernamtes ein Heiz- und Rohrpost-Kraftwerk erbaut worden, die Anlage in München ist bedeutend erweitert, die Stadtrohrpost in Hamburg einem vollständigen Umbau unterzogen worden. Ganz neue Anlagen sind in Nürnberg, Mannheim, Dortmund, Düsseldorf und Görlitz entstanden; in absehbarer Zeit wird wohl kaum eine deutsche Großstadt ohne Stadtrohrpost sein. Auch das Ausland beginnt dem deutschen Beispiel zu folgen; es sind Stadtrohrposten in der Schweiz, in Skandinavien, Italien erweitert und neu gebaut worden; auch in Paris, Wien, in China und Japan, in den südamerikanischen Staaten bestehen Erweiterungs- und Neubaupläne.

Man benutzt noch immer die Luft als Treibmittel, obwohl sie die recht unangenehme Eigenschaft hat, besonders beim Witterungswechsel Feuchtigkeit in den Rohren abzusetzen. Auch gibt es kein Gebläse, das allen Anforderungen des Betriebes von Stadtrohrposten in jeder Beziehung gerecht würde.

In den großen Rohrpostnetzen, wie wir sie in Paris, in Wien und in Berlin[1]) vorfinden, ist man noch heute bei der Luftversorgung von einer Stelle aus mit größeren Gebläseanlagen geblieben und wird dies, abgesehen von besonderen Einzelfällen, auch wohl beibehalten. Die größeren Gebläse sind ausnahmslos Kolbengebläse; ihre Leistung ist nicht groß genug, um die wirtschaftliche Grenze der Turbogebläse zu erreichen.

[1]) Vergl. a. Z. Bd. 61 (1917) S. 709.

Über die Frage, ob man für jedes Fahrrohr ein Gebläse aufstellen oder die Leistung an den Stellen, wo mehrere Rohre zusammenlaufen, zu größeren Einheiten zusammenziehen soll, entscheidet wie oft in der Technik das Gefühl für das Zweckmäßige, besonders wenn man die Benutzungsdauer nicht kennt. In Berlin sind je nach den örtlichen Bedingungen größere Gebläseanlagen mit Einzelleistungen bis über 200 PS vorhanden, daneben auch noch kleinere für Einzelrohre. Die großen Anlagen werden, soweit sie mit Dampf betrieben werden, im Winter zur Raumbeheizung mitbenutzt. Man ist hier zum gemischten Betrieb übergegangen und verwendet elektrische und Dampfgebläse.

Um nun die Luftlieferung der Gebläse dem wechselnden Luftbedarf anzupassen, hat man verschiedene Hilfsmittel benutzt, wie sie auch sonst im Gebläsebetrieb bekannt sind; als Eigentümlichkeit des Rohrpostbetriebes kann man eine Steuerung auffassen, bei der das Gebläse, das gleichzeitig für

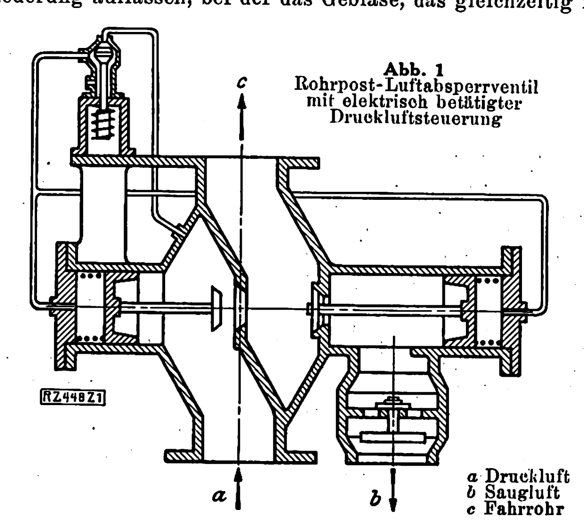


Abb. 1
Rohrpost-Luftabsperrventil mit elektrisch betätigter Druckluftsteuerung



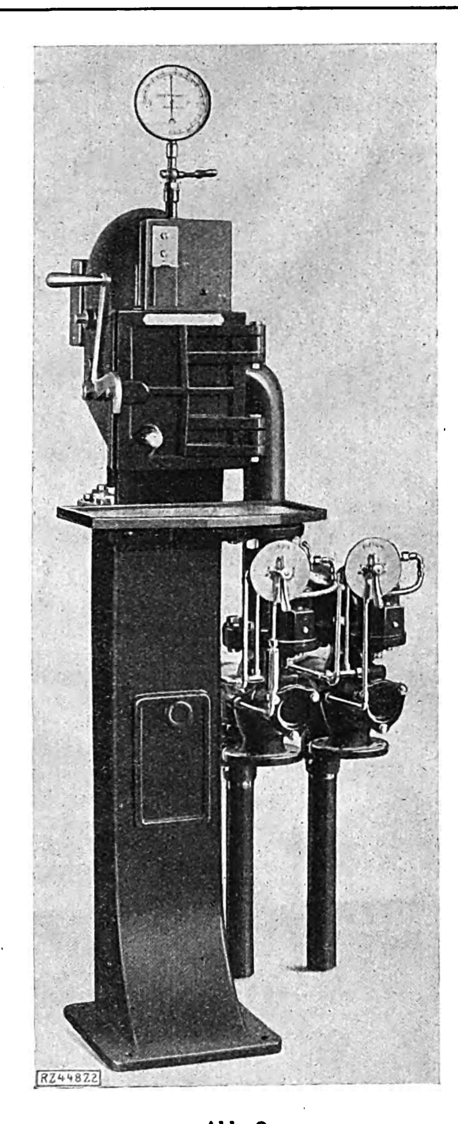


Abb. 2
Kammerapparat mit Luftumsteuerung der Deutschen Telephonwerke, Abt. Hardegen & Co., für die Stadtrohrpost in Berlin

Saug- und Druckluftbetrieb arbeitet, durch einen Druckmesser so gesteuert wird, daß die Saugseite mit der Außenluft verbunden wird, wenn die Liefermenge der Druckseite zu gering ist. Bei den größeren Stadtrohrpost-Anlagen hat man vielfach noch den Antrieb der Gebläse durch Dampf- oder Dieselmaschine beibehalten, um von allen Störungen der öffentlichen Stromversorgung unabhängig zu sein. Diese Störungen können auch bei kurzer Dauer für die Rohrpost empfindlich werden, weil die Büchsen in den Fahrrohren mit ihren eiligen Sendungen (Telegrammen) stecken bleiben und beim Wiederingangsetzen leicht Irrtümer in der Bedienung vorkommen können.

Je größer die Zahl der von einem Gebläse versorgten Rohre ist, um so mehr wird der Luftbedarf sich ausgleichen. Zum An- und Abschalten der Luft für die einzelnen Fahrrohre benutzt man elektrisch gesteuerte Luftventile, Abb. 1. Da die Rohre größtenteils mit Luftwechsel, also abwechselnd in der einen Richtung mit Druckluft, in der andern mit Saugluft befahren werden, so sind zwei Ventile erforderlich; jedes wird durch einen mit ihm verbundenen Kolben gesteuert.

Abb. 2 zeigt ein Luftwechselgerät mit den unterhalb der Tischplatten angeordneten beiden Ventilen. Die Ventile können mit der Hand oder elektrisch gesteuert werden, so wird z. B. die Druckluft durch einen am andern Rohrende angebrachten Kontakt nach Eintreffen einer Büchse oder eines Zuges abgestellt. Durch Versuche hat sich eine Lufterspamis bis zu 30 vH gegenüber dem Handbetrieb mit von Hand gegebenen Schauzeichen ermitteln lassen.

In der neueren Rohrposttechnik spielen überhaupt Kontakte im Fahrrohr oder in den Apparaten eine sehr große Rolle. Dabei sind allerlei Schwierigkeiten aufgetreten: u. a. ist die Berührungszeit, wenn eine Büchse mit großer Geschwindigkeit fährt, sehr gering; Öl und Feuchtigkeit verursachen allerlei Hemmungen, bei zu scharfer Einstellung wird das Fahrgerät beschädigt.

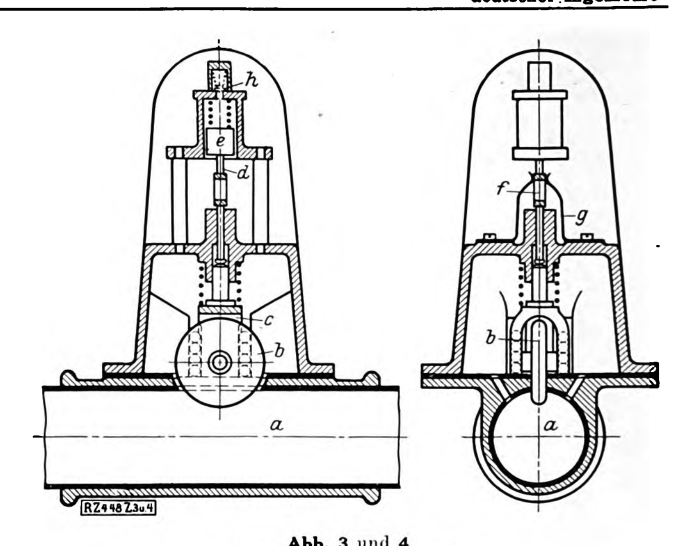


Abb. 3 und **4**
Rohrpost-Fahrrohrkontakt

a Fahrrohr *b* Rädchen *c* Schlitten *d* Stange *e* Kolben *f* Kontakt *g* Kontaktfeder *h* Rückschlagventil

Einen schon seit mehreren Jahren bei der Stadtrohrpost in Berlin benutzten Fahrrohrkontakt zeigen Abb. 3 und 4. In das Fahrrohr *a* taucht ein Rädchen *b*, dessen Achse in einem auf Kugeln gelagerten Schlitten *c* leicht beweglich gelagert ist. Das Rädchen stößt gegen die Stange *d* eines Kolbens *e*, die die Kontakte *f* und die Kontaktfedern *g* trägt. Wenn man einen Kontakt von längerer Dauer erreichen will, wird der Rückgang des Kolbens durch ein Rückschlagventil *h* verzögert. Für die Bauart sind also drei Grundgedanken bestimmend gewesen: leichte Beweglichkeit der von der Büchse schlagartig angestoßenen Massen, Teilung der zu bewegenden Massen und Verlängerung der Berührungsdauer durch ein Verzögerungsventil. Der Kontakt ist durch ein leicht abnehmbares aus Gußeisen bestehendes Gehäuse gegen Beschädigungen und Feuchtigkeit geschützt.

Dynamisch bildet der Kontakt mit der ihn berührenden Büchse eine Einheit; Form, Bauart und Baustoff der Büchse sind daher ebenfalls von Bedeutung. Bei der Berliner Stadtrohrpost wird noch immer die langbewährte Aluminiumhülse mit darübergeschobener Lederhülse benutzt; die straff über die eigentliche Hülse als einziger Verschluß geschobene Lederkappe ist allen Büchsenarten gemeinsam.

Man benutzt neuerdings Büchsen aus Zellhorn; da dieser Stoff aber mit der Zeit spröde wird, empfiehlt sich eine Verstärkung durch Aluminium, Abb. 5. Dabei wird auch eine sehr wichtige Forderung erfüllt, nämlich eine haltbare Befestigung der Stulpe am Körper der Büchse, die sonst bald von den Kontakten oder von den Vorsprüngen an

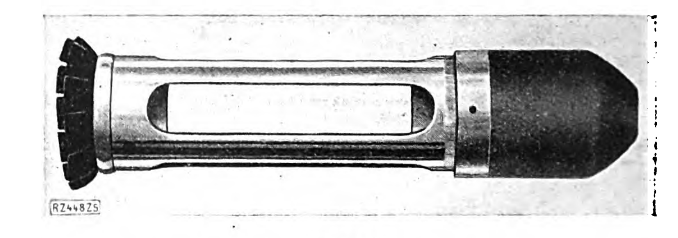


Abb. 5
Stadtrohrpostbüchse aus Zellhorn und Duralumin

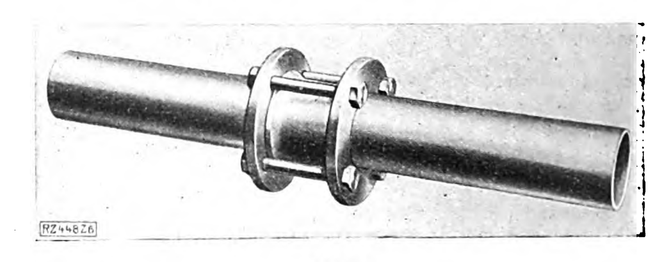


Abb. 6
Muffenverbindung

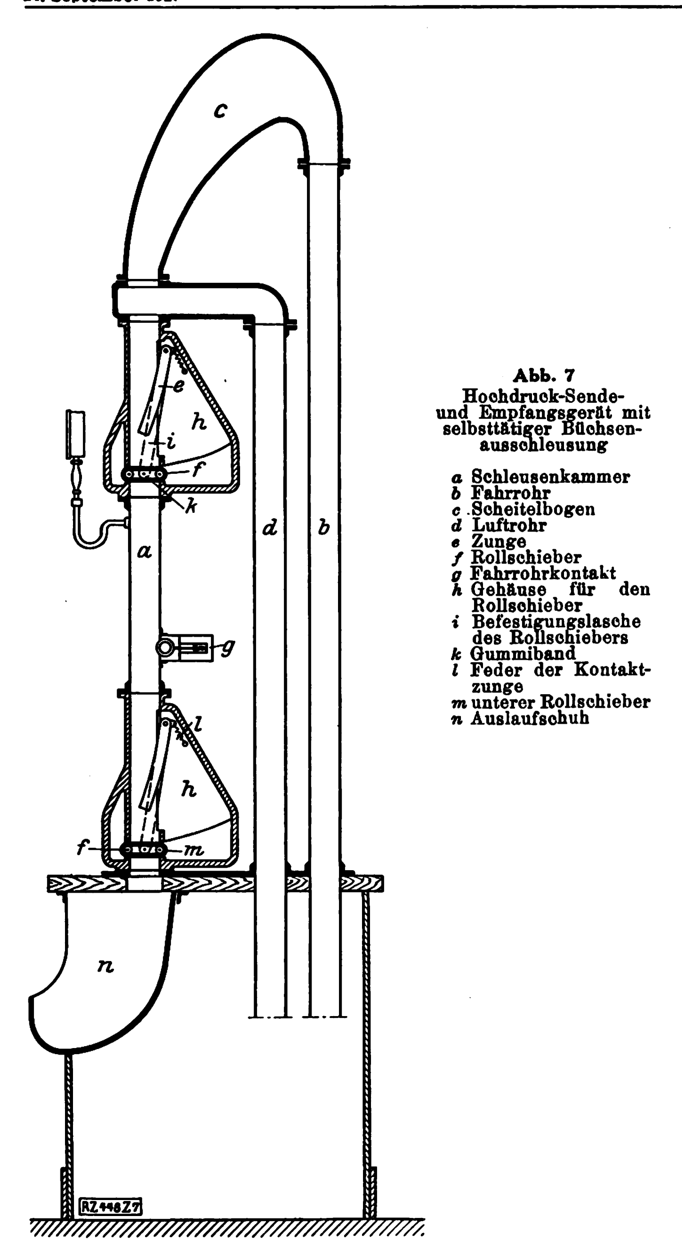


Abb. 7
Hochdruck-Sende- und Empfangsgerät mit selbsttätiger Büchsenausschleusung

a Schleusenkammer
b Fahrrohr
c Scheitelbogen
d Luftrohr
e Zunge
f Rollschieber
g Fahrrohrkontakt
h Gehäuse für den Rollschieber
i Befestigungslasche des Rollschiebers
k Gummiband
l Feder der Kontaktzunge
m unterer Rollschieber
n Auslaufschuh

den Rohrverbindungen abgestreift werden würde. Für die Haltbarkeit der Büchsen ist also auch die Glätte der Rohre und deren Verbindung von Wichtigkeit. Man benutzt daher auch seit kurzem nahtlos glattgezogene Stahlrohre mit Muffenverbindung, Abb. 6. Diese Verbindung hat vor aufgewalzten Flanschen den großen Vorteil, daß die Lauffläche ohne jeden Eingriff in der ursprünglichen Glätte und Genauigkeit erhalten bleibt, während beim Walzen stets eine Wulst und eine Erweiterung entsteht. Durch Versuche hat man festgestellt, daß diese den Zusammenbau sehr erleichternde Verbindung mehr als 100 kg Zug und mehr als 100 at inneren Druck zu ertragen vermag. Die glatten Rohre erhöhen nach den in Berlin gemachten Versuchen die Fahrgeschwindigkeit um mindestens 20 vH. Über den Einfluß der glatten Muffenverbindungen liegen Versuchsergebnisse noch nicht vor, da erst kurze Teilstrecken in Berlin damit ausgerüstet sind. Bedenkt man, daß in einer Sekunde von einer Büchse etwa zwei Stöße überfahren werden, so wird man, abgesehen von der Schonung des Fahrgerätes, auch eine Erhöhung der Geschwindigkeit erwarten.

Man bevorzugt neuerdings Empfangsgeräte mit selbsttätigem Auswerfen der Rohrpostbüchsen, damit das Absen-

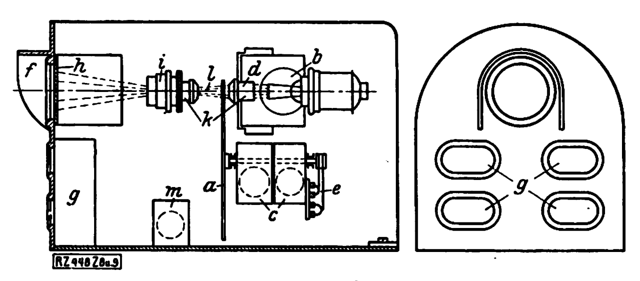


Abb. 8 und 9
Rohrpost-Büchsenzähler

a Ziffernscheibe
b Lichtquelle
c Vorwählerrelais
d Sammellinse
e An- und Abstellvorrichtung für das Gehäuse
f, g, h Fenster
i, *k* Objektiv
l Strahlenbündel
m Kontaktspeichervorrichtung

den der folgenden Büchsen von der Bedienung des Empfängers unabhängig wird. Man bildet zu diesem Zweck eine von zwei Absperrorganen eingeschlossene Schleusenkammern *a* aus, Abb. 7. Diese Absperrungen werden von eigenartigen Gebilden bewirkt, die man als Rollschieber bezeichnen kann. Um sie zu bewegen, stehen nur das Gewicht der Büchse und eine geringe Massenwirkung zur Verfügung. Die ankommende Büchse steigt im Fahrrohr *b* auf und überfährt den mit einseitigem Gefällwechsel versehenen Scheitelbogen *c*. Der größte Teil der lebendigen Kraft wird durch den Stoß gegen die obere Wandung des Bogens vernichtet; eine geringe Zunahme erfährt sie dadurch, daß das Luftrohr *d* unterhalb des Scheitelbogens angeschlossen ist. Die Büchse streift jetzt eine Zunge *e*, an der durch zwei Laschen der Rollschieber *f* befestigt ist, der jetzt nach rechts ausschwingt. Die Büchse kommt hierbei mit der abdichtenden Fläche des Schiebers nicht in Berührung; das ist ein Vorteil, der sich in größerer Lebensdauer der Schieber auswirkt. Der Rollschieber *f* besteht aus einem endlosen Gummiband, das über zwei in Kugeln gelagerten Rollen gespannt ist; ein in die Schleusenkammer *a* eingebauter Fahrrohrkontakt *g* gibt das Ankunftzeichen und stellt das Gebläse oder die Luft ab, wenn keine Büchse mehr im Rohr läuft.

Auffallend bei dem Gerät ist der einseitig gelegte Knickpunkt des Scheitelbogens, der den Zweck hat, ein Steckenbleiben der Büchse an dieser gefährlichen Stelle, wo sie wegen der Querschnitterweiterung dem Einfluß der Treibluft größtenteils entzogen ist, zu verhindern.

Zwischen dem Empfänger und dem Gebläse wird ein Büchsenzähler eingeschaltet, ein gleicher befindet sich am Sender. Sobald die erste Büchse abgeschickt ist, zeigt sich an beiden Zählern die Zahl 1, und das Gebläse wird eingeschaltet. Jede weitere Büchse schaltet die nächste Zahl ein, und jede ankommende zählt um eine Zahl rückwärts. Die Betriebsicherheit des Zählers ist sehr wichtig, da es vorkommen kann, daß beim falschen Zählen (falscher 0-Stellung) das Gebläse abgeschaltet wird, obwohl noch Büchsen im Rohre stecken, die dann u. U. nach langer Pause — im ungünstigsten Fall am nächsten Tage — bei Betriebsbeginn gefunden werden.

Einen neuen Büchsenzähler zeigen Abb. 8 und 9. Sein Hauptbestandteil ist eine Zifferscheibe *a*, die sich vor einer Lichtquelle *b* bewegt; die Bewegung wird ihr durch den vom Fahrrohrkontakt kommenden Stromstoß mittels eines Vorwählerrelais *c*, das der Fernsprechtechnik entnommen ist, erteilt. Die Lichtquelle wird durch die Sammellinse *d* verstärkt. Mit dem Relais *c* ist eine An- und Abstellvorrichtung *e* für das Gehäuse verbunden. Außer dem oberen Fenster *f* für die Ziffer, die die Büchsenzahl angibt, sind in der Vorderwand des Gehäuses noch vier Fenster *g* vorgesehen, durch die man den Betriebzustand überwachen und z. B. erkennen kann, ob im Fahrrohr mit Druck- oder Saugluft gearbeitet wird. Die in Abb. 1 bis 9 gezeigten Einrichtungen sind Ausführungen der Deutschen Telephonwerke, Abteilung Hardegen & Co.

In der letzten Zeit sind eingehende Versuche bei der Berliner Stadtrohrpost auch über die Abhängigkeit der Fahrgeschwindigkeit von der Büchsenzahl angestellt.

[M 448]

Elektrische Antriebe für Arbeitsmaschinen im technischen Unterricht

Von Oberingenieur H. Becker, Düsseldorf

Die Frage der Wahl des richtigen Antriebes für die Arbeitsmaschinen der Werkstätten — Einzel-, Gruppen- oder Sammelantrieb — hat man bisher noch nicht einheitlich und eindeutig beantworten können. Darüber besteht indessen kein Zweifel mehr, daß sich für alle hier in Betracht kommenden Antriebarten, wie immer sie auch gestaltet sind, die Elektrizität als alleinige Antrieb kraft durchgesetzt hat. Lediglich die Eigenschaften des Übertragungsmittels (Art, Länge usw.) nach der Umsetzung des elektrischen Kraftstromes in den mechanischen bestimmen die Zugehörigkeit zu einer der drei Gruppen. Ihre wichtigsten Glieder, die Transmissionen, Vorgelege, Rädertriebe, Riemen, Seile usw. haben nur die Kraft, fortzuleiten, zu kuppeln, d. h. auf die Maschine zu übertragen oder die Geschwindigkeit zu ändern, und es ist zur Genüge bekannt, daß der elektrische Kraftstrom in weitaus den meisten Fällen dies alles viel vollkommener tut als die mechanischen Übertragungsglieder. Es kann somit nicht wundernehmen, daß einmal die Elektrizität in immer steigendem Maße zur Kraftübertragung in den Werkstätten herangezogen wird, daß man zweitens den Weg des mechanischen Kraftstromes bis zum Werkzeug immer mehr zu verkürzen, den des elektrischen entsprechend zu verlängern bestrebt ist und daß zum dritten die Eigenschaften des Gleichstromes als eines verlustlosen Geschwindigkeits- und Richtungswechslers ganz selbstverständlich bevorzugt werden. So kam man mit der Entwicklung der Elektrotechnik ganz von selbst zum elektrischen Einzelantrieb der Arbeitsmaschinen. Zuerst gelang die Einführung bei den Großwerkzeugmaschinen, augenscheinlich, weil dort die Vorteile am sichtbarsten waren; fast gleichzeitig setzte sie aber auch bei den Klein- und Kleinstmaschinen (z. B. Handbohrmaschinen) ein, um dann allmählich in dem großen dazwischen liegenden Feld auf eine immer größere Zahl von Maschinengruppen überzuspringen (z. B. Auslegerbohrmaschinen, Hobelmaschinen usw.). Heute wird kaum noch eine Gruppe und auch innerhalb dieser kaum eine Arbeitsmaschine zu finden sein, bei der nicht der unmittelbare elektrische Einzelantrieb mit Erfolg durchgeführt werden konnte.

Dank den vorzüglichen Leistungen der deutschen Elektrotechnik war Deutschland bis in die ersten Kriegsjahre hinein auf diesem Gebiete der Schrittmacher für alle Länder. Dann mußte die Führung an das industriell fortschrittlichste Land, an Amerika, abgetreten werden — auch wieder ein Zeichen der Richtigkeit der Bewertung des Einzelantriebes —, und wir haben als Kronzeugen Ford selbst, der in seinem Buch[1]) erzählt, daß in seinen neueren Werken als einzige mögliche Antriebart für Arbeitsmaschinen der Einzelantrieb durchweg benutzt worden sei. Wie die Veröffentlichungen und Verkaufsanzeigen vieler deutscher und englischer Firmen erkennen lassen, haben aber auch in diesen Ländern die Bestrebungen zur weiteren Vervollkommnung des Einzelantriebes nicht aufgehört und gerade Deutschland scheint, soweit uns die Verhältnisse in Amerika bekannt geworden sind, auf dem besten Wege zu sein, die Führung, besonders was die Güte anbelangt, wieder an sich zu reißen. Man kann heute bei uns wohl jede Arbeitsmaschine mit Einzelantrieb erhalten, zum mindesten aber ist Einscheibenantrieb vorgesehen, der den Anbau eines Elektromotors mit Spannrolle oder dergl. leicht gestattet und überhaupt als Zwischenstufe, besser gesagt als Wegebereiter für den Einzelantrieb angesehen werden kann. Als eine der letzten Errungenschaften auf diesem Wege kann die Eroberung der Holzbearbeitungsmaschinen durch den Einzelantrieb angesehen werden, der auch in Amerika bereits in großem Umfange festen Fuß fassen konnte. Ein gleiches Bild zeigt der Hebezeugbau, der schon seit Jahren fast vollkommen auf elektrischen Betrieb umgestellt ist. Nur Anlagen für gelegentlichen und vorübergehenden Betrieb (z. B. bei Montagen) bilden hier vielleicht eine erzwungene Ausnahme.

Ein getreues Spiegelbild dieser Verhältnisse, soweit es sich um Werkzeugmaschinenantriebe handelt, und von dieser Maschinenart, als der bedeutendsten in Werkstättenbetrieben, soll hier vorzugsweise die Rede sein, bietet die Maschinenschau des deutschen Werkzeugmaschinenbaues auf der Leipziger Messe. Die Auswahl der dort gezeigten Ausstellungsgegenstände erfolgt vornehmlich nach folgenden zwei Gesichtspunkten: einmal entsprechend der Nachfrage: man will dem Kunden das anbieten, was gerade von vielen Seiten gebraucht wird, zum andern entsprechend der Neuheit: man will als Reizmittel einen technischen Fortschritt vorführen. Hinsichtlich beider Gesichtspunkte spielte auf den letzten Messeveranstaltungen der elektrische Einzelantrieb eine hervorragende Rolle. Es gab wohl keinen Stand in der Halle 9, auf dem nicht in mehr oder weniger großem Umfang Einzelantriebe von der einfachsten Art bis zur vollkommensten Durchbildung zu sehen waren[2]).

In reichlich schroffem Widerspruch zu diesen Verhältnissen steht die Tatsache, daß gerade dem elektrischen Antrieb der Arbeitsmaschinen im Unterricht an unsern Hoch- und Fachschulen im Vergleich zu andern Teilgebieten nicht die seiner Wichtigkeit entsprechende und dringend notwendige Beachtung geschenkt wird. Nehmen wir andere Abschnitte aus dem weiten Gebiet des Werkzeugmaschinenbaues: wieviel Bücher, Abhandlungen, Untersuchungen usw. sind da nicht schon erschienen. Wir nennen nur die Frage der Zerspanung, die Berechnung der Umlaufgetriebe, die Frage der Toleranzen usw.; über die vielseitigen Belange, die die richtige Auswahl, Anordnung des Antriebmotors, des Schaltgerätes, der Leitungsführung usw. betreffen, ist unser technisches Schrifttum dagegen wenig ergiebig, aus der Feder technischer Lehrer sind vollends derartige Mitteilungen nur ganz spärlich erschienen. Nur vereinzelt trifft man einen Verfasser, von dem dann bekannt ist, daß er vor Aufnahme seines Lehrberufs in der Regel als Konstrukteur in erstklassigen Werkzeugmaschinenfabriken tätig war und aus der Praxis die Wichtigkeit gerade auch dieses Zweiges seines Fachgebiets kennt[3]). Die Frage der elektrischen Hobelmaschinen-Umkehrantriebe, ihr Vergleich mit den dem gleichen Zweck dienenden Magnetkupplungen für Umkehrbetriebe, der elektrische Antrieb der Scheren und Pressen, die Bedeutung des Schwungrades bei diesen, die Wahl der Regelbereiche der Motordrehzahlen, die Frage der Zweckmäßigkeit der Druckknopfsteuerungen bei Arbeitsmaschinen, die Grenze ihrer Wirtschaftlichkeit und viele andre Fragen gleicher Wichtigkeit sind noch nicht endgültig gelöst und könnten manch wertvolles Thema für Diplom- oder Doktorarbeiten liefern. Ein weiteres wichtiges Gebiet ist die Frage der Elektrowirtschaft in Werkstätten, die Wahl der Stromart und Spannung nach Zweckmäßigkeit, Wirtschaftlichkeit usw., also sehr viele Fragen ohne ausgiebige Antwort für den Fragenden. Der Hinweis, daß diese Fragen in das Lehrgebiet der Elektrotechnik gehören, hätte früher genügt, heute sind sie aber so sehr in das Gebiet des Werkzeugmaschinenbaues und des Fabrikbetriebes hineingewachsen und mit ihm verbunden, daß sie auch gemeinsam mit ihm behandelt werden müßten. Meines Wissens ist dies aber nur bei den wenigsten Lehrstühlen der Fall.

Die von den Hoch- und Fachschulen kommenden jungen Konstrukteure bringen in den seltensten Fällen genügende Vorkenntnisse auf diesem Teilgebiet mit, sie fühlen meist selbst die Lücke sehr, die auszugleichen dann sehr mühsam ist. Auch der junge Assistent im Betriebe kann hiervon ein Lied singen. Es gibt heute kein Gebiet des Maschinenbaues mehr, auf dem nicht die Elektrotechnik in mehr oder weniger großem Umfang ihren Einzug gehalten hätte. Vom Standpunkte der Praxis muß deshalb eine größere Schulung der Studierenden des Maschinenbaues an unsern Hoch- und Fachschulen auf diesem Gebiete der Elektrotechnik gefordert werden, als sie bisher geboten wurde, wobei vornehmlich die Fragen des Antriebes besonders zu erörtern wären.

Wenn diese Zeilen hierzu beitragen, so ist ihr Zweck erfüllt; aber Eile tut not, denn fast kommt diese Forderung schon zu spät! [N 773]

[1]) „Mein Leben und mein Werk", Leipzig 1923 S. 133.

[2]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 817 und 885.

[3]) Vergl. Z. Bd. 66 (1922) S. 14; Z. Bd. 68 (1924) S. 6 und 29; Z. Bd. 69 (1925) S. 265; Z. Bd. 70 (1926) S. 1172 und 1251; „Maschinenbau" Bd. 6 (1927) S. 274.

Kohle als Werkstoff

Von Professor Dr. K. Arndt, Charlottenburg

Wahl der Rohstoffe für die Elektrodenherstellung, das Pressen und Brennen der Kohlenelektroden und ihre Verwendung im Karbidofen, in der Aluminiumgewinnung und in der Chloralkalielektrolyse — Prüfung der Kohlenelektroden für die verschiedenen Verwendungen — Elektrische Graphitierung der Elektrolysekohlen — Geschichte der Elektrodenherstellung, der Herstellung von Kohlenstiften für Elemente und von Dynamobürsten

Nicht nur als Brennstoff, sondern auch als Werkstoff spielt die Kohle in der elektrotechnischen und besonders in der elektrochemischen Industrie eine wichtige Rolle. Nach meiner Schätzung werden jährlich 300 000 t veredelter Kohle verbraucht, und zwar als gewaltige Ofenelektroden zur elektrothermischen Gewinnung von Karbid, Ferrolegierungen, hochwertigem Stahl, Schmirgel und Phosphor, als Anodenblöcke für die schmelzelektrolytische Erzeugung von Aluminium und Magnesium, als graphitierte Anoden für die Chlorkalielektrolyse, als Kohlenstifte für galvanische Elemente, als Dynamobürsten usw. Freilich leitet die Kohle auch bei der besten Verarbeitung bei weitem nicht so gut wie die Metalle und ist auch nicht so fest wie diese; aber sie widersteht besser den hohen Temperaturen und den meisten chemischen Einflüssen, durch die z. B. Kupfer und Eisen rasch zerstört werden.

Als Rohstoffe werden von den Elektrodenfabriken Anthrazit, Koks und Retortenkohle verbraucht. Der Anthrazit, das Endglied der natürlichen Umwandlung des Holzes zu Kohlenstoff, enthält noch einige Hundertteile Wasserstoff und andere flüchtige Bestandteile, die ihm vor der Verarbeitung durch Glühen unter Luftabschluß entzogen werden, ferner mineralische Bestandteile (Kieselsäure, Tonerde, Eisenoxyd, Kalk), die bei seiner Verbrennung als Asche zurückbleiben. Der beste Anthrazit enthält nur etwa 3 vH Asche; er soll von schieferigen Einlagerungen und eingesprengtem Schwefelkies möglichst frei sein.

Die Forderung niedrigen Aschengehaltes gilt auch für den Koks, den wichtigsten Rohstoff der Elektrodenfabriken. Am reinsten ist Pechkoks und vor allem Petrolkoks, der deshalb für die Anoden der Aluminiumbäder gebraucht wird; denn alles Silizium und Eisen, das in der Anode enthalten ist, geht in die Badschmelze und aus dieser in das an der Kathode abgeschiedene Aluminium über. Aluminium mit mehr als 99 vH Reinheit kann man nur durch Anoden aus bestem Petrolkoks mit höchstens ½ vH Asche herstellen. Der galizische Petrolkoks ist öfter durch einen erheblichen Salzgehalt minderwertig; eisenhaltige Krusten müssen sorgfältig abgeschlagen werden. Bei den Elektroden für Karbidöfen schadet hin-

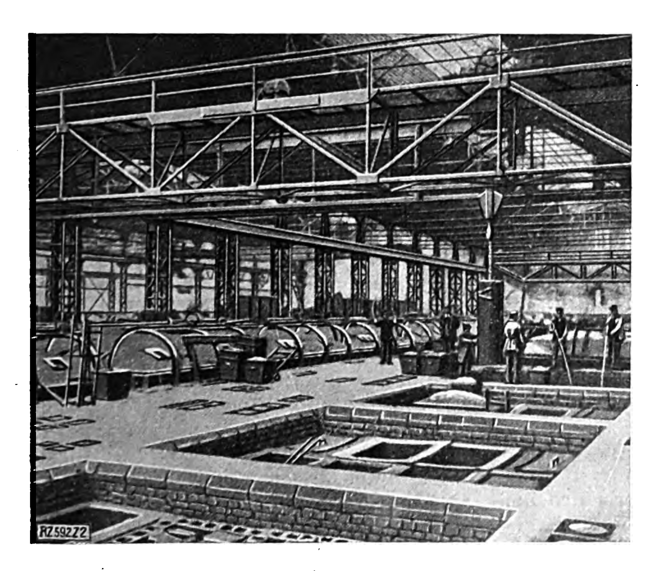


Abb. 2
Ringofen zum Brennen von Elektroden

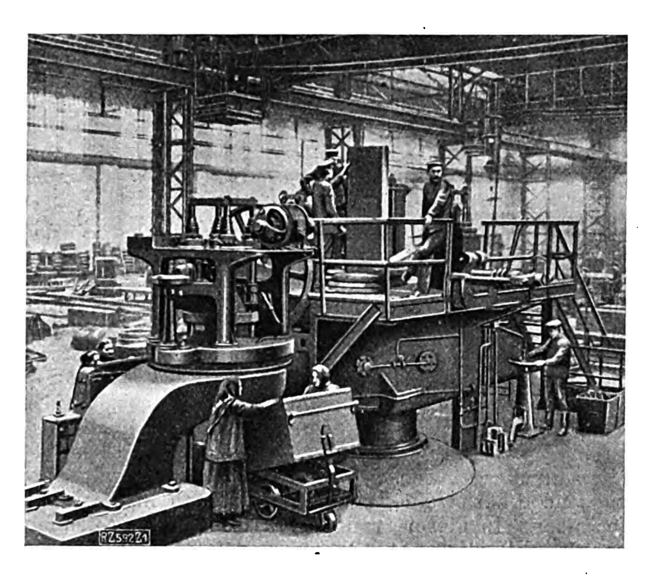


Abb. 1
Große Elektrodenpresse der Rütgerswerke

gegen ein höherer Aschengehalt nichts; hier kommt es neben guter Leitfähigkeit vor allem auf Festigkeit an, die in erheblichem Maße vom Gefüge des Rohstoffes abhängt; mürber Koks gibt eine schlechte Ofenelektrode.

Die sehr dichte Retortenkohle (fälschlich Retortengraphit genannt), die sich beim Verkoken der Kohlen durch Zerfall von Kohlenwasserstoffen an der glühenden Retortenwand abscheidet, ist ein ausgezeichneter Rohstoff, steht uns aber in viel zu kleinen Mengen zur Verfügung, weil einerseits in den heutigen Gaswerken und Kokereien jene Zersetzung möglichst vermieden wird und anderseits die Elektrodenerzeugung riesig gewachsen ist. Man nimmt deshalb die Retortenkohle hauptsächlich zu Elektroden für Elektrostahlöfen, weil hier an die Festigkeit besonders hohe Ansprüche gestellt werden. Abbröckelnde Elektroden können z. B. in den Strahlungsöfen der Bonner Bauart den Kohlenstoffgehalt des Edelstahles höchst unangenehm verändern.

Bei den Karbidöfen bedeuten Elektrodenbrüche zwar kein Verderben der Beschickung, aber eine böse Betriebstörung, zumal wenn die Elektrode oben am Kopfe bricht, was während des Krieges wegen der oft schlechten Rohstoffe nicht selten vorkam. Dann muß der Strom abgeschaltet, das abgebrochene Stück aus dem weißglühenden Herd gefischt und eine neue Elektrode in das Paket eingesetzt werden. Bedenkt man, daß in den heutigen Riesenöfen für 8 bis 12 000 kW Belastung die Kohlenelektroden von z. B. 1800 mm Länge und 500 × 500 mm² Querschnitt über 700 kg wiegen (je drei oder vier von ihnen sind zu einem Paket vereinigt), daß am Fuß der Elektroden eine Temperatur von etwa 2000° herrscht, während die eiserne Fassung ihres Kopfes durch Wasser gekühlt wird, so leuchtet ein, daß es keine geringe Aufgabe ist, aus einem an sich spröden Werkstoff, wie Kohle, Elektroden für derartig hohe Beanspruchung herzustellen; außerdem soll ja die Elektrode den Strom möglichst gut leiten und durch Abbrand an der Luft möglichst wenig verzehrt werden.

Zur Herstellung solcher Ofenelektroden werden der entgaste Anthrazit und der Koks zerkleinert, gemahlen, gesiebt und mit genau bemessenen Mengen von Pech und





Abb. 3
Schliff einer Elektrode mit grobem Gefüge; Vergr. 4 fach



Abb. 4
Retortengraphit, Vergr. 250 fach

bestem Teer als Bindemittel innig gemischt. Diese in der Wärme bildsame Masse wird nun durch Strangpressen zu Elektroden von rechteckigem oder kreisförmigem Querschnitt geformt. Abb. 1 zeigt eine große Elektrodenpresse der Firma Rütgerswerke, A.-G., Abt. Planiawerke, Ratibor; aus dem Mundstück des mit Dampf geheizten Zylinders steigt unter hohem Wasserdruck die Elektrode empor. Nach dem Verfahren der Firma Gebr. Siemens & Co., Berlin-Lichtenberg, werden dagegen die Elektroden in Formen gestampft. Die sog. „grünen" Elektroden läßt man nun auf ebenen eisernen Platten lagern, bis sie genügend erhärtet sind, und führt sie dann in die Brennöfen über. In diesen, von der Firma Meiser, Nürnberg, gebauten Ringöfen, Abb. 2, werden die Elektroden aufrecht stehend und mit Kohlenpulver umschüttet, allmählich bis über 1000° erhitzt und dann langsam abgekühlt. Das Brennen erfordert etwa 14 Tage[1]).

Die aus dem Ofen kommende Elektrode wird abgeputzt und dann geprüft. Sie soll beim Anschlagen mit dem Hammer einen hellen Glockenton geben; in die Tiefe gehende Risse (oberflächliche Risse sind zumeist belanglos) oder ungenügendes Brennen verraten sich durch den Mißklang. Einen gewissen Maßstab für die Güte der Elektrode gibt der elektrische Widerstand. Er wird gemessen, indem man längs durch die Elektrode einen Strom von bekannter Stärke, z. B. 100 A, schickt und den Spannungsabfall zwischen angepreßten Hilfselektroden mißt. Der spezifische Widerstand (bezogen auf 1 m Länge und 1 mm² Querschnitt) beträgt im allgemeinen bei Zimmertemperatur 60 bis 100 Ω. Er ist indessen nicht allein maßgebend für die Güte einer Elektrode.

[1]) Seit einigen Jahren verwenden nicht wenige Karbidwerke usw. die Söderberg-Elektrode, die oberhalb des elektrischen Ofens in Formen aus Eisenblech gestampft wird und sich beim Nachschub durch die dem Ofenherd entströmende Hitze garbrennt. Ob diese eigene Herstellung am Ort oder der Bezug von einer Elektrodenfabrik für den Verbraucher vorteilhafter ist, kann nur von Fall zu Fall unter eingehender Berücksichtigung der besonderen Verhältnisse entschieden werden.

Je nach Art des elektrischen Ofens und der Strombelastung des Elektrodenquerschnittes ist das Gefüge der Elektrode verschieden zu gestalten. Für die ganz großen Öfen ist im allgemeinen ein grobes Gefüge zweckmäßig, Abb. 3; die großen Anthrazitbrocken sind möglichst gleichmäßig in der feinen Grundmasse verteilt und mit ihr durch das beim Brennen verkokte Bindemittel verkittet. In anderen Fällen ist ein feineres Korn erwünscht, wie es früher bei den kleinen Ofenelektroden allgemein üblich war.

Durch die Mikrophotographie kann man von den Bestandteilen der Elektrode auf dem Schliffbilde bei hoher Vergrößerung (V = 500) den Retortengraphit unzweideutig nachweisen; er hat einen eigentümlichen, Rosenknospen ähnlichen Bau, Abb. 4, der dadurch entsteht, daß sich um feste Kerne der Kohlenstoff schalig anlagert.

Besonders hoch werden die Abstichelektroden mit Strom belastet, Stäbe von etwa 10 × 10 cm² Querschnitt, mit denen man in die dicke Karbidkruste, die die Abstichlöcher der Riesenöfen schließt, mit dem Lichtbogen ein Loch brennt, durch das das blendend weiß

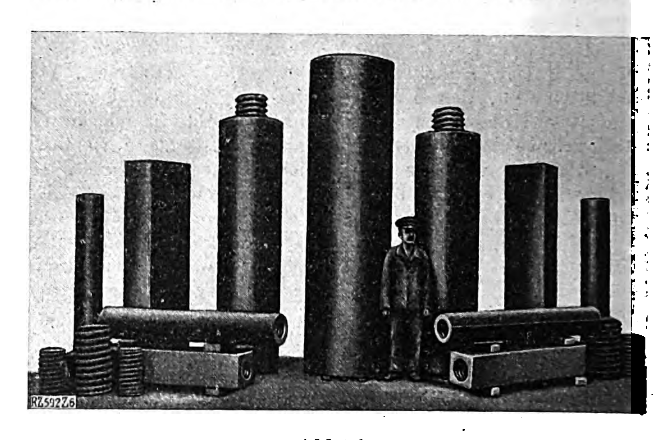


Abb. 6
Elektroden von Gebr. Siemens & Co., Berlin-Lichtenberg
Die Rundelektrode in der Mitte hat 800 mm Dmr., 3200 mm Höhe und wiegt 2300 kg.

glühende flüssige Karbid in die Abstichpfanne hinabfließt. Abb. 5 zeigt einen Karbidofen nebst Abstichvorrichtung.

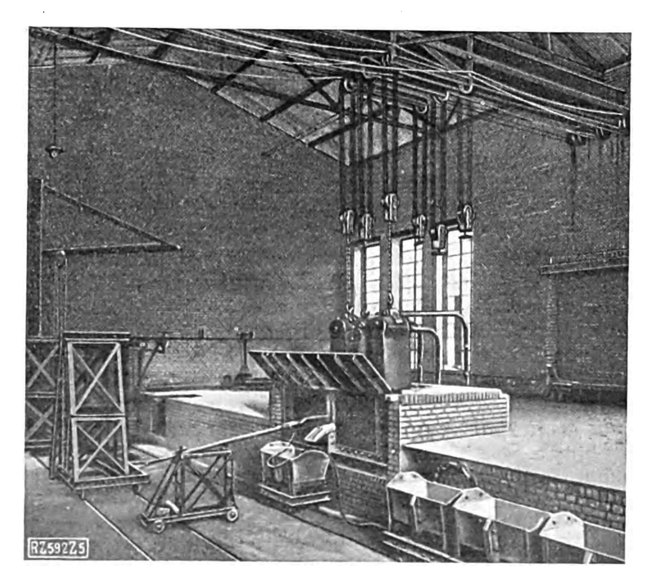


Abb. 5
Karbidofen mit Abstichvorrichtung

Um die Kohlenelektroden, die infolge der Hitze des Lichtbogens und des sie durchfließenden starken Stromes (3 bis 4 A/cm², also für 50 × 50 cm² rd. 10 000 A) oft auf eine längere Strecke glühen, vor dem Luftsauerstoff zu schützen, bekleiden die Verbraucher sie gern mit einer feuerfesten Schutzdecke — z. B. mit Asbest und Schamotte — der sie durch Drahtgewebe besseren Halt geben. Besonders wichtig ist es, die Kohlen im Paket genau zusammenzupassen, damit keine Fugen klaffen, durch die die Luft wie durch einen Schornstein emporgesogen wird, und für guten Stromübergang oben an den Fassungen zu sorgen. Während in den schwierigen Verhältnissen der Kriegszeit bis zu 70 kg Elektrodenkohle auf 1 t fertiges Karbid verbraucht wurden, sind wir jetzt wieder auf 27 bis 30 kg herabgekommen, was bei einem Preise von etwa 30 ₰/kg bei den Betriebskosten sehr ins Gewicht fällt. Eine große Unbequemlichkeit bedeuten für die Elektrodenerzeugung die mannigfachen Querschnitte und vor allem Kopfformen (mit und ohne Hohlkehlen, Löcher usw.), die für die verschiedenen Verbraucher geliefert werden müssen. Leider hat sich noch keine Elektrodenfassung als die beste durchgesetzt, so daß die dringend notwendige Normung auf diesem Gebiet besonders großen Schwierigkeiten begegnet.

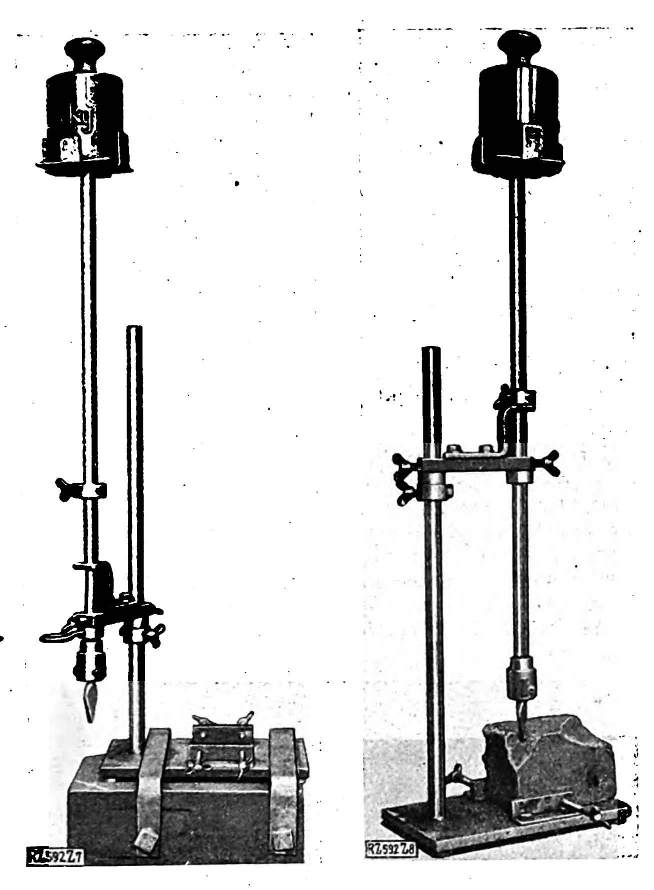


Abb. 7 und 8
Fallgerät zur Prüfung der Festigkeit

Für die Elektrostahlöfen verwendet man allgemein runde Elektroden, denen der Strom durch ringförmige Fassungen zugeführt wird. Durch Kohlennippel mit Gewinde wird auf den Kopf der abgebrannten eine neue Elektrode geschraubt, so daß man die Kohle restlos aufbraucht und nicht, wie bei der Kopffassung, beträchtliche Stummel übrig behält. Abb. 6 zeigt eine Anzahl runder und rechteckiger Ofenelektroden der Firma Gebr. Siemens & Co., in der Mitte eine von 3,2 m Höhe, 0,8 m Dmr. und 2,3 t Gewicht.

Die mechanische Festigkeit der Elektroden kann man prüfen, indem man mit dem Hammer eine Ecke abschlägt. Um die Bruchfestigkeit zu bemessen, habe ich während des Krieges, als mir die Bewirtschaftung der Elektroden anvertraut war, ein Fallgerät konstruiert, bei dem ein beschwerter Meißel eine genau abgegrenzte Ecke abschlägt; das Produkt aus Fallgewicht und Fallhöhe gibt dann ein brauchbares Maß für die relative Festigkeit. Bei den Abstichelektroden fand ich den höchsten Wert. Abb. 7 und 8 zeigen dieses Gerät vor und nach dem Absprengen der Ecke, die durch einen Kreidestrich, auf dessen Mitte die Meißelschneide trifft, genau bestimmt ist. Die Vorrichtung läßt sich auf größere Blöcke aufspannen, Abb. 7, während herausgesägte Probestücke auf dem Tisch festgeschraubt werden, Abb. 8.

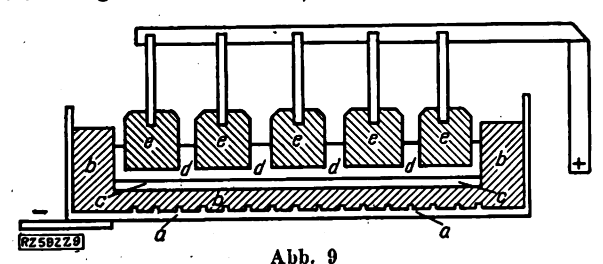


Abb. 9
Schnitt durch ein Aluminiumbad
a Eiserne Wanne *b* Kohlenfutter *c* geschmolzenes Aluminium *d* Kryolith-Tonerdeschmelze *e* Anodenkohle

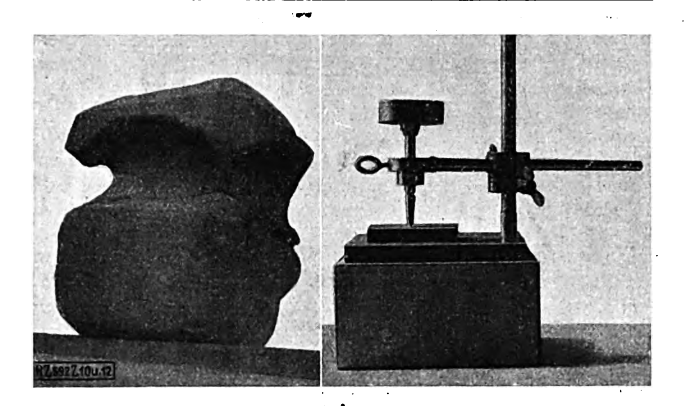


Abb. 10
Abgerieselte Anode

Abb. 12
Ritzhärteprüfer

Der zu prüfende Kohleklotz, Abb. 7, ist eine Anode für die Aluminiumgewinnung durch Schmelzelektrolyse, ein rechteckiger Block von etwa 35 cm Höhe und 700 bis 800 cm² Querschnitt. Er wird in einer Blockpresse geformt und wie die andern Kohlenelektroden gebrannt. In Deutschland hängt man meist 10 oder 12 solcher Anodenblöcke in zwei Reihen ein.

Abb. 9 zeigt schematisch einen Schnitt durch ein Aluminiumbad. Die flache, mit Kohle gefütterte Wanne ist mit dem negativen Pol der Stromquelle (Gleichstrom) verbunden; aus dem feuerflüssigen Bad, einer Lösung von Tonerde (Al_2O_3) in geschmolzenem Kryolith (Aluminiumnatriumfluorid) wird das Aluminium auf dem Boden der Wanne abgeschieden, während der Sauerstoff der Tonerde die Anodenkohle zu Kohlenoxyd und Kohlendioxyd verbrennt. Die Kohlenelektrode wird also zwangläufig durch die Elektrolyse verzehrt (theoretisch mindestens ⅓ kg, in Wirklichkeit 0,5 bis 0,7 kg Anodenkohle für 1 kg abgeschiedenes Aluminium), während bei der Karbiderzeugung und überhaupt bei elektrothermischen Verfahren die Elektrodenkohle nur den Strom zuführen und eigentlich an der chemischen Umsetzung nicht teilnehmen soll.

Auch die Aluminiumanoden müssen natürlich gut gebrannt sein. Sie dürfen keine inneren Spannungen haben, sonst rieseln sie im Bade ab und schnüren sich ein, Abb. 10, was Störungen und übermäßigen Verbrauch verursacht. Sehr wichtig ist guter Kontakt der Kohle mit dem in ihren Kopf als Stromleiter eingeschraubten oder eingekeilten eisernen Nippel, andernfalls kann diese Stelle durch den etwa 1000 A starken Strom bis zum Glühen erhitzt werden und der Nippel sogar abschmelzen. Im regelrechten Betriebe wird die Anode durch die Elektrolyse bis auf eine dünne Platte verzehrt. Je länger die Elektrode ist, um so weniger macht dieser übrigbleibende Rest im Vergleich zum ursprünglichen Gewicht aus; aber der Strom hat dann auch einen längeren Weg in der Kohle zurückzulegen und verliert hierbei einige Zehntel Volt an Spannung, was bei der niedrigen Klemmenspannung des Bades (nicht ganz 7 V) einen erheblich höheren Aufwand an elektrischer Energie bedeutet, die in Deutschland teurer ist als in den Alpen-

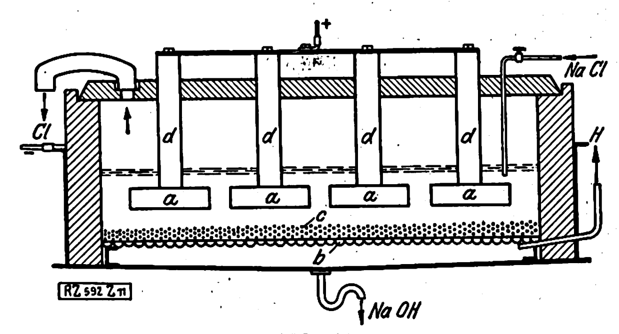


Abb. 11
Billiter-Zelle zur Chloralkali-Elektrolyse
a Graphitanoden *c* Diaphragma
b Kathodendrahtnetz *d* Anodenhalter



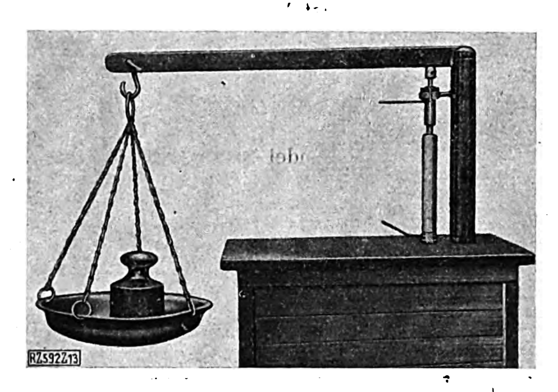


Abb. 13
Presse zum Messen des elektrischen Widerstandes von Graphitpulver

ländern und in Norwegen. Daß auf die Reinheit der Anodenkohle von den Aluminiumwerken sehr großer Wert gelegt werden muß, habe ich bereits erwähnt.

Die chemische Widerstandfähigkeit der Elektrodenkohle ist bei der Elektrolyse wässeriger Lösungen, d. h. hauptsächlich der Chloralkali-Elektrolyse, von ausschlaggebender Bedeutung. Bei der elektrolytischen Zerlegung einer Lösung von Kochsalz (Chlornatrium) entsteht am positiven Pol, an der Anode, Chlorgas; an der von ihr durch eine feinporige Scheidewand (Diaphragma) getrennten Kathode, die aus Eisen besteht, wird Natronlauge gebildet und Wasserstoffgas entweicht.

Abb. 11 zeigt die in Deutschland vorzugsweise verwendete Siemens-Billiter-Zelle schematisch. In der mit Steinzeugplatten ausgekleideten, gasdicht geschlossenen Zelle werden oben die wagerechten Anodenplatten von eingeschraubten Rundstäben getragen; unter ihnen ist das Asbestdiaphragma ausgespannt, das durch die aus starkem Eisendrahtnetz gebildete Kathode gestützt wird.

Die chemische Widerstandfähigkeit der Kohle wird sehr erhöht, in dem man sie nach dem Verfahren von Acheson elektrisch sehr hoch erhitzt und dadurch in Graphit umwandelt. Die im Gasofen gebrannten Platten und Stäbe werden in einen langen, trogartigen Ofen gepackt, durch dessen Stirnwände dicke Kohlenblöcke den Strom zuführen, und dann als elektrischer Widerstand allmählich auf etwa 2000 ° gebracht. Durch die Röntgen-Spektrographie hat man ermittelt, daß schon beim Koks die Kohlenstoffatome im Kristallgitter nach Art des Graphites angeordnet sind. Bei der Erhitzung im Acheson-Ofen wird also nicht aus amorpher Kohle die kristallinische Form Graphit des Kohlenstoffes gebildet, sondern es wachsen vielmehr die an sich schon vorhandenen Graphitkristalle von etwa 1 Millionstel mm auf eine Größe, die zumeist freilich immer noch unter der Sichtbarkeit im Mikroskop, also beträchtlich unter $^1/_{1000}$ mm liegt.

Durch die Graphitierung wird der elektrische Widerstand der Elektrodenkohle auf etwa ein Zehntel vermindert (7 bis 12 Ω für 1 m und 1 mm^2); die Kohle wird so weich, daß man sie sehr leicht auf der Drehbank bearbeiten kann, während beim Zerschneiden der gewöhnlichen Elektrodenkohlen die Sägeblätter rasch verschleißen. Man kann deshalb den Grad der Graphitierung durch die Ritzhärte prüfen. Bei dem von

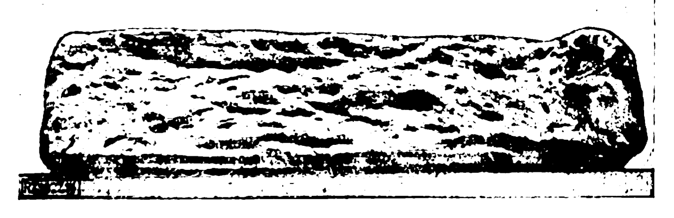


Abb. 14
Zerfressene Elektrolyseplatte

mir konstruierten Ritzhärteprüfer, Abb. 12, wird mit einer gehärteten Stahlspitze, die durch ein bekanntes Gewicht beschwert ist, auf der (zweckmäßig eingekreideten) Elektrographitplatte ein Ritz erzeugt, dessen Breite mit dem Okularmikrometer gemessen wird.

Einen anderen Anhalt für den Grad der Graphitierung gewährt die Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit; ich fand es hierfür zweckmäßig, eine Probe von der Platte zu Pulver zu zermahlen, auf bestimmte Korngröße abzusieben (zwischen zwei Sieben von 3600 und 10 000 Maschen auf 1 cm^2), das Pulver (etwa 3 g) in einem dickwandigen Porzellanrohr zwischen Messingelektroden einem bekannten hohen Drucke zu unterwerfen, Abb. 13, und dann den Widerstand dieser Graphitsäule mit der Wheatstoneschen Brücke zu bestimmen. Auf diesem Wege wird der Einfluß, den das Grobgefüge auf die elektrische Leitfähigkeit der graphitierten Stücke ausübt, einigermaßen ausgeschaltet[2]).

Durch die Graphitierung wird auch der Aschengehalt der Kohle sehr stark vermindert, indem sich bei der sehr hohen Hitze Silizium und Eisen verflüchtigen. Manchmal habe ich weniger als 0,1 vH Asche gefunden.

Bei dieser Veredelung im Acheson-Ofen (nach einem andern, von der Société Le Carbone ausgeübten Verfahren wird im Lichtbogen graphitiert) muß man

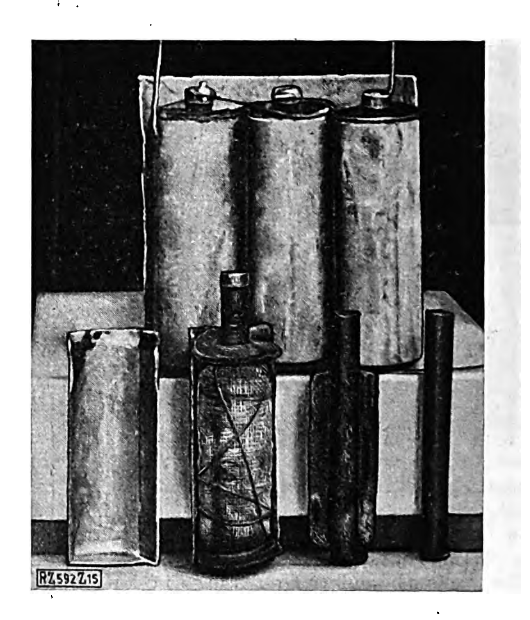


Abb. 15
Eine geöffnete Taschenbatterie und darunter ihre Bestandteile

behutsam verfahren, damit die Platten keine Risse bekommen und gleichmäßig durchgraphitiert werden. Für die Güte des Elektrographites ist die chemische und physikalische Beschaffenheit des Rohstoffes von besonderer Bedeutung. Durch mikrophotographische Untersuchungen des Gefüges habe ich in dieser Hinsicht wertvolle Aufschlüsse erhalten.

Gut graphitierte Elektrolyseplatten werden beim Gebrauch nur sehr langsam und vor allem gleichmäßig aufgezehrt. Hierbei wird vorausgesetzt, daß die arbeitende Fläche der Anode möglichst gleichmäßig mit Strom belastet ist. Je höher die Belastung und die Badtemperatur, um so stärker wird (unter sonst gleichen Umständen) die Kohle angegriffen. Sie wird teilweise bis zur Kohlensäure oxydiert; aus dem gelockerten Gefüge fallen Kohlenteilchen heraus. Bei ungünstigem Gefüge werden tiefe Höhlen in die Elektrolyseplatten gefressen, Abb. 14, so daß sie schließlich auseinanderbrechen. Einwandfreie Elektrographitplatten halten in den Billiter-Zellen auch bei einer Belastung mit 10 A/dm^2 (bezogen auf die wirksame Anodenfläche) jahrelang.

[2]) Näheres über diese Messungen und ihre Auswertung habe ich in Z. f. angewandte Chemie Bd. 35 (1922) S. 440 veröffentlicht.

Graphitierte Elektroden werden trotz ihres hohen Preises (etwa 1,50 M/kg) auch in Elektrostahlöfen verwendet, weil sie wegen ihrer ausgezeichneten Leitfähigkeit sehr hohe Belastung vertragen. Früher besaß die Acheson-Gesellschaft (ihr Werk liegt am Niagara) das Weltmonopol. Während des Krieges wurden in Deutschland mehrere Graphitierungsanlagen errichtet. Am bedeutendsten ist die Anlage von Gebr. Siemens & Co., Meitingen bei Augsburg, für die die Wasserkraft des Lech die nötigen großen Strommengen liefert. Im ganzen mag die Welterzeugung an Elektrographit ungefähr 10 000 t jährlich betragen.

An nichtgraphitierten Kohlenelektroden werden von den Karbidwerken und den anderen elektrothermischen Betrieben wohl etwa 30 000 t, von den Aluminiumwerken über 100 000 t jährlich verbraucht. An diesen hat die amerikanische Aluminium Co. den bei weitem größten Anteil, während in der Karbidindustrie Deutschland bei einer gegenwärtigen Erzeugung von 350 000 t Karbid (wovon drei Viertel zu Kalkstickstoff verarbeitet werden) der beste Kunde der Elektrodenfabriken ist. Auch die Elektrostahlwerke sind ein wichtiger Abnehmer. Ein Teil der deutschen Elektroden geht in das Ausland, z. B. an die mächtig emporgewachsene elektrothermische Industrie Italiens, nach der Schweiz, nach Skandinavien usw.

Als Zwerge erscheinen neben den riesigen Ofenelektroden die Kohlenstifte[3]) und Platten für galvanische Elemente. Und doch ist die Herstellung z. B. der kleinen 6 mm dicken und 55 mm hohen Kohlenstifte für die Elemente der Anodenbatterien und der Taschenlampenbatterien von gar nicht geringer wirtschaftlicher Bedeutung, denn mindestens 100 Millionen von ihnen werden jährlich verbraucht. Der kleine Stift der Taschenbatterie, Abb. 15, muß beträchtliche Festigkeit haben, damit er durch den heftigen Schlag, den er beim Einpressen in das Graphit-Braunsteingemisch bekommt, nicht splittert. Damit der Elektrolyt (Salmiaklösung) nicht durch die Poren der Kohle zu der aufgesetzten Messingkappe empordringt und sie zerfrißt, wird der obere Teil des Stiftes mit Paraffin getränkt.

Die Verwendung der Kohle in galvanischen Elementen ist übrigens der Ursprung der gewaltigen Kohlenelektrodenindustrie. Der große Chemiker Robert Bunsen hat nämlich vor etwa 80 Jahren für das nach ihm benannte Element die Kohle bald nicht mehr aus Retortengraphit geschnitten, sondern sie aus backender Steinkohle und Koks gepreßt und durch Glühen unter Luftabschluß gut leitend gemacht. Französische Techniker haben dann das Verfahren weiter ausgebildet, bis Dr. Albert Lessing 1872 in Deutschland die erste Fabrik für galvanische Kohlen errichtete. Die einige Jahre darauf in Charlottenburg begründete Kohlenfabrik von Siemens stellte zuerst Bogenlampenkohlen[4]), im besonderen Dochtkohlen her. 1884 erstand die Fabrik von Conradty, Nürnberg, 1896 wurden die Planiawerke in Ratibor von der Wiener Firma Hardmuth errichtet. Die Elektrodenfabriken in Rauxel bei Dortmund (Gesellschaft für Teerverwertung) und in Knapsack (Rheinische Elektrodenfabrik) wurden während des Weltkrieges gebaut, in dem der von Deutschland zu deckende Elektrodenbedarf von etwa 2000 auf 5000 t monatlich stieg. Über 150 Verbraucher des In- und Auslandes mußte ich damals mit Kohlenelektroden jeder Art und in den verschiedensten Abmessungen versorgen; allein für das Karbidwerk in Piesteritz bei Wittenberg waren monatlich 600 t bereitzustellen. Dank der Tatkraft aller beteiligten Betriebsleiter gelang es mir, stets allen Bedarf trotz der vielen Kriegsschwierigkeiten zu decken.

Zum Schlusse will ich noch die Verarbeitung der Kohle zu Dynamobürsten kurz besprechen. Während man ursprünglich bei den Dynamomaschinen und Elektromotoren Bündel von Kupferdrähten (daher der Name Bürste, französisch balai = Besen) oder dünnen Kupferblechen benutzte, um vom umlaufenden Kollektor den Strom abzunehmen oder ihn zuzuführen, verwendet man heute hierzu fast ausschließlich Kohlen und Kohlengemische, deren Härte und Leitfähigkeit auf die betreffende Maschine genau abgestimmt ist. Die hohen Umfangsgeschwindigkeiten der Turbodynamos (bis 50 m/s) erfordern sehr weiche Bürsten, damit die Reibung klein und der Gang möglichst geräuschlos sei. Bei Dynamomaschinen mit großer Stromstärke und niedriger Spannung, z. B. für die Galvanotechnik, soll der elektrische Widerstand sehr gering sein. In anderen Fällen ist gerade ein ziemlich hoher Widerstand erwünscht, um Kurzschlußströme, die bei der Stromwendung entstehen, zu schwächen. Den Zweck erfüllen harte Kohlen; meist aber macht man durch Graphit die Bürsten weicher. Die Leitfähigkeit kann man durch Beimischen von Kupfer und Bronze so erhöhen, daß noch eine Belastung mit 30 A/cm² statthaft ist. In der Liste einer Kohlenbürstenfabrik finde ich über 70 Bürstensorten aufgeführt, harte und weiche, Kupfer- und Bronzekohlen mit und ohne Graphit, nach Gruppen geordnet und mit genauer Angabe ihrer Verwendbarkeit. Indem die Hersteller für jede Mischung die Reibung, den elektrischen Widerstand, die Härte, die Festigkeit und den Verschleiß bestimmten und den Einfluß der Zusammensetzung und des Gefüges ergründeten, gelang es ihnen allmählich, allen Ansprüchen nach Möglichkeit gerecht zu werden. Auch für Magnetzünder von Verbrennungsmaschinen und für elektrische Schalter werden Kohlenkontakte geliefert. Abb. 16 zeigt einige Kohlen- und Metallkohlenbürsten aus meiner Sammlung. Von den zahlreichen deutschen Fabriken nenne ich Carbone, Frankfurt a. M., Ringsdorff, Mehlem a. Rhein, Schunck & Ebe, Gießen, und Gebr. Siemens & Co., Berlin-Lichtenberg.

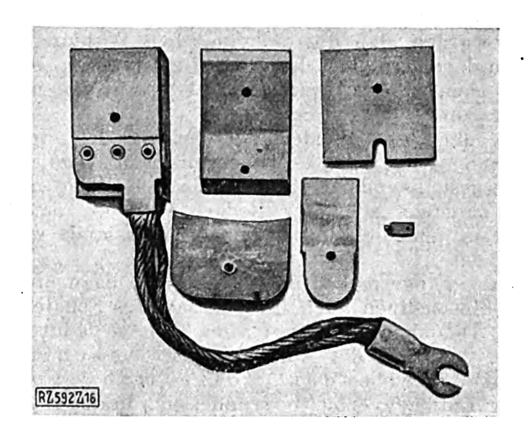


Abb. 16
Dynamobürsten

Neuerdings werden auch Dichtungsringe aus graphitischer Kohle für Dampfturbinen verwendet.

Bei der Herstellung der Kohlenbürsten wird der Wert des Werkstoffes Kohle durch die Verarbeitung auf das Höchste gesteigert. 1 kg bester Naturkohle kostet rd. 3 ₰, Elektrodenkohle 30 ₰, Elektrographit 1,50 M, gute Kohlenbürsten (auf 1 kg umgerechnet) gegen 30 M und mehr. [B 592]

[3]) Lange Kohlenstäbe werden als Heizwiderstände bei der Herstellung von Kalkstickstoff verwendet und in großen Mengen verbraucht.

[4]) Diese Fabrikation wird auch heute noch von Gebr. Siemens & Co. den Planiawerken, Conradty u. a. ausgeübt. Auf die Vervollkommnung der Bogenlampenkohlen, ihre Anpassung an sehr lange Brenndauer, sehr hohe Strombelastung usw. will ich hier nicht eingehen.

Neue Wege bei der Entrindung von Papierholz

Von Ing. Fritz Hoyer, Cöthen

Urform der Rindenschälmaschinen — Ursachen des Entrindeverlustes — Mittel zur Verhütung der Verluste — Ältere und neuere Holzentrindemaschinen ohne Schälmesser — Vorteile der Entrindetrommeln

Wenn man die Entwicklung der gebräuchlichen Holz- und Rindenschälmaschinen verfolgt, so wird man feststellen können, daß seit deren Anwendung, die bis etwa in die Mitte des vergangenen Jahrhunderts zurückgeht, bis heute in erster Linie die mit Messern oder messerähnlichen Teilen arbeitende Entrindemaschine durchgebildet wurde. Diese Entwicklung ist auch klar, wenn man sich vergegenwärtigt, daß diese Maschinen eigentlich aus der Holzbearbeitung übernommen sind. Die erste Rindenschälmaschine war auch weiter nichts als eine Messerrad-Hobelmaschine mit einer um eine wagerechte Welle laufenden Messerscheibe. Naturgemäß konnten diese Maschinen in keiner Weise als vollkommen gelten, vor allen Dingen nicht als vollkommen in bezug auf die Sparsamkeit des Schälens. Es hing von der Gewissenhaftigkeit und Geschicklichkeit des bedienenden Arbeiters ab, aber auch von der Beschaffenheit des Holzes, ob sparsam oder nicht sparsam entrindet wurde. Das sparsame Entrinden mag ja nun in der Kindheit der Rindenschälmaschinen nicht von so großer Bedeutung gewesen sein, da das Holz billig und anscheinend in unerschöpflichen Mengen vorhanden war. In Wirklichkeit ist jetzt der Holzverbrauch der Papierindustrie so bedeutend geworden, daß die einheimischen Waldungen nicht mehr in der Lage sind, den Bedarf zu decken. Man legte damals eben in der Hauptsache Wert auf ein möglichst sauberes und schnelles Schälen.

Mit der zunehmenden Verwendung des Holzes zu Papierhalbstoffen, seien es auf chemischem Wege als Zellulose hergestellte oder auf mechanischem Wege als Holzschliff erzeugte, stieg der Bedarf an Holz, damit auch sein Preis, und die Einfuhr aus dem Auslande wurde erforderlich.

Gezwungenermaßen mußte man also dazu übergehen, die Schälmaschinen auch für sparsameres Schälen auszubilden. Das suchte man vor allen Dingen dadurch zu erreichen, daß man die Arbeit der Maschine dem zu verarbeitenden Holze mehr anpaßte.

Der Entrindeverlust begründet sich in der Hauptsache aus der Beschaffenheit des Rollenholzes. Das Holz, selbst bestes Papierholz, das schlank und gerade gewachsen ist, wie es sein soll, stellt keinen regelmäßigen Körper dar. Nur selten ist es vollkommen zylindrisch, in den meisten Fällen aber, wenn auch nur schwach kegelig. Oft findet sich auch nicht ganz schlank gewachsenes Holz. Durch Astansätze, Verletzungen der Rinde usw. bilden sich Vertiefungen, Überwallungen und Knorren, die eine nachteilige Einwirkung auf die Regelmäßigkeit der Stämme haben. Durch das Wachstum und den Standort bedingt, ist die Dicke der Rinde durchaus nicht überall gleich. Sie schwankt vielmehr mitunter in sehr weiten Grenzen. Da auch nicht immer gleich starkes Holz zur Verfügung steht, so muß man sich auch schnellstens den verschiedenen Durchmessern mit der Schäldicke anpassen können. Ein Sondern des Holzes nach der Dicke kann kaum in Frage kommen, da es zu teuer und somit unwirtschaftlich ist.

Diese Anpassungsfähigkeit der Schäldicke kann man nun bei den mit Messern oder ähnlichen Maschinenteilen arbeitenden Maschinen auf zwei Wegen erreichen. Hierin liegt auch der grundsätzliche Unterschied zwischen den deutschen und den amerikanischen Maschinen. Einmal ist diese Einstellbarkeit der Schäldicke durch Verstellbarkeit der Messer während des Betriebes zu erreichen wie meist bei den amerikanischen Maschinen, die mit Messern arbeiten, und das andre Mal wird diese Einstellbarkeit der Schäldicke dadurch erreicht, daß das Holz je nach der verlangten Schäldicke den Messern mehr oder weniger genähert wird. Ein andrer Umstand, der darauf ebenfalls einen sehr bestimmten Einfluß hat, ist die Umdrehungsgeschwindigkeit des zu schälenden Stammes.

Um aber der Forderung nach sparsamem Entrinden auch gerecht werden zu können, muß man die Maschine so bauen, daß der Arbeiter garnicht in der Lage ist, auch absichtlich mit einem größeren Span zu arbeiten, wie er es z. B. leicht dann tut, wenn im Stücklohn entrindet wird. Der Arbeiter ist dann leicht bestrebt, die Maschine so einzustellen, daß das Holz schon beim ersten Durchgange sauber geschält ist. Das kann natürlich in den meisten Fällen nur auf Kosten der Sparsamkeit erfolgen. Die Schälmaschinen müssen daher so gebaut sein, daß eine leichtfertige Bedienung sehr erschwert oder auch ganz unmöglich gemacht wird. Dieser Forderung entsprechen nun die Maschinen mit verstellbarem Messer nicht, denn sie veranlassen den Arbeiter immer leicht zum verschwenderischen Schälen, um eine große Mengenleistung zu vollbringen.

Wie schon erwähnt, hat die Umfangsgeschwindigkeit des Holzes einen Einfluß auf die saubere und sparsame Schälarbeit. Es ist in Betracht zu ziehen, daß die Messerscheiben der neueren Entrindemaschinen sich mit einer großen Umdrehungszahl bewegen und daß infolgedessen bei einer Verringerung der Schnittgeschwindigkeit sofort eine beträchtliche Erhöhung der Schälverluste eintreten muß, weil dadurch ein dickerer Span genommen wird. Von einer Entrindemaschine, die auch bezüglich der Sparsamkeit allen Anforderungen genügt, ist daher auch eine gute und leichte Regelbarkeit der Holzdrehung zu verlangen; denn dadurch wird die Spandicke beeinflußt.

Es lag nun nahe, daß man bestrebt war, die zweifellos feststehenden Nachteile der Messerschälmaschinen zu vermeiden, indem man neue Wege einschlug und Vorrichtungen schuf, bei denen die Messer ganz vermieden waren. Es mag noch vorausgeschickt sein, daß auch diese Maschinen noch bei weitem nicht den Anforderungen entsprechen, die man an eine Schälmaschine stellen muß. Für viele Zwecke aber haben sie sich schon recht gut bewährt. Zu den ältesten Vertretern dieser Art der Holzentrindemaschinen ist wohl die Holzentrindetrommel der Zeitzer Dampfkessel- und Apparatefabrik G. Schumann, Zeitz, zu nennen, Abb. 1.

Der Mantel dieser Entrindungstrommel besteht aus Eisenstäben, die den Umfang des Zylinders bilden und zwischen sich Schlitze lassen. Die anhaftende Rinde wird ohne Verlust durch Stoß und Reibung der Hölzer untereinander und durch gleichzeitiges Auffallen der Klötze auf die den Mantel der Trommel bildenden Eisenstäbe erreicht. Das zum Waschen der Hölzer erforderliche Wasser wird durch die Welle eingelassen. Die abgelöste Rinde fällt durch die von den Stäben des Mantels gebildeten Schlitze unter die Trommel. Ganz besonders wird sich diese Entrindetrommel als vorteilhaft erweisen beim Schälen von ganz dünnen Hölzern, die man mit der Hand

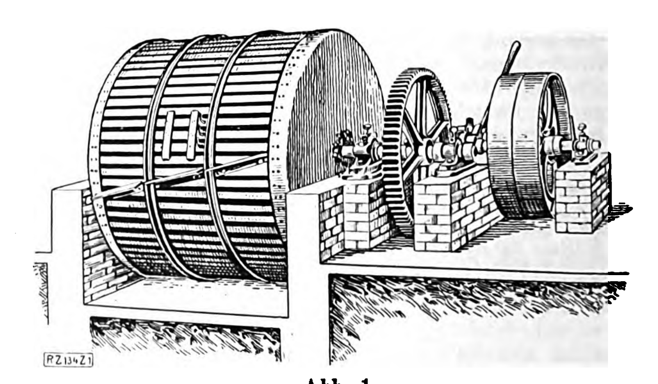


Abb. 1
Entrindetrommel der Zeitzer Dampfkessel- und Apparatefabrik G. Schumann

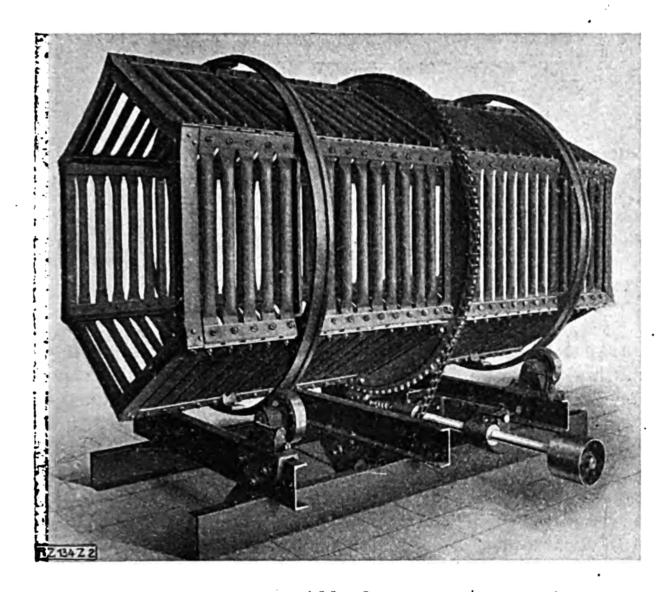


Abb. 2
Entrindetrommel der Firma Heerbrandt, A.-G., Raguhn

nicht vorteilhaft oder überhaupt nicht schälen kann, die aber heute besonders bei der Herstellung von Braunschliff immer mehr benutzt werden. Man wird unter gewissen Umständen auch Holz für andere Zwecke damit schälen können. Ob das aber für alle Zwecke von Vorteil sein wird, darüber soll weiter unten noch gesprochen werden.

Eine ähnliche und den neuzeitlichen Verhältnissen mehr angepaßte Entrindetrommel ist die der Firma Heerbrandt A.-G., Raguhn[1]), Abb. 2.

Diese neue Entrindungstrommel hat achteckigen Querschnitt, wobei die den Mantel bildenden Eisenstäbe nicht wie bei der vorerwähnten Trommel parallel zur Drehrichtung der Trommel liegen, sondern senkrecht zu ihr. Am Umfang der achteckigen Trommel sitzen Laufringe, mit denen sich die Trommel auf Rollen dreht. Der Antrieb erfolgt von einem mittleren, als Kettenrad ausgebildeten Ring aus durch Kettentrieb. Die Stäbe des Trommelumfanges werden aus alten Kesselrohren gebildet, bieten also dem Holze keine scharfen Kanten. Der Kraftbedarf einer solchen Maschine beträgt etwa 4 PS, die Trommel macht etwa 6 Uml./min. Auch diese Entrindetrommel ist in erster Linie für Holz zu Braunschliff vorgesehen. Das Holz wird entrindet, wie es aus dem Kocher kommt, also ohne besonderen Zusatz von Wasser. Die Trommel arbeitet ununterbrochen; denn an dem höher gelegenen Ende wird das Holz mit der Hand eingeworfen und durch die Drehung im Innern der Trommel ein Stück emporgehoben. Es fällt dann infolge seiner Schwere wieder zurück. Dabei schlagen die einzelnen Holzrollen gegeneinander und zugleich auf die aus Kesselrohr gebildeten Querstäbe auf. Zudem reiben sich die Rollen aneinander und an den runden Stäben, wobei die noch anhaftenden Rinden- und Bastteile abfallen und durch die Schlitze im Trommelumfang herausfallen. Ein Nachputzen ist also nicht mehr erforderlich. Bei richtiger Wahl der Trommellänge erzielt man eine vollkommene Reinigung des gedämpften oder gekochten Holzes bei einmaligem Durchgang durch die Trommel. Macht man die Trommeln hingegen zu lang, so besteht die Gefahr, daß sich die Enden der Rollen filzig schlagen, also die bekannten Bärte bilden, die natürlich in der Holzschleiferei hinderlich sind, da sie einen splittrigen Stoff ergeben.

Soweit bekannt ist, hat man nun diese Konstruktionen bisher zum Entrinden von Holz für Weißschliff und Zellulose noch nicht verwendet, obgleich anzunehmen ist, daß sie auch hier, wenigstens in der zuletzt beschriebenen Bauart, ihren Zweck erfüllen würden. Man würde dann allerdings nicht trocken arbeiten können, sondern müßte Wasser zusetzen, um die Rinde zu erweichen und die abgeriebenen Rinden- und Bastteile wegzuschwemmen.

[1]) Wochenblatt für Papierfabrikation Bd. 57 (1926) S. 371.

In der Tat verwendet man im Ausland auch bereits derartige Trommeln zum Schälen von Holz für Zellulose und Weißschliff. In der Hauptsache sind die bekanntgewordenen Bauarten allerdings amerikanischer Herkunft. Am bekanntesten ist hierbei die Entrindetrommel der Fibre Making Processes Inc., Chikago, geworden, Abb. 3. Die Bauart dieser Trommel ist kurz die folgende:

Die Trommel ist in schweren Ketten in der Weise in einem Betontrog aufgehängt, daß ihr aus Profileisen besonderer Art gebildeter Mantel die Wände des Troges nicht berührt. Durch besondere Druckrollen wird der Abstand des Trommelmantels von den Trogwänden stets gleich gehalten. Diese Trommel wird durch die Ketten, und zwar mittels eines Zahnradvorgeleges angetrieben. Die Eisenträger des Trommelmantels bilden nach innen kurze Lamellen. Der Abstand der einzelnen Eisen voneinander ist so, daß sich zwischen je zweien von ihnen ein Schlitz befindet, durch den die Rindenteile usw. entweichen können. Die Trommel taucht so in den Trog ein, daß sie zu etwa ⅓ mit Wasser gefüllt ist. Die Holzrollen werden auf der einen Seite eingeworfen und durch die Trommeldrehung mit nach oben genommen, von wo sie durch die Schwerkraft wieder nach unten fallen und sich so aneinander und an den Lamellen des Trommelumfanges reiben. Rinden- und Bastteile werden ohne jeden Verlust entfernt, so daß selbst knorrige und bucklige Stücke sauber entrindet sind.

Das geschälte Holz wird aus der Trommel selbsttätig ausgeworfen, so daß man es auf ein Förderband oder auf eine andere Fördereinrichtung aufgeben kann, die es ohne weitere menschliche Hilfe nach den Verarbeitungsstellen, den Schleifern oder den Hackmaschinen bringt.

Es besteht natürlich auch hier die Gefahr, daß durch zu langes Behandeln in diesen Trommeln die Enden der Holzrollen „filzig" werden und splittern. Durch mehr oder minder rasches Umlaufenlassen der Trommel kann man aber die richtige Behandlungszeit sehr gut feststellen und anwenden.

Es gibt noch einige andre Entrindungstrommeln, die auf dem gleichen oder einem ähnlichen Grundsatze beruhen, so z. B. die Maschinen der Waterous Engine Works Co. in Brantford (Kanada). Es soll aber auf diese Bauarten nicht weiter eingegangen werden, da sie mehr oder weniger den oben beschriebenen ähneln.

Auf einem ganz andern Grundsatz beruht die Entrindungsmaschine nach Thorne[2]) der Canadian Allis-Challmers Ltd. in Toronto (Kanada), die ebenfalls ohne Messer arbeitet und das Holz durch Reibung sauber schält. Ganz besonders kommt diese Einrichtung zum Entrinden von Baumstämmen in Frage, also da, wo man das Holz als Langholz bezieht. Sie läßt sich allerdings auch ohne weiteres für Rollenholz verwenden, nur ist dann die Wirtschaftlichkeit dieser an und für sich umfangreichen Maschinen leicht in Frage gestellt.

[2]) Vgl. Z. Bd. 71 (1927) S. 585.

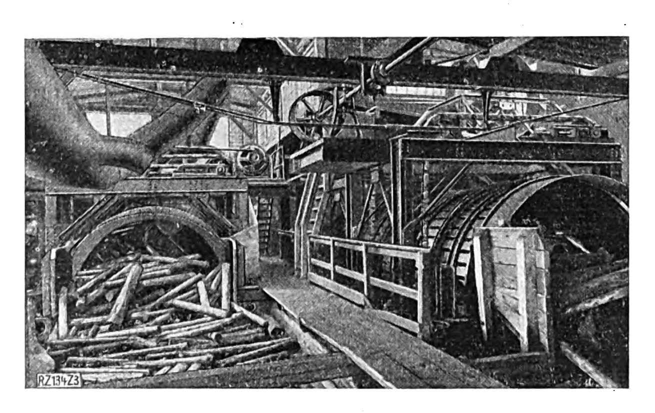


Abb. 3
Entrindetrommel der Fibre Making Processes Inc., Chikago

Die Wirkung dieser Maschine beruht darauf, daß die Baumstämme in muldenförmigen Behältern aneinander gerieben werden, wobei schließlich die Rinde entfernt wird. Durch diese Neuerung wird angestrebt, zugleich eine sehr einfache und doch sicherwirkende Beförderung der Baumstämme durch die Entrindungsvorrichtung zu erreichen. Zu diesem Zwecke greifen durch Bodenschlitze dieser Entrindungsbehälter auf sich drehenden Wellen angeordnete Daumen, die sich vor den Stämmen emporheben und hinter sich einen Raum schaffen, in den alsbald neue Stämme eintreten. So werden die sämtlichen in einem Behälter befindlichen Stämme fortwährend bewegt und in gegenseitige Reibung untereinander versetzt. Diese die Stämme in gegenseitige Bewegung versetzenden Daumen sind auf einer drehbaren Welle als Doppeldaumen ausgeführt, deren in Drehrichtung vorauslaufende Flächen nach auswärts gewölbt sind.

Die Maschine hat folgende Wirkungsweise, Abb. 4: Wenn die erste Mulde durch die über eine Plattform zugeführten Stämme vollständig gefüllt ist und die Daumen in Drehung versetzt werden, so drücken sie jeweilig die Stämme, die in ihrem Bereich sind, beiseite und versetzen sie zugleich in Drehung. Dabei schaffen sie hinter sich einen Raum, in den wieder andre Stämme nachrücken. Die von den Daumen in Drehung versetzten Stämme übertragen dabei die Drehung immer wieder auf die benachbarten Stämme. Bei dieser Drehung wird eine

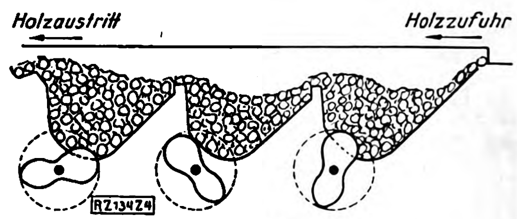


Abb. 4
Wirkungsweise der Entrindemaschine nach Thorne

starke Reibung der Oberfläche erzielt, wodurch diese allmählich von der Rinde oder sonstigen an der Oberfläche des festen Holzes sitzenden Stoffen befreit werden. Die Drehung teilt sich sämtlichen in einer Mulde befindlichen Stämmen mit und ist am stärksten im mittleren Teile der Mulde. Bei der dauernden Zuführung von Stämmen werden dann die in der Nähe der Rückwand befindlichen gehoben und wandern über schräge Flächen zur nächsten Mulde, wo die Bearbeitung der Oberfläche fortgesetzt wird. Auch bei diesen Entrindemaschinen ist allerdings die Gefahr des Splitterns der Rollenenden nicht ganz ausgeschlossen; immerhin werden sie aber neuerdings in großen amerikanischen Zellstoffabriken weitgehend benutzt. [B 134]

Fehlerhafte Ventilbauart

An der in Abb. 1 wiedergegebenen Ventilbauart, die für das Saugventil eines Gaskompressors verwendet wurde, haben sich, wie G. M. Strobl in „Maschinenbau" Bd. 6 (1927) S. 810 berichtet, wiederholt Brüche ereignet, die schwere Schäden am ganzen Kompressor zur Folge hatten. Ein Hauptfehler war die unzureichende Lagerung und Sicherung der Feder, die man zur Vermeidung von Ventilschlägen für notwendig angesehen hatte. Schon nach kurzer Zeit

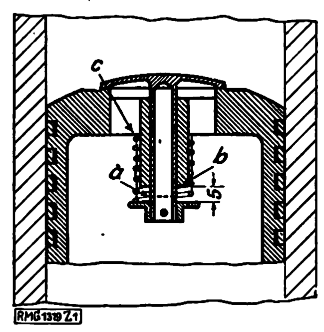


Abb. 1
Ausbohren des Ventilschaftes; Splintbefestigung und Fehlen des Federkolbens bei *c* sind Konstruktionsmängel
a Bruchstelle der Ventilspindel
b Hubbegrenzung

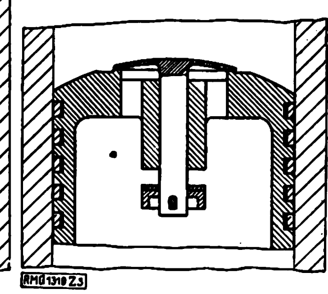


Abb. 2
Einwandfreie Ventilkonstruktion

wurde der Splint, der zur Sicherung des auf das untere Ende der Ventilspindel aufgeschraubten Federtellers diente, in seinem nicht genau passenden Loch lose; die Schläge, die infolgedessen am Übergang zum Gewinde bei jedem Hubwechsel des Ventils auftraten und die sich noch dadurch verstärkten, daß sich auch der Federteller ein wenig lockerte, riefen Kerbwirkungen an der Ventilspindel bei *a* hervor, wo der volle Querschnitt in das Gewinde überging, und außerdem beanspruchten sie die Splintenden, deren Auflagefläche in der Ventilspindel sehr gering war, da man aus Rücksicht auf die Gewichtersparnis die Spindel bis auf 2 mm Wanddicke ausgebohrt hatte. Brüche der Spindel am Übergang zum Gewinde und Brüche der Splinte, verbunden mit Abfallen der Federteller, waren die Folgen. Auch an der Stelle *c*, wo die Stege im Kolbenboden nur etwa 3 mm breit waren und durch die unmittelbar daraufliegende Feder bis zu 5 mm tief abgenutzt wurden, traten wiederholt Kerbbrüche auf, begünstigt durch Lunker, die sich gerade an dieser Stelle gebildet hatten.

Nachdem man verschiedene andre Mittel vergeblich versucht hatte, brachte die in Abb. 2 wiedergegebene Bauart dauernde Abhilfe. Man verzichtete auf die Ventilfeder und auf das Ausbohren der Ventilspindel, ohne daß darum der Gang der Ventile geräuschvoller wurde. Dagegen wird der zugleich die Hubbegrenzung bildende vierkantige Teller über das glatte Ende der Ventilspindel geschoben und durch einen hochkantig gestellten Keil gehalten, der durch ein über den Teller geschobenes Blech gegen Herausfallen gesichert ist. [M 782]

Zweistufig wirkende Fliehkraftkupplung

Eine neuartige Riemenscheibe mit eingebauter Fliehkraftkupplung nach Dipl.-Ing. Schulmann, die von der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft, Berlin, zur Vermeidung von störenden Stromstößen in elektrischen Lichtnetzen in Verbindung mit Kurzschlußmotoren geliefert wird, ist nach ETZ Bd. 48 (1927) S. 1131 in Abb. 3 und 4 wiedergegeben. Das mechanisch wesentlich Neue dieser Kupplung besteht darin, daß die Fliehkraftgewichte *a* nicht starr mit der Nabe *b* der Riemenscheibe verbunden, sondern mittels radialer Bolzen auf einem Ring *c* geführt sind, der sich um die Nabe frei drehen kann. Der Ring *c* wird von der Nabe dadurch mitgenommen, daß sich die unter dem Einfluß der Fliehkraft nach außen gehenden Gleitstücke d von innen an den Ring anlegen. Beim Einschalten des Motors laufen daher die Schwunggewichte *a* nicht gleich mit, es dauert vielmehr etwa 5 s, bis sich der Ring ausreichend beschleunigt, und diese Zeit kann man ausnutzen, um den in Sternschaltung anlaufenden Kurzschlußanker auf Dreieck umzuschalten. Sobald die Schwunggewichte *a* genügend beschleunigt worden sind, drücken sie die mit Ferrodoasbest belegten Reibscheiben *e* auseinander, so daß die Riemenscheibe *f* mitgenommen wird. [M 796]

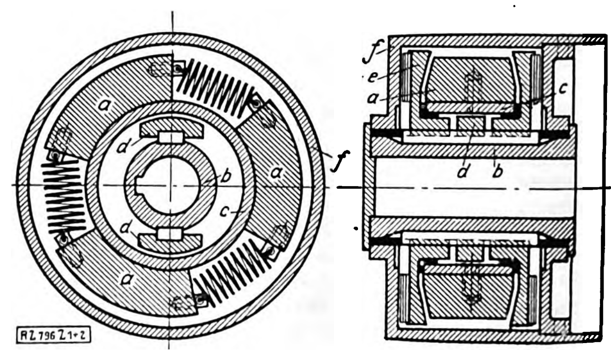


Abb. 3 und 4
Zweistufig wirkende Fliehkraftkupplung
a Fliehkraftgewichte
b Nabe der Riemenscheibe
c Ring zur Führung der Fliehkraftgewichte
d Gleitstücke
e Reibscheiben
f Riemenscheibe



Weltkraftkonferenz Basel 1926

Der elektrische Betrieb der Eisenbahnen[1])

Abteilung E der Tagung

Unter Umstellung der Eisenbahnen auf elektrischen Betrieb, weiterhin kurz „Umstellung" genannt, ist im Sinne des zu behandelnden Gegenstandes die Einführung oder Einrichtung der elektrischen Zugförderung bei bestehenden Eisenbahnen zu verstehen, die mit Dampf betrieben werden, und bei neuen Eisenbahnen, die mit Dampf betrieben werden könnten.

Umstellung führt in einem weiten Gebiete lebenswichtiger, mit Energieverbrauch verknüpfter menschlicher Tätigkeit zu einer besseren und schöneren Energienutzung und wirkt im Energiehaushalt der Welt im Sinne der Sparsamkeit. Umstellung macht den Betrieb der Eisenbahnen bequemer und angenehmer, technisch sicherer und in vielen Fällen wirtschaftlich besser. Umstellung ist daher Fortschritt im Bau und Betrieb von Eisenbahnen.

Umstellung war die letzte und in gewissen Beziehungen technisch schwierigste, wirtschaftlich am längsten zweifelhafte Anwendung des elektrischen Betriebes im Gebiete des Verkehrs auf Schienenwegen. Die Frage der Umstellung und des elektrischen Betriebes von Eisenbahnen, fortan kurz des elektrischen Betriebes, ist allgemein anerkanntermaßen technisch so weit gelöst, daß keinem heute überhaupt in Betracht kommenden Umstellungsplan technische Schranken gesetzt sind. Die elektrische Zugförderung hat die Dampflokomotive in allen wesentlichen Beziehungen technisch eingeholt, in vielen sogar überholt. Vervollkommnungen und mit Vereinfachung und Vereinheitlichung von Einzelheiten sowie mit Wiederholung der Ausführung erzielbare Verbilligungen sind selbstverständlich zu erwarten. Dagegen stehen auf elektrotechnischer Seite keine Neuerungen in Aussicht, die die Stellung der elektrischen Zugförderung gegenüber dem Dampfbetrieb gründlich ändern könnten. Ebensowenig ist vorauszusehen, daß von den Dampflokomotiven und Triebfahrzeugen mit andern als Dampfmotoren Fortschritte gemacht werden, die den Vorsprung der elektrischen Zugförderung zweifelhaft machen könnten.

Die Zahl der durchgeführten Umstellungen kann als bedeutend bezeichnet werden. Sie decken alle möglichen Arten von Betrieben, für die Dampfkraft diente und anderswo noch dient. Die technischen Erfahrungen waren in den meisten Fällen von Anfang an gut, nie wurde eine Umstellung bereut. Die elektrischen Betriebe stehen vielmehr durchweg in der Gunst nicht nur des Publikums, sondern auch der Bedienungsmannschaft. Die wirtschaftlichen Erfahrungen scheinen nirgends enttäuscht zu haben. In vielen Fällen sind sie einfach gut und übertreffen die Erwartungen. In keinem Falle wurde je die Rückkehr zum Dampfbetrieb in Erwägung gezogen. Vielmehr wurden zahlreiche Umstellungen nach der ersten Einführung erweitert.

Schon früher, aber besonders während des Weltkrieges und seit diesem wurden Eisenbahnlinien in größerem Umfang auf elektrischen Betrieb umgestellt, der zwar allgemein als technischer Erfolg, aber nicht allgemein als wirtschaftlicher, zur Nachahmung durch andre ähnliche Umstellungen anreizender Erfolg anerkannt wird. Wenigstens scheint vielen der wirtschaftliche Erfolg, den sie nicht bestreiten, nicht groß genug im Verhältnis zu den geldlichen Lasten zu sein, die mit großen Umstellungen unvermeidlich verknüpft sind. Diese Umstellungen auf elektrischen Betrieb umfassen Eisenbahnlinien, deren Betrieb mit Dampf nicht ungenügend geworden war, noch seither geworden wäre. Bei den Kohlenpreisen der Gegenwart wäre ihr Dampfbetrieb wirtschaftlich nicht schlechter als die Mehrzahl der andern Dampfbetriebe, die noch bestehen.

Aus Gründen, die hier nicht erst angeführt zu werden brauchen, darf eine Umstellung nicht ein technischer Fortschritt und zugleich ein wirtschaftlicher Rückschritt sein. Dies wäre der Fall, wenn eine Umstellung Kosten bereitet, die sich geschäftlich nicht lohnen. Die Untersuchung, ob sich eine geplante Umstellung geschäftlich lohnen werde, ja sogar ob ein vorliegender elektrischer Betrieb geschäftlich lohnend sei, bereitet eigentümliche Schwierigkeiten grundsätzlicher Art. Wie alle größeren eisenbahnwirtschaftlichen Untersuchungen sind diejenigen, die den elektrischen Betrieb im Vergleich zum Dampfbetrieb betreffen, unsicher.

Jene Schwierigkeiten und diese Unsicherheit verzögern manche Umstellung. Die Untersuchungen sind für jede gewissenhafte Verwaltung notwendig, die eine Umstellung ins Auge faßt, und sind unentbehrlich zur Überwachung bestehender größerer elektrischer Betriebe. Von den rechnerischen Untersuchungen im Zusammenhang mit Umstellungsplänen sollte aber nicht gewissermaßen die mathematische Entscheidung erwartet werden. Umstellung ist mit Bau- und Anschaffungskosten verknüpft. Diese Kosten können sich in der Regel geschäftlich lohnen, wenn die mit ihnen erkaufte größere Leistungsfähigkeit der Eisenbahnen auch wirklich ausgenutzt wird.

Mit den Verbesserungen soll man nicht warten, bis es ohne sie nicht mehr geht. Die mit ihnen verknüpften Ausgaben werden daher in der Regel gewagt auf Grund der Voraussicht, daß der Verkehr weiter zunehme und ihre Lohnung in der Folge eintrete. Es kann getrost gesagt werden, daß die meisten großen und kostspieligen baulichen Verbesserungen von Eisenbahnen sich ohne Zunahme des Verkehrs geschäftlich nicht lohnen würden. Sie werden gemacht, weil sie nötig scheinen, obwohl im Augenblick kein Zwang dazu vorliegt.

Nun ist freilich eine Umstellung, die die Wirtschaft einer Eisenbahn wesentlich verbessern können soll, ein verhältnismäßig großes Unternehmen und daher mit einem geldlichen Aufwand verknüpft, der, auch wenn auf eine Reihe von Jahren verteilt, bedeutend größer als für alle andern Verbesserungen zusammen ist. Er macht sich überdies für die Verwaltung besonders fühlbar, weil er auf einmal im Gesamtbetrag verantwortet werden muß und wie jede neue Aufnahme von Kapital das Eisenbahnunternehmen empfindlich gegen Verkehrsrückschläge macht.

Die meisten ausgedehnten, aus technischen Gründen nicht erforderlichen Umstellungen werden von Staatsbahnen unternommen, deren Kredit mehr oder weniger durch den nationalen oder internationalen Kredit des Staates bestimmt ist. Der Staat kann starke volkswirtschaftliche Gründe haben, die die Umstellung nahelegen: Verminderung des Einfuhrüberschusses durch Einschränkung der Kohleneinfuhr, Nutzbarmachung einheimischer Wasserkräfte, Entwicklung der Industrie des Landes, Schaffung von Gelegenheit zur Beschäftigung der Industrie, Gewerbe und Handwerk usw. Sein Anteil an diesen Folgen der Umstellung kann so groß sein, daß er sie sogar bei Privatbahnen des Landes durch Geldhergabe oder auf andre Art erleichtert. Es wäre aber ein Irrtum, zu vermuten, daß bei den Staatseisenbahnen der eigentliche wirtschaftliche Erfolg der Umstellung weniger erforderlich ist als bei Privatbahnen. Eine wirtschaftlich erfolglose Verwendung so großer Geldmittel würde den Staatskredit gefährden.

Es wurde bereits bemerkt, daß die Technik zu jeder Umstellung, die heute überhaupt in Betracht kommen kann, bereit sei und keine umwälzenden Neuerungen in Aussicht stehen. Trotzdem hat die Zurückhaltung mancher Verwaltung gegenüber der Umstellung auch technische Gründe.

In vielen Ländern haben die maßgebenden Eisenbahnverwaltungen oder der Staat eine bestimmte Stromart innerhalb ihres Landes gewählt und dadurch eine wesentliche Hemmung der Umstellung weggeschafft. Nur Italien, in dem schon viele elektrische Bahnbetriebe mit so großem Erfolg eingerichtet wurden, gibt das Beispiel der Ungewißheit für seine weiteren Umstellungen. In den Vereinigten Staaten von Amerika ist die Frage nach der Stromart von einer auch nur für Gruppen von Eisenbahnen gültigen Lösung anscheinend noch weit entfernt. Hieraus und aus dem Bedürfnis nach Einheitlichkeit im Eisenbahnbetrieb wenigstens innerhalb eines Landes, entsteht ohne Zweifel für jede zur Umstellung geneigte Verwaltung ein bedeutendes Hindernis; denn keine möchte die Gefahr laufen, mit ihrer Wahl vereinzelt zu bleiben. Dieses Hindernis verliert von seiner Wirksamkeit heute dadurch etwas, daß es für den Erfolg der Umstellung weniger auf die Wahl der Stromart als auf die Güte der Ausführung ankommt.

Bei vielen neuen größeren elektrischen Betrieben wird der größte Teil der Energie in bahneignen Kraftwerken erzeugt. Die zentrale Erzeugung der Energie und ihre Übertragung nach den Hauptspeisepunkten ist bei einem einigermaßen verkehrsreichen, geographisch nicht zu stark auseinandergezogenen Eisenbahnnetz wirtschaftlich in der Regel am günstigsten. In Wirklichkeit entstanden die meisten bahneignen Kraftwerke aus rein praktischen Gründen und infolge zwingender Umstände. Dasselbe gilt auch für die nicht bahneignen Kraftwerke.

Die Umstellungen können nach verschiedenen Gesichtspunkten eingeteilt, und zwar können voneinander unterschieden werden:

A. Umstellung neuer Eisenbahnen,
B. Umstellung bestehender mit Dampf betriebener Eisenbahnen.

[1]) Unter Benutzung des Generalberichtes, erstattet von Dr. E. Huber-Stockar, Bern. Teilberichte sind erschienen in Z. Bd. 71 (1927) S. 265, 359, 477, 895 und 1284. Der Generalbericht ist erschienen im Verlag von Emil Birkhäuser & Cie, Basel, Preis 125 Schw. Fr.; den Vertrieb für Deutschland hat die VDI-Buchhandlung.



In den letzten 10 bis 15 Jahren, während deren die meisten größeren Umstellungen unternommen wurden, sind verhältnismäßig wenig größere neue Eisenbahnen gebaut worden. Es gab daher zu Umstellungen der Hauptklasse A wenig Gelegenheit. Geschichtlich an erster Stelle, 1899, dürfte die Bahn Burgdorf—Thun stehen. Die Queralpen-Hauptlinie Frutigen—Brig der Berner Alpenbahngesellschaft, vollendet 1913, wurde von Anfang an elektrisch betrieben. Heute würde man kaum irgendwo in der Welt eine Eisenbahn von ähnlicher Art anders planen als mit elektrischem Betriebe. In Teilen der Erde, in denen Eisenbahnen noch berufen sein werden, Land zu erschließen, können Umstellungen großen Ausmaßes in der Zukunft erwartet werden. Die Umstellungen neuer Bahnen sind unter sonst gleichen Umständen insofern von vornherein günstiger als andre, als sie keine beim Dampfbetrieb nötig gewesenen Einrichtungen und Betriebsmittel entwerten, sondern sogar den Bau der Eisenbahn verbilligen können.

Bei den Umstellungen der Hauptklasse B, die bis auf weiteres am bemerkenswertesten sind, können voneinander unterschieden werden:

a) Umstellungen, zu denen nur technischer Zwang vorliegt oder zu erwarten ist,
b) Umstellungen, zu denen technischer und wirtschaftlicher Zwang vorliegt oder bevorsteht,
c) Umstellungen, zu denen ein Zwang nicht vorliegt und nicht binnen kurzem vorauszusehen ist, sondern die nur Vorteil versprechen, und zwar
   I. Umstellungen von verhältnismäßig bescheidenem Umfang als Betriebsversuche, die mehr oder weniger später ausgedehnt werden sollen.
   II. Umstellungen von einzelnen größeren Linien oder Liniengruppen von Eisenbahnen, bei denen der Dampfbetrieb eine deutliche Unzulänglichkeit zeigt und die elektrische Zugförderung betriebstechnische und betriebswirtschaftliche Vorzüge bietet und gute geldliche Vorteile verspricht.
   III. Umstellungen ganzer Eisenbahnnetze oder größerer Teile von solchen, besonders der Hauptlinien.

Unter Eisenbahn und Eisenbahnnetz ist hier immer das einer und derselben Verwaltung unterstellte Eisenbahnnetz oder ein Teil oder nur eine Linie zu verstehen.

In die Klasse B a) gehören die Umstellungen von Tunnelstrecken, also z. B. folgender:
Baltimore-Tunnel, Cascade-Tunnel, Detroit-Tunnel, Hoosac-Tunnel, Simplon-Tunnel.

Sie erstrecken sich je von der letzten Haltestelle vor dem Tunnel bis zur ersten hinter dem Tunnel, beide eingeschlossen. Der technische Zwang zu den Umstellungen in den Tunneln wird von der Rauchplage ausgeübt, die mit dem Dampfbetrieb in langen Tunneln von wirtschaftlich möglicher Ausführung verknüpft ist und bei starkem Verkehr gesundheitlich schädlich wird, den Betrieb gefährdet und bei starkem Verkehr schließlich praktisch unmöglich machen kann. Die Umstellungen auf den Tunnelstrecken sind nicht sehr ausgedehnt und erfordern nur wenige elektrische Lokomotiven. Sie brauchen daher verhältnismäßig wenig Kapital, das sogar im Verhältnis zu den Baukosten der betreffenden Tunnel gering ist. Sie werden als nötig anerkannt, und es fällt niemanden ein, zu untersuchen, ob der elektrische Betrieb dieser Tunnel mehr oder weniger koste als der Dampfbetrieb.

Nichtsdestoweniger ist das betriebswirtschaftliche Verhalten dieser elektrischen Tunnelstrecken in vielen Beziehungen bemerkenswert. Die Erfahrungen im Betrieb, die jährlichen Fahr- und Zugleistungen der Lokomotiven, deren Unterhaltkosten und die Unterhaltkosten der Fahrleitungen sind übertragbar auf andre Umstellungen und zu lehrreichen Vergleichen mit andern elektrischen Betrieben brauchbar. Sie sind besonders bemerkenswert, wenn sie sich, wie heute schon, auf verhältnismäßig alte Betriebe beziehen; denn sie geben gute Anhaltpunkte für die Schätzung der Lebensdauer von Hilfseinrichtungen und Fahrzeugen.

In die Klasse B b) gehören z. B. folgende Umstellungen:

1. Großbahnhöfe innerhalb von Großstädten und deren Zufahrten: Quai d'Orsay, Paris bis Juvisy, Pennsylvania-Bahnhof New York bis Manhattan-Fähre, Grand-Central-Bahnhof in New York bis Harmon.
2. Metropolitan- und Distrikt-Bahn, London.
3. Mit den Hauptbahnnetzen zusammenhängende Linien innerhalb der großen Städte und Vorstädte.
4. Von den Hauptbahnhöfen der großen Städte bis in die Vororte ausstrahlende Linien.
5. Die Hauptlinien quer durch Gebirge: Giovi, Mont-Cenis, Gotthard, Albula, Arlberg (Lötschberg gehört in die Hauptklasse A).

Bei diesen Umstellungen lagen Notwendigkeiten vor, denen die Verwaltungen nachgeben mußten oder in kurzer Zeit hätten nachgeben müssen. Bei Eisenbahnen unter ähnlichen Verhältnissen, die noch nicht umgestellt sind, liegt die Notwendigkeit bereits vor oder wird bei stärkerem Verkehr eintreten. Im Falle der Beispiele 1 und 2 war die Notwendigkeit der Umstellung bestimmt gegeben mit der Notwendigkeit zu neuen Bahnhofbauten in Paris oder New York. Im Falle der andern Beispiele erkannten die Verwaltungen die Notwendigkeit, weil sie die Not in absehbarer Zeit voraussahen, die die Folge der Beibehaltung des Dampfbetriebes gewesen wäre und von der bereits deutliche Anzeichen zu bemerken waren.

Genau genommen, gibt es, wenigstens bei den bestehenden Eisenbahnen, außer der Rauchplage keinen rein technischen Zwang zur Umstellung auf elektrischen Betrieb, solange es möglich ist oder wäre, die gewünschten maschinentechnischen Leistungen der elektrischen Zugförderung mit dem Dampfbetrieb zu erreichen, sei es mit Dampflokomotiven, sei es mit entsprechenden Um- oder Neubauten, sei es mit beiden Mitteln. Der Zwang zur Umstellung oder deren Notwendigkeit war oder ist in den meisten Fällen der Klasse B b) in Wirklichkeit betriebstechnisch, betriebswirtschaftlich, verkehrspolitisch und geldlich. Je nach dem Falle war oder ist der eine oder andre der genannten Gesichtspunkte entscheidend.

Bei den als Beispiel 1 zusammengefaßten Umstellungen wäre die praktische Lösung der gestellten Aufgaben auf einem andern Weg als auf dem der Umstellung auf elektrischen Betrieb auch heute noch kaum denkbar. In diesen Fällen war Umstellung unbedingt Voraussetzung, teils der Entstehung, teils der Erhaltung und des Umbaues von großen Bahnhöfen von größter Lebenswichtigkeit nach Leistungsfähigkeit und Lage sowohl für den Verkehr als auch für die Verwaltungen. Umstellung war in diesen Fällen praktisch die einzige Rettung: In New York war die Vermeidung der Rauchplage sogar unbedingte Forderung der Behörde. Aus vielen Gründen, die hier nicht genannt zu werden brauchen, war elektrischer Betrieb so nötig, Dampfbetrieb so unbrauchbar, daß die Frage, welcher Betrieb der billigere sei, nicht gestellt werden konnte. Diese Umstellungen werden hier, statt bei der Klasse B a), erwähnt wegen ihrer großen allgemeinen Bedeutung in der Geschichte der Umstellung auf elektrischen Betrieb und weil sie über die Zone, in der der Zwang zu ihnen vorlag, hinausgeführt wurden und durch die Größe der Betriebsleistungen Quellen höchst maßgebender technischer und wirtschaftlicher Erfahrungen sind.

Bei dem Beispiel 2 wäre die Rauchplage bei dem heutigen Verkehr wohl auch so groß, daß die Behörde die Umstellung vorschriebe. Wie der heutige Verkehr auf den bestehenden Gleisen in den bestehenden Tunneln anders als mit elektrischer Zugförderung bewältigt werden könnte, ist überhaupt nicht einzusehen.

In Fällen wie bei Beispiel 3 und 4 spielt die Vermeidung der Rauchplage zwar auch eine wichtige Rolle, ausschlaggebend war und ist aber die heute allgemein vorhandene Erkenntnis, daß der elektrische Betrieb von verkehrsreichen Stadt- und Vororteisenbahnen technisch, wirtschaftlich und verkehrspolitisch dem Dampfbetrieb bei weitem überlegen und das einzige Mittel zur Aufrechterhaltung oder Wiederherstellung der Fähigkeit zum Wettbewerb mit den andern Beförderungsarten innerhalb des Stadt- und Vorortgebietes ist.

Zur Zeit gibt es noch Dampfbetriebe, wenigstens auf Vorortstrecken, die nicht so unvorteilhaft arbeiten, daß ihre Beibehaltung bis auf weiteres für die Eisenbahnen verhängnisvoll wäre. Es dürfte aber kaum einen unter ihnen geben, dessen Ersatz durch den elektrischen Betrieb nicht erwogen oder grundsätzlich beschlossen ist.

Bei den als Beispiel 5 zusammengefaßten Umstellungen kommt je ein langer Tunnel vor, in dem die Rauchplage die Grenze der Zulässigkeit erreicht hatte und wo die Umstellung allein nach Art der Umstellungen in den Tunneln der Klasse A a) durchaus die Kosten gelohnt hätte. Nun war die elektrische Zugförderung zur Zeit dieser Umstellungen bereits so weit entwickelt und als im Betrieb langer steiler Strecken dem Dampfbetriebe technisch und wirtschaftlich zweifellos überlegen bekannt, daß nicht gezögert wurde, statt nur der langen Tunnel auch die Zufahrten auf betriebsorganisatorisch angezeigte Länge umzustellen, zumal diese Zufahrten zum Teil sehr tunnelreich sind.

Bei diesen Umstellungen wurde jedesmal ein großer Park von Dampflokomotiven überflüssig. Ferner mußten Schuppen und Werkstätten umgebaut und eingerichtet werden. Da es sich aber um keine im Verhältnis zur Gesamtausdehnung des Eisenbahnnetzes der betreffenden Verwaltung ausgedehnte Umstellung handelte, konnten die über-



flüssig gewordenen Dampfbetriebsmittel nützlich verwendet und erhebliche Verluste infolge von Entwertungen vermieden werden.

Über die Notwendigkeit dieser Umstellungen und ihren wirtschaftlichen Erfolg kann schon eher gestritten werden als über den der Umstellungen nach den Beispielen 1 bis 4. Man kann z. B. besonders leicht hinterher von leistungsfähigeren und sparsameren Dampflokomotiven sprechen, die inzwischen angeschafft worden wären. Auch die Verkehrsfrage kann angeschnitten werden, wenn sich die Beanspruchung nicht so entwickelte, wie vorausgesehen wurde. Es besteht aber allgemein kein Zweifel darüber, daß die Umstellung auf elektrischen Betrieb bei verkehrswichtigen Linien von der Art der Queralpen-Eisenbahnen, überhaupt von verkehrsreichen Linien mit vielen oder langen Steigungen und vielen Tunneln, angezeigt ist, sobald die Geldmittel vorhanden sind, und mehr oder weniger bald wirklich nötig wird in dem Sinne, daß elektrischer Betrieb schließlich das einfachste, wirksamste und, alles berücksichtigt, billigste Mittel ist, um die Wettbewerbfähigkeit zu erhalten und die Leistungsfähigkeit zu erhöhen.

In die Klasse B c) gehören die Umstellungen, von denen höchstens kleine Teile als in die Klasse B b) gehörend angesehen werden könnten, die also keineswegs oder nur bedingt als zur Sicherung des wirtschaftlichen Bestandes der betreffenden Eisenbahnen angezeigt oder gar nötig betrachtet werden können. Der betriebstechnische und wirtschaftliche Erfolg dieser Umstellungen wird durch deren Ausdehnungen überhaupt, die geldliche Wirkung durch deren Ausdehnung im Verhältnis zur Ausdehnung des Eisenbahnnetzes der betreffenden Verwaltung stark beeinflußt. Aus diesem Grunde sind die drei Unterklassen I, II und III gebildet.

In die Unterklasse B c I) gehören z. B. die geschichtlich bemerkenswerten Umstellungen Lecco – Chiavenna und Samaden – Schuls. Diese wie zahlreiche andre, die mehr oder weniger bestimmt zur gleichen Unterklasse gehören, waren im wesentlichen praktische Versuche, die über die nur technische Erprobung von Stromart und Konstruktion hinauszielten und den Verwaltungen betriebstechnische und wirtschaftliche Erfahrungen als Grundlage zur Beurteilung der Aussichten des elektrischen Betriebes in größerem Maßstabe liefern sollten. Ihre geldliche Tragweite war recht gering. Es konnte von ihnen ebenso wenig ein geldlicher Erfolg erwartet, als eine geldliche Gefahr befürchtet werden. Die entstandenen elektrischen Betriebe konnten ihre Daseinsberechtigung behalten, auch wenn sie keine Ausdehnung im gleichen Eisenbahnnetz erfuhren.

Für solche Versuche wurden von den betreffenden Verwaltungen Linien oder Liniengruppen gewählt, deren Betrieb der elektrischen Zugförderung wenigstens einigermaßen Gelegenheit gab, ihre technischen Vorzüge gegenüber dem Dampfbetrieb in nützlicher Anwendung zu zeigen, und die nicht so wenig umfangreich waren, daß sich kein deutliches betriebswirtschaftliches Bild entwickeln konnte. Der gute Erfolg aller zu dieser Unterklasse gehörenden Umstellungen wird dadurch bestätigt, daß sie heute als Teile ausgedehnter Umstellungen erscheinen.

Die Unterklasse B c II) umfaßt Umstellungen, die schon im Hinblick auf die Kosten ihrer Durchführung nicht als Versuche der betreffenden Verwaltungen betrachtet werden können. Sie beruhen auf der aus den Ergebnissen eingehender Untersuchung der eigenen Dampfbetriebe und der elektrischen Betriebe andrer Eisenbahnen an den maßgebenden Stellen geschöpften Erkenntnis, daß die Umstellung gewisser Linien oder Liniengruppen Vorteile bietet, die den erforderlichen Geldaufwand mit befriedigender Gewißheit lohnen. In diesen Fällen ist der Umfang der Umstellung durch die Ausdehnung der zusammenhängenden Linien bestimmt, bei denen die Voraussetzungen zum betriebswirtschaftlichen Erfolg der Umstellung schon gegeben sind oder angefangen haben, in rasch wachsendem Maße gegeben zu sein.

In diese Unterklasse gehören z. B. folgende Umstellungen: Riksgräns-Bahn, Chicago – Milwaukee- und St. Paul-Bahn, Rocky Mountains- und Missoula-Abschnitte, Norfolk- und Western-Bahn, Bluefield-Vivian-Virginian-Bahn Roanoke – Mullens.

Bei diesen Betrieben liegen alle Umstände vor, unter denen die betriebswirtschaftliche Überlegenheit der elektrischen Zugförderung gegenüber dem Dampfbetrieb theoretisch schon früher zweifellos festgestanden hätte, nämlich lange Steigungen bei schweren Zügen. In den beiden ersten Betrieben waren die Möglichkeiten des Dampfbetriebes wohl noch nicht völlig erschöpft, hingegen sprach hier die Ersetzbarkeit der Kohle durch Wasserkraft stark für die Umstellung auf elektrischen Betrieb nicht wegen des Rauches, sondern wegen der Kosten. In den beiden andern Fällen war die starke Vergrößerung der Zugkraft, insbesondere der Dauerzugkraft, und die gleichzeitige Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit, das heißt eine starke Erhöhung der Anfahr- und Zugleistung der Lokomotiven weit über das von Dampflokomotiven technisch und wirtschaftlich befriedigend Erreichbare hinaus wirtschaftlich vorteilhaft für die Eisenbahngesellschaften.

Die Umstellungen der Unterklasse B c II) betreffen Eisenbahnlinien, die dazu besonders reif waren und Sonderfälle darstellen. Bei diesen Umstellungen muß ein geschäftlicher Gewinn in Gestalt einer die übliche erheblich übersteigenden Verzinsung des Kapitals nachgewiesen werden können, weil dies fast ausschließlich der verfolgte Zweck war. Bei der Riksgräns-Bahn dürfte allerdings der Ersatz eingeführter Kohle durch Wasserkraft im Lande ebenfalls mit als Hauptzweck anzusehen sein.

Zur Unterklasse B c III) gehören die Umstellungen, die geplantermaßen nicht auf Linien beschränkt sind, bei denen der Dampfbetrieb Mängel zeigt, sondern Linien umfassen, die, wenigstens zu normalen Zeiten, ohne Schaden für die betreffenden Eisenbahnen als Unternehmungen noch eine unbestimmt lange Zeit mit Dampf betrieben werden könnten. Dies sind die Umstellungen, die dem leitenden Gedanken entsprechen, nach und nach die ganzen Netze elektrisch zu betreiben, zunächst selbstverständlich die Linien, deren elektrischer Betrieb die zahlreichsten oder wichtigsten Vorteile gegenüber dem Dampfbetriebe bietet oder in naher Zukunft bieten wird.

Zu diesen Umstellungen gehören, mehr oder weniger ausgesprochen, die meisten Umstellungen, die von Staatseisenbahnen durchgeführt wurden und noch werden, auch die der großen französischen Eisenbahngesellschaften. Der Nutzen, der den betreffenden Eisenbahnen als Unternehmungen erwachsen soll, ist der wesentliche und unbedingt nicht zu verfehlende, jedenfalls in naher Zukunft zu erreichende Zweck, den die betreffenden Verwaltungen verfolgen, aber nicht der einzige verfolgte Zweck. Es werden volkswirtschaftliche, verkehrspolitische und handelspolitische Zwecke verfolgt, deren Erreichung vorteilhaft sein kann, in den Rechnungsabschlüssen der betreffenden Eisenbahnen jedoch nicht notwendigerweise ebenfalls vorteilhaft oder überhaupt zum Vorschein kommen muß. Diese Umstellungen dürfen vielleicht als national bezeichnet werden. Im Lande herrschte und besteht eine starke Meinung zugunsten fortschreitender Umstellung. Die Verwirklichung war daher in der Regel nicht schwierig.

Es wäre ein großer Irrtum, die Umstellungen der Unterklasse B c III) als im allgemeinen wenig vorteilhaft für die betreffenden Eisenbahnen anzusehen. Deren Verwaltungen verstanden es durchweg, die Pläne so zu gestalten und durchzuführen, daß Linien, deren Umstellung betriebswirtschaftlich nicht begründet werden konnte, bis auf weiteres den Dampfbetrieb behalten.

Die Umstellungen der Unterklasse B c III) braucht man oft, wenn sich die Eisenbahnen der Welt dem allgemeinen elektrischen Betrieb wirklich nähern sollen; die Gesamtheit der durchgeführten und in der Durchführung begriffenen Umstellungen, die nach der am Anfang gegebenen Erklärung Umstellungen im Sinne des zu behandelnden Gegenstandes sind, decken erst einen sehr kleinen Teil der Eisenbahnen der Welt.

Es soll bemerkt werden, daß bei weitem nicht alle nennenswerten Umstellungen erwähnt wurden. Unter den Beispielen fehlen solche, die zu den bedeutendsten gehören. Der Grund ist einfach der, daß bei sehr vielen Umstellungen die Einrechnung in eine der Klassen nur mit umständlichen Vorbehalten möglich gewesen wäre. Die Schnelligkeit, mit der weitere Umstellungen erfolgen werden, wird wesentlich bestimmt sein durch die weitere Entwicklung der wirtschaftlichen Lage der Eisenbahnen als Unternehmungen und das Maß, nach dem andre Tätigkeitsgebiete die Geldmärkte beanspruchen.

Zu Umstellungen, die in die Klasse B b) und B c II) einzureihen, also keine wirtschaftlichen Wagnisse wären, gäbe es bei verschiedenen Eisenbahnen Gelegenheit. Mancher vom Vorortverkehr bedrängte Bahnhof, manche Linie mit großem Verkehr und vielen starken Steigungen, der Erhöhung der Leistungsfähigkeit bedürftig, wartet auf die Umstellung, von der meist schon geredet worden ist.

Die Eisenbahn-Fachleute wissen längst, daß elektrischer Betrieb um so vorteilhafter als Dampfbetrieb sein kann, je dichter der Verkehr, je teurer die Kohle, je billiger die elektrische Energie, je höher der Arbeitslohn, je stärker und zahlreicher die Steigungen, je geringer der Zinsfuß des Kapitals sind. Die Kenntnis dieser Zusammenhänge genügt keiner Verwaltung, die die Verantwortung einer Umstellung übernehmen soll. Die ersten vier Zusammenhänge deuten auf die Möglichkeit, daß sich die Lage des

elektrischen Betriebes gegenüber dem Dampfbetrieb mit der Zeit bessere; aber sie alle sind verhältnismäßig unbestimmt und begründen in jedem Falle, wo eine bestimmte Umstellung ins Auge gefaßt werden soll, lediglich die Fragen danach, ob der Verkehr dicht genug, die Steigungen stark und zahlreich genug, die Kohle nicht zu billig, die elektrische Energie nicht zu teuer, die Lohnersparnisse groß genug und das erforderliche Kapital nicht zu hoch verzinslich seien.

Dieser allgemeine Bericht kann in folgenden Sätzen zusammengefaßt werden:

1. Die Umstellung der Eisenbahnen auf elektrische Zugförderung ist eine technisch für alle Fälle befriedigend und im wesentlichen abschließend gelöste Aufgabe.
2. Die elektrischen Betriebe haben sich technisch überall bewährt; sie stehen in der Gunst der Bahnbeamten, der Reisenden und der Anwohner.
3. Es gibt Fälle, in denen der elektrische Betrieb der einzige mögliche ist, technisch und wirtschaftlich.
4. Die Voraussetzungen zum wirtschaftlichen Erfolg der Umstellung scheinen nur gegeben zu sein bei Eisenbahnen mit dichtem Verkehr, vielen und starken Steigungen, um so mehr, je billiger die elektrische Energie und je teurer die Kohle und die menschliche Arbeit.
5. Vom wirtschaftlichen Erfolg der Umstellung darf um so eher etwas geopfert werden, je dringender die Beseitigung der Rauchplage ist.
6. Vom wirtschaftlichen Erfolg wird im Falle von Staatseisenbahnen noch mehr geopfert, je mehr national wirtschaftlicher Nutzen durch die Umstellung und den elektrischen Betrieb gestiftet wird; in jedem dieser Fälle wird jedoch die betriebswirtschaftliche Verbesserung wenigstens in naher Zukunft als Hauptzweck, von den Privatbahnen als einziger Zweck verfolgt.
7. Es gibt keine festen und leicht anzuwendenden Maßstäbe für die Feststellung, ob Eisenbahnen zur Umstellung reif sind. [N 132]

Berlin W. Wechmann

Vorgänge beim reinen Rollen elastischer Reibungsräder[1]

Im Innern zweier einander berührender fester elastischer Körper gelten nach H. Hertz[2]) die Grundgleichungen der Elastizität. Am Rand ist zwischen einer freien Oberfläche, in der die Spannungen null sind, und einer beiden Körpern bei der Berührung gemeinsamen Berührungsfläche (Druckfläche) zu unterscheiden, für die Hertz folgende Randbedingungen benutzte: Die Oberflächengestalt muß sich so ändern, daß die Berührung in einer Fläche stattfindet (geometrische Bedingung); die in der Berührungsfläche übertragene Normalkraft ist gegeben (Gleichgewichtsbedingung); die Tangentialspannungen in der Berührungsfläche sind null (willkürliche Bedingung).

Fordert man, daß eine gegebene Tangentialkraft übertragen wird, so steht die Tangentialspannung t als Reibungsspannung mit der Normalspannung p und der Gleitgeschwindigkeit v_g an der betreffenden Stelle durch ein Reibungsgesetz in Beziehung (physikalische Bedingung). Die Aufgabe wird aber erst eindeutig, wenn weitere Angaben den Bewegungszustand bestimmen. Sie wurde für das Rollen unendlich langer Zylinder unter gleichbleibender Normalkraft auf Grund des Hookeschen Elastizitätsgesetzes und des Coulombschen Reibungsgesetzes bei Vernachlässigung von Massenkräften in Angriff genommen. Die Berührungsfläche kann dann in ein Haftgebiet und in ein Gleitgebiet zerfallen (reines Rollen).

Beim Rollen weicht die Winkelgeschwindigkeit des getriebenen Zylinders von dem Wert ab, der bei gleitungsfreiem Rollen von starren Zylindern einträte. Der Schlupf s kann an jeder Stelle der Berührungsfläche in einen Formänderungsschlupf s_ε und einen Gleitschlupf s_g zerlegt werden ($s = s_\varepsilon + s_g$). s_ε ist nahezu gleich dem Unterschied der Oberflächendehnungen in Richtung der Bewegung, s_g ist proportional v_g. Im Haftgebiet ist daher $s_g = 0$, also $s_\varepsilon = s =$ konst., im Gleitgebiet ist $t = \pm \mu_0 p$ für $s_g \gtrless 0$, wenn μ_0 die Gleitreibungszahl ist.

Mit diesen Randbedingungen können die beiden allgemeinen Integralgleichungen des Problems aufgestellt werden, für die bei gleicher Elastizitätszahl der beiden Scheiben eine Lösung angegeben werden kann. Die Rechnung ergibt u. a.:

1. Die Hertzsche Theorie der reibungsfreien Berührung gilt ebenso genau auch bei Vorhandensein von Reibung für die Größe der Berührungsfläche und die Verteilung der Druckspannungen in ihr.
2. Die Berührungsfläche ist im allgemeinen nicht symmetrisch zur Ebene der beiden Zylinderachsen. Ihre Mitte ist um ein sehr kleines Stück nach der Ablaufseite oder Auflaufseite hin verschoben, je nachdem der treibende oder der getriebene Zylinder den größeren Halbmesser hat. Die Reibungsspannungen beeinflussen ferner etwas die Gestalt der Berührungsfläche; insbesondere ist die Fläche in der Drehrichtung des getriebenen Zylinders gedreht, so daß der Eindruck in den treibenden Zylinder an der Auflaufseite tiefer als an der Ablaufseite ist.
3. Das Haftgebiet liegt an der Auflaufseite, das Gleitgebiet an der Ablaufseite. Die Grenze dazwischen wandert von der Ablaufseite zur Auflaufseite, wenn bei gleichbleibender Normalkraft N die Umfangskraft T von null zum Höchstwert $T_{max} = \mu_0 N$ steigt.
4. Die Beanspruchung wird durch die Reibung stark vergrößert; bei mittleren Umfangskräften kann die größte Schubspannung leicht das $2\frac{1}{2}$fache, die größte Zugspannung sogar das 30fache der ohne Reibung geltenden Werte annehmen. Die größte Beanspruchung tritt bei gegebener Anordnung und Normalkraft nicht immer zugleich mit der größten möglichen Umfangskraft auf.
5. Der relative Energieverlust V ist nicht immer mit dem Schlupf gleichwertig wie bei starren Körpern.
6. Die Rechnung liefert für den Schlupf nur etwa das 0,3fache der von Jahn und Sachs[3]) durch Versuch gefundenen Werte. Die berechneten Schlupflinien (Umfangskraft abhängig vom Schlupf) stimmen aber in ihrer Gestalt und auch in ihrer Abhängigkeit von den Versuchsbedingungen (Normalkraft, Halbmesser der Scheiben) recht gut mit den Ergebnissen der Versuche überein.
7. Die Linien zeigen bei Annäherung an die größte Umfangskraft ein rascheres als proportionales Anwachsen des Schlupfes und erinnern dadurch an den bekannten Verlauf der Spannung in Abhängigkeit von der Dehnung beim Erreichen der Fließgrenze oder an einige Linien der Gleitreibung, abhängig von der Gleitgeschwindigkeit. Als ein wesentliches Ergebnis der Rechnung ist hervorzuheben, daß die Gestalt der Schlupflinien mit dem Hookeschen Elastizitätsgesetz und dem Coulombschen Reibungsgesetz vereinbar ist, also nicht eine Annahme notwendig macht, daß der Schlupf mit bleibenden Formänderungen verbunden ist oder die Reibungszahl der Gleitreibung von der Gleitgeschwindigkeit abhängt.
8. Die im allgemeinen verwickelte Rechnung liefert für hartelastische Stoffe wie Metalle (zulässige Spannung klein gegenüber der Schubzahl G) einfache und übersichtliche Formeln. Für den verhältnismäßigen Energieverlust und den Schlupf bei reinem Rollen findet man

$$V = s = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) \mu_0 \, b_0 \left(1 - \sqrt{1 - \nu}\right),$$

worin $$b_0 = \sqrt{\frac{m-1}{m\,G} \, \frac{4}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} \, \frac{N}{\pi l}}$$

die nach der Hertzschen Theorie zu berechnende halbe Breite der Berührungsfläche, $\nu = \frac{T}{\mu_0 N}$ der „Nutzungswert" ($0 \leq \nu \leq 1$), R_1, R_2 die Halbmesser und l die Länge der Zylinder und m die Poissonsche Konstante sind. [N 574]

[1]) H. Fromm, Berechnung des Schlupfes beim Rollen deformierbarer Scheiben, Zeitschr. f. angew. Math. u. Mechan. Bd. 7 (1927) S. 27.

[2]) Über die Berührung fester elastischer Körper, Ges. Werke Bd. I, Leipzig 1895, S. 155, oder Journ. f. reine u. angew. Mathem. Bd. 92 (1881) S. 156.

[3]) J. Jahn, Die Beziehungen zwischen Rad und Schiene hinsichtlich des Kräftespiels und der Bewegungsverhältnisse, Z. Bd. 62 (1918) S. 145; G. Sachs, Versuche über die Reibung fester Körper an zylindrischen Reibungstrieben. Z. angew. Math. u. Mech. Bd. 4 (1924) S. 14.

RUNDSCHAU

Aus dem Ausland

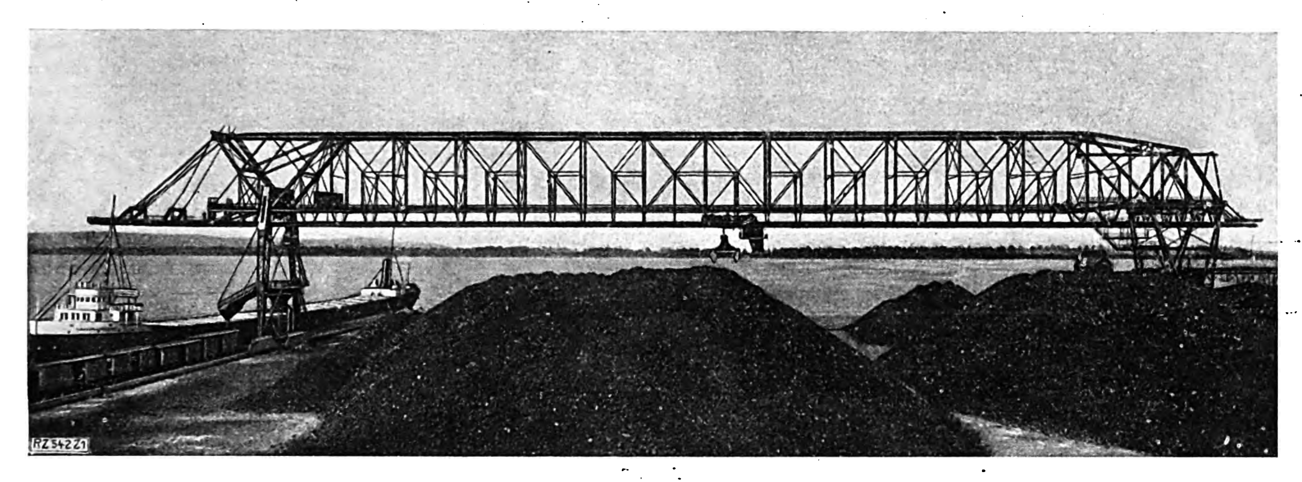


Abb. 1. Verladebrücke von Heyl & Patterson, Pittsburgh, mit 165 m Spannweite und 220 m Länge der gesamten Katzfahrbahn

Förderanlagen

Anwendung und Leistungsfähigkeit amerikanischer Krananlagen

Die Entwicklung und die Anwendung der Krananlagen ist in den Vereinigten Staaten von Amerika in mehrfacher Beziehung andre Wege gegangen als in Deutschland. Einzelne Hebezeuge, die zuerst in Amerika gebaut wurden, haben, nach Deutschland verpflanzt, große Verbreitung gefunden, während andre in Deutschland entwickelte Krangattungen sich in den Vereinigten Staaten nur einer sehr beschränkten Beliebtheit erfreuen. Es spielen bei dieser Gegenüberstellung auch verschiedene Fragen wirtschaftlicher und fördertechnischer Natur mit, die zu beiden Seiten des Atlantischen Ozeans grundsätzlich verschieden sind. Eine entsprechende Betrachtung gilt beim Vergleich der von den Kranen erzielten Förderleistungen.

Bauarten

Für den Stückgutumschlag ist im Hafenbetriebe der in den deutschen Häfen so verbreitete Drehkran fast gar nicht zu finden und selbst an den Kaischuppen der großen transatlantischen Dampferlinien wird man vergeblich Krananlagen suchen können. Die Umschlagarbeit ist lediglich dem besonders leistungsfähig ausgebildeten Bordladegeschirr und den Ladebäumen überlassen[1]). Die vereinzelten Drehkrane an den Kaianlagen der Eisenbahngesellschaften sind vielfach als Säulenkrane durchgebildet, wobei Portal oder Halbportal in Gitterkonstruktion ausgeführt werden.

Dagegen gibt es für den Massengutumschlag sehr zahlreiche und leistungsfähige Verladeanlagen bis zu den größten Abmessungen. Besonders Verladebrücken erfreuen sich großer Beliebtheit, sie sind bis zu 165 m Spannweite gebaut worden, Abb. 1. Einzelne dieser Brücken tragen außerdem Förderbänder, wodurch die Leistung gesteigert werden kann. Greiferdrehkrane sind im Gegensatz zu Deutschland nur selten zu sehen.

Eine in Deutschland nicht ausgeführte Sonderbauart bilden die unter dem Namen Huletts bekannten, sehr kräftig gebauten Erzumschlaganlagen[2]), die nur von der Firma Wellmann-Seaver-Morgan, Cleveland (Ohio), hergestellt werden und sich ausschließlich in den Häfen der Großen Seen befinden. Die Tragkraft dieser vielfach beschriebenen Anlagen beträgt etwa 12 bis 17 t.

Eine andre, in Deutschland kaum angewandte Kranart sind die Auslegerturmkrane, die häufig unmittelbar an die Gebäude angebaut werden. Diese Krane sind in der Regel für Massengutumschlag bestimmt und daher mit Greifer ausgerüstet, sie haben einen kürzeren, wagrechten Ausleger. Wegen der hohen erreichten Förderleistungen erhalten diese Krane beim Bau neuer Kraftwerke vielfach den Vorzug. Die Anlage „Richmond Station“ im Hafen von Philadelphia, eines der größten Kraftwerke der Welt, das nach vollständigem Ausbau 720 000 kW leisten wird, hat zwei doppelte Verladetürme von je rd. 650 t/h.

Eine andre in Amerika sehr beliebte Krangattung, die in Deutschland kaum zu finden ist, sind die Derricks[2a]) Sämtliche Bauunternehmer bedienen sich dieser Krane zum Bau von Hochhäusern und sonstigen Bauzwecken; auch in Steinbruch- und Hafenbetrieben kann man sie antreffen, wobei sie mitunter auch mit Einseilgreifern ausgestattet sind. Mit der Tragkraft geht man bis etwa 10 t, jedoch gibt es vereinzelt Krane bis zu 20 t Tragkraft.

Lokomotivkrane wendet man für die verschiedensten Förderzwecke an, und zwar bis zu 20 t mittlerer Tragkraft. In Sonderfällen sind jedoch derartige Krane mit 50 und 100 t, in einem Falle sogar 200 t[3]), ausgeführt worden. Diese Schwerlastkrane werden vielfach zu Hilfeleistungen bei größeren Eisenbahnunfällen herangeholt. Zur Erweiterung des Arbeitsbereiches ist man auch mit der Ausladung sehr weit gegangen.

[1]) Dr.-Ing. E. Foerster: „Nordamerikanische Seehafentechnik“ Sonderabdruck aus „Werft-Reederei-Hafen“, Berlin 1926, Julius Springer. [2]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 1208.

[2a]) Wippkrane. [3]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 1307.

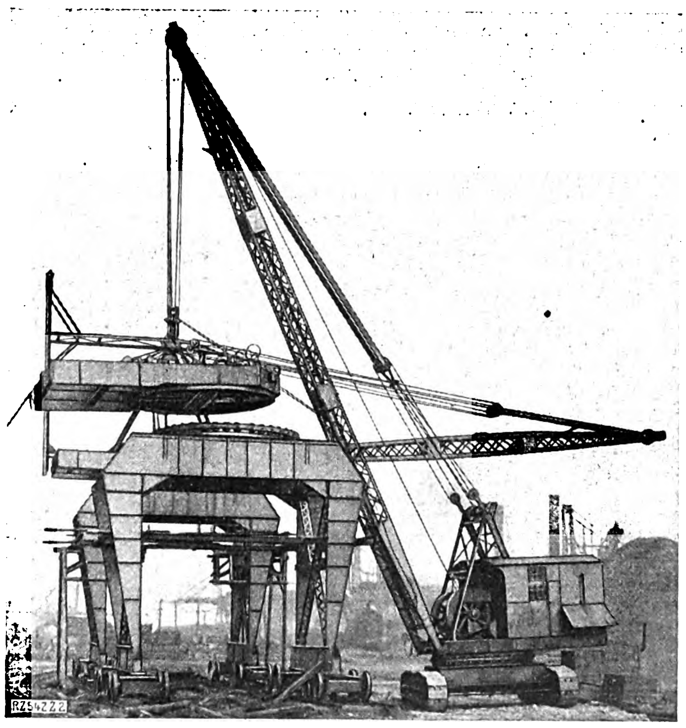


Abb. 2. Raupenkran bei der Aufstellung von Portalkranen

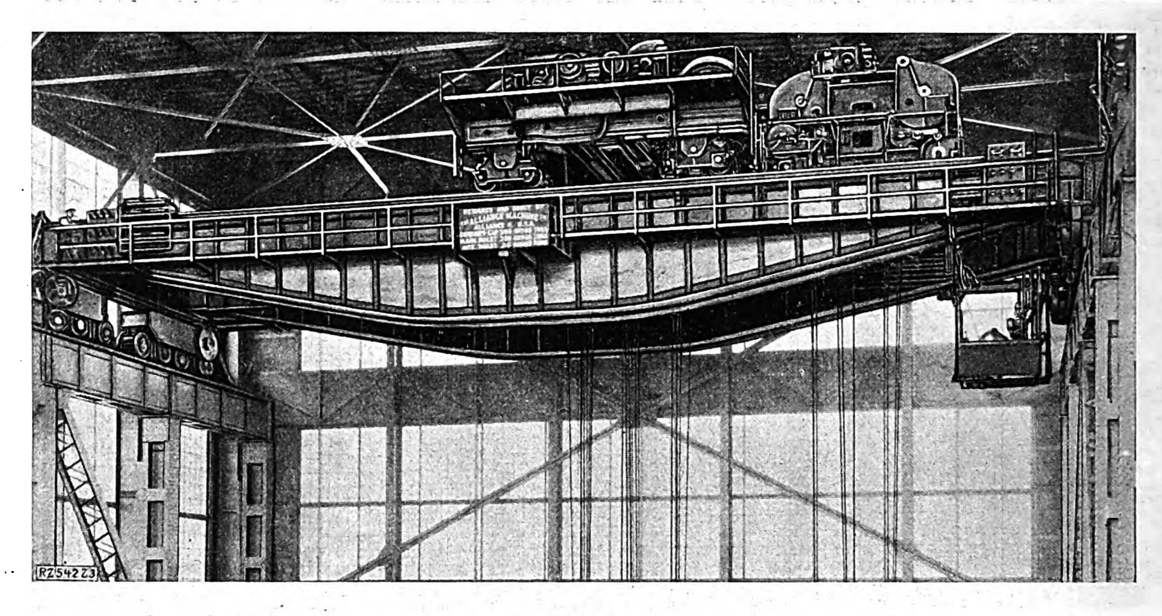


Abb. 3
400 t-Laufkran im Arsenal zu Washington

Die schnellen und leicht beweglichen Kraftwagenkrane werden von den Unternehmern für mannigfache Umladezwecke des Baubetriebes bevorzugt, und zwar in gleicher Weise für Stückgüter wie für Massengüter. In diesem Falle wird im allgemeinen an den Lasthaken der Einseilgreifer angehängt, der sehr häufig im Betriebe zu beobachten ist.

Weit verbreitet sind auch die Drehkrane mit Raupenkettenantrieb, Abb. 2, die in der Regel auch als Löffelbagger arbeiten können. Eine der wichtigsten Anwendungsgebiete ist der Straßenbau, wo diese Krane, zu Tausenden über das Land verteilt, arbeiten. Die Tragkraft bleibt durchgängig unter 5 t.

Die amerikanischen Laufkrane weisen verschiedene bauliche Eigentümlichkeiten auf, die z. T. in den hohen Löhnen begründet sind. So wendet man für die Kranbühne fast ausschließlich die Blechträgerkonstruktion an, sehr selten die Gitterwerkskonstruktion. Diese ergibt zwar ein geringeres Gewicht, erfordert aber mehr Aufwand an Arbeitslohn, weswegen diese Bauart vermieden wird. Auch bei der Lagerung der Laufräder und andrer mechanischer Teile kommt dieser Gesichtspunkt zum Ausdruck, ebenso wendet man für die Fahrgestelle Stahlgußquerträger an, da die Arbeiten für Anpassen und Zusammenbau verringert werden[4]). Mehrere in den Geschützwerkstätten der Kriegsmarine in Washington arbeitende Laufkrane haben 400 t Tragkraft, Abb. 3.

[4]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 1139.

Auf den Schiffswerften herrschen die auch in Deutschland üblichen Turmdrehkrane vor. Eigentümliche Abarten dieser Bauarten sind bei älteren Anlagen anzutreffen, und zwar Turmkrane mit aufgesetzten Wippauslegern. Zum Einbringen der schweren Ausrüstungsstücke in die Schiffe benutzt man wie in den größeren deutschen Hafenstädten Hammerkrane. Der größte Kran dieser Gattung von 350 t Tragkraft ist auf dem Gelände des Marinearsenales in Philadelphia aufgestellt, Abb. 4.

Die Kabelkrane, die vor mehr als 30 Jahren zuerst in den Vereinigten Staaten von Amerika für vielseitige Zwecke gebaut worden sind, werden heute eigentlich nur noch im Baubetriebe (für Brücken, Talsperren und Klärbecken), sowie für Steinbruchbetriebe benutzt. Für den Kohlenumschlag, für Schiffsentladung und ähnliche Zwecke ist man vom Kabelkran abgekommen, und man findet heute nur noch ganz wenige Greiferkabelkrane im Betrieb, dafür werden Verladebrücken bevorzugt.

Förderleistungen

Die Förderleistungen der für den Massengutumschlag gebauten Krane und Verladebrücken sind bei gleicher Tragkraft meist höher als in Deutschland. Dies liegt an den größeren Fördergeschwindigkeiten und an der sehr geschickten Handhabung der Steuerorgane durch den Kranführer. Bei den Auslegerturmkranen sind bei 30 m Hubhöhe 150 bis 180 Förderspiele in 1 h normal. Die größte bei derartigen Kranen vorkommende Hubgeschwindigkeit beträgt über

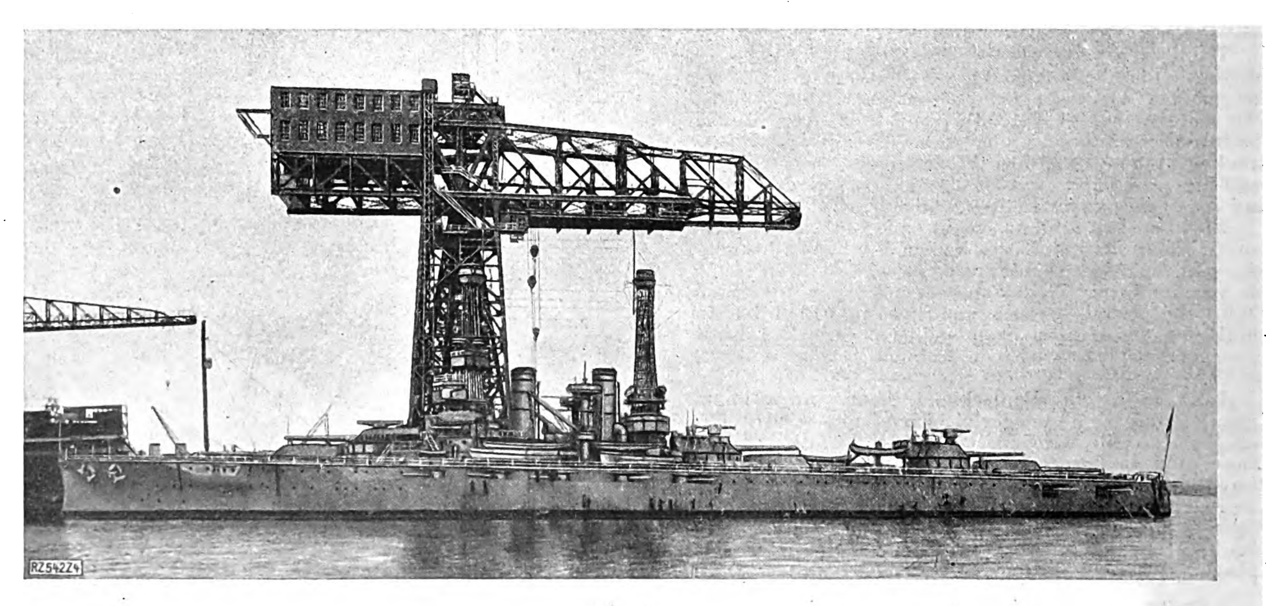


Abb. 4
850 t-Hammerkran der Kriegsmarine Philadelphia



500 m/min. Die Kohlenumschlaganlagen des Richmond-Kraftwerkes leisten mit zwei Greifern von je 1½ t Kohle Fassungsvermögen, wie schon erwähnt, 650 t/h.

Für die in der Hauptsache zur Stückgutverladung benutzten Kranarten treten die Leistungsunterschiede gegenüber den deutschen Verladeanlagen nicht so stark in die Erscheinung.

Die Huletts erreichen bemerkenswerte Leistungsziffern, so daß der Umschlag eines etwa 12 000 t fassenden Erzdampfers im Durchschnitt in 3 bis 5 h bewältigt werden kann, wenn mehrere Vorrichtungen benutzt werden.

Bei den Lauf- und Derrickkranen sowie den Kranen mit Raupenketten liegen die erzielten Leistungen im Durchschnitt nicht viel höher als bei den deutschen Erzeugnissen. Die vereinzelten Greiferkabelkrane machen stündlich über 50 Förderspiele bei etwa 200 m Fahrstrecke. Das sind Zahlen, die in Deutschland auch nicht annähernd verwirklicht worden sind. [M 542]

Dresden Dr.-Ing. W. Franke

Werkstoffe

Über Mangan, seine Erzeugung und Verwendung

Auf der letzten Jahresversammlung des „Iron and Steel Institute" wurde von Hadfield[1]) in einem Vortrag das für die Stahlherstellung wichtige Zusatzmetall Mangan behandelt. Unter besonderer Berücksichtigung englischer Verhältnisse wird in zusammenfassender Weise eine Übersicht gegeben über Vorkommen, Erzeugung und Verwendung dieses Metalls. Welche Bedeutung dem Mangan zuzumessen ist, geht daraus hervor, daß der jährliche Weltverbrauch an diesem Metall seit seiner um das Jahr 1839 erfolgten Einführung in die Stahldarstellung auf 500 000 bis 800 000 t gestiegen ist.

Gediegen kommt Mangan wegen seiner großen Verwandtschaft zum Sauerstoff nirgends vor, dagegen sind die oxydischen Erze, die für die Verhüttung am wichtigsten sind, überaus weit verbreitet. Stets kommt Mangan in wechselnder Zusammensetzung in Begleitung von Eisen vor. Eine genaue Einteilung der einzelnen Erzsorten läßt sich schwer vornehmen, da sowohl Erze gefunden werden mit hohem Mangangehalt und geringen Eisenmengen, wie auch in allen Abstufungen bis herunter zu geringen Mangan- und hohen Eisengehalten. Pyrolusit und Psilomelan gehören zu den wichtigsten Manganerzen, die das Mangan in der Form des Braunsteins (MnO_2) enthalten; nächst diesen ist der Manganit (Mn_2O_3) zu erwähnen, der mit zu den bedeutendsten Manganmineralien zählt.

Die wichtigsten Handelssorten kommen aus Süd- und Zentralindien, von der Goldküste, aus Georgien und Brasilien. Zahlentafel 1 veranschaulicht die Förderung der einzelnen Länder an hochhaltigen Manganerzen, zahlenmäßig in 1000 t ausgedrückt, während der letzten Jahre.

Zahlentafel 1

Manganförderung in 1000 t

	1921	1922	1923	1924	1925
Indien	679	474	695	803	710
Goldküste	7	66	140	233	339
Rußland	28	193	237	492	513
Brasilien	271	335	232	157	307
Ver. Staaten	14	13	33	57	76
andre Länder	200	300	350	500	500
insgesamt	1199	1381	1687	2242	2445

Jedoch erheben diese Zahlen keinen Anspruch auf unbedingte Zuverlässigkeit, da aus den amtlichen Statistiken nicht immer klar hervorgeht, um welche Sorten von Erzen es sich handelt. Weitere Erzlagerstätten finden sich in Süd- und Ostafrika, Kanada, Australien, Sibirien sowie am Ural und Nordkaukasus. Reichere Erze in geringer Menge werden in Spanien, Italien und Schweden gefunden, und geringwertige Erze in Frankreich, Belgien, Deutschland, Griechenland und der Türkei. Auf den Britischen Inseln wurden zu Beginn dieses Jahrhunderts 23 000 t jährlich gefördert, jedoch ist die Erzeugung im Laufe der Jahre erheblich gesunken, um erst, durch die Bedürfnisse des Krieges angeregt, im Jahre 1918 wieder eine Höhe von 17 465 t zu erreichen. Demgegenüber steht ein Verbrauch an Manganerzen von 331 527 t.

Die in den Vereinigten Staaten vorkommenden Erze sind meistens geringer im Mangangehalt und auch gering an Ausdehnung. Hier stehen sich gegenüber im Jahre 1925 ein Verbrauch von über 850 000 t, während im Lande selbst nur 76 000 t hochwertiges und 267 000 t geringwertiges Erz gefördert wurden. Bemerkenswert ist deshalb die große Aufmerksamkeit, die Amerika den Manganvorkommen in Südafrika widmet, erhebliche Geldsummen sind hier schon zum Ausbau der Bahnen zur Verfügung gestellt und bedeutende Verträge sind zwecks Ausbeutung der Lagerstätten zwischen amerikanischen und südafrikanischen Gesellschaften abgeschlossen worden.

Nächst dem Eisen ist das Mangan das wichtigste Metall, da es zur Stahlherstellung unentbehrlich geworden ist, und nach Schätzung der zur Verfügung stehenden Erzvorkommen könnte sich bei dem dauernd steigenden Verbrauch in einer nicht allzu fernen Zukunft ein fühlbarer Mangel bemerkbar machen. Eigenartiges Spiel der Natur ist es, daß die Hauptbezirke der Manganvorkommen weit entfernt von den wichtigsten Eisenerzbezirken liegen, nur Indien ist das einzige Land, das gleichzeitig ein reiches Manganvorkommen und eine größere Eisenindustrie hat. Der weitaus größte Teil der geförderten Manganerze wird zu den Ferrolegierungen verhüttet, eine beträchtliche Menge wird dem Möller manganarmer Erze zugegeben, um das Eisen an Mangan anzureichern. Große Mengen von Braunstein werden zur Herstellung der verschiedenen Arten von elektrischen Batterien verbraucht. Allein 35 000 t Manganerz werden zu diesem Zwecke in den Vereinigten Staaten verarbeitet. Weiterhin wird Braunstein noch als Oxydations- und Entfärbungsmittel in der Glasherstellung benutzt.

Die wertvolle metallurgische Eigenschaft des Mangans beruht auf seiner desoxydierenden und entschwefelnden Wirkung. Durch seine große Verwandtschaft zum Sauerstoff bewirkt Mangan in überfrischten Eisenbädern eine rasche Umwandlung des Eisenoxyduls zu Manganoxydul, das so gut wie unlöslich ist und sich deshalb aus dem Bad ausscheidet. Die Entschwefelung erfolgt zum Teil auch durch die auf größerer Verwandtschaft beruhende Ausscheidung von Mangansulfid in der Schlacke. Anderseits soll das im Metall zurückbleibende, rundlich ausgebildete Mangansulfid nicht in dem Maße den inneren Zusammenhang stören, wie das an den Korngrenzen in zusammenhängender Schicht ausgebildete Eisensulfid. Weiterhin macht Mangan den Stahl weniger empfindlich gegen Überhitzung und in höheren Gehalten unmagnetisch.

Die Darstellung des reinen Metalls gelang erst verhältnismäßig spät, da Mangan infolge seiner großen Verwandtschaft zu Sauerstoff und seiner leichten Aufnahmefähigkeit von Fremdbestandteilen, wie vor allem Kohlenstoff, sich nur schwer rein darstellen läßt. Das ursprünglich angewandte hohe Erhitzen mit Holzkohle ergab selbst bei mehrfachem Umschmelzen mit neuem Oxyd stets kohlenhaltiges unreines Metall. Auch das auf aluminothermischem Wege hergestellte Mangan ist noch stark, hauptsächlich durch Aluminium und Silizium, verunreinigt.

Der beste Weg der reinen Darstellung ist die Elektrolyse des Chlorürs in gesättigter Lösung. Ein weiterer neuer Weg ist die Destillation von aluminothermischem Mangan in hoher Luftleere in einem Hochfrequenzofen. Das so erhaltene Metall enthält nur Spuren von Silizium und Aluminium. Auch die Elektrolyse von Mangansalzlösungen und das Niederschlagen des Metalls als Amalgam an einer Quecksilberkathode führt zu fast reinem Mangan, wenn das Quecksilber nachher im Wasserstoffstrom erhitzt und verflüchtigt wird und man das erhaltene Manganpulver ebenfalls im Wasserstoffstrom einschmilzt. Diese Verfahren sind mehr oder weniger laboratoriumsmäßige Darstellungsarten, die für die Praxis nicht in Frage kommen. Die Dichte des so erhaltenen Metalles schwankt je nach dem Reinheitsgrad zwischen 7,0 und 8,013, der Schmelzpunkt liegt nach Heraeus bei 1245 °.

Die handelsüblichen Sorten von Eisen-Mangan-Legierungen sind Ferromangan mit ungefähr 80 vH Mangan und 6 bis 7 vH Kohlenstoff, Spiegeleisen mit 5 bis 20 vH Mangan und 4 bis 5 vH Kohlenstoff und Siliko-Spiegel mit 15 bis 20 vH Mangan, 10 vH Silizium und weniger als 5 vH Kohlenstoff. (Dazu kommen noch die Siliko-Mangane mit ungefähr 60 bis 70 vH Mangan, der Rest ist Silizium.) Die zuerst dargestellte Eisen-Mangan-Legierung war das Spiegeleisen, das in Deutschland im Siegerländer Bezirk in Hochöfen auch heute noch erschmolzen wird. Der Name Spiegel, der übrigens unmittelbar als Fremdwort in die französische und englische Sprache übernommen wurde, rührt von der grobkristallinen spiegelnden Bruchfläche dieser Legierung her. Der große Nachteil des Spiegeleisens bestand einmal in dem geringen Mangangehalt und dann in dem hohen Kohlenstoffgehalt, der es besonders für das damals in England aufkommende Bessemer-Verfahren untauglich machte.

Frühzeitig gingen deshalb die Bestrebungen dahin, eine Manganlegierung herzustellen mit möglichst hohem Mangangehalt und möglichst wenig Kohlenstoff. Die verschie-

[1]) Iron and Coal Trades Review Bd. 114 (1927) S. 813, 853, 886.

densten Verfahren traten miteinander in Wettbewerb. Es gelang bald, bei Verwendung sehr reicher Erze und heißer Ofenführung Ferromangan mit dem hohen Gehalt von 80 bis 85 vH Mn im Hochofen zu erzeugen. Jedoch ist eine so erschmolzene Legierung niemals kohlenstoffrei zu erhalten und außerdem enthält sie aus dem Erz herrührende andre Verunreinigungen, besonders Phosphor. Bei sehr guter Ofenführung rechnet man 2 t Koks auf 1 t Ferromangan, der Abbrand wird auf durchschnittlich 30 vH geschätzt. Ein älteres, heute nicht mehr ausgeführtes Verfahren ist das Henderson-Verfahren, das 1865 aufkam. Im Siemens-Flammofen wurde eine Mischung von Mangankarbonat und Eisenoxyd bei Gegenwart von überschüssiger Kohle reduziert. Anfänglich konnte die so erschmolzene Ferrolegierung mit dem Spiegeleisen in Wettbewerb treten, später mußte das Verfahren wegen Unwirtschaftlichkeit aufgegeben werden. Aus denselben Gründen ist man auch schon frühzeitig von der Darstellung von Manganlegierungen im Tiegelofen, die Prieger in Bonn einführte, abgekommen.

Heute stehen in Wettbewerb nur noch zwei Verfahren: die Darstellung im Hochofen und im elektrischen Ofen. Im Elektroofen erschmolzenes Ferromangan ist von besonderer Reinheit und vor allem sehr niedrig im Kohlenstoffgehalt. Der Preis hängt von den Stromkosten ab, auch ist der Abbrand durch die hohe Temperatur sehr hoch. Doch wird es überall dort bevorzugt werden, wo es auf eine sehr reine Legierung ankommt. In allen anderen Fällen wird das im Hochofen erschmolzene Ferromangan verwendet. Siliko-Mangane dagegen werden ausschließlich im Elektroofen dargestellt. [N 753]

Berlin-Charlottenburg Dipl.-Ing. H. Kraemer

Forschungswesen

Technisch-wissenschaftliche Forschungen der staatlichen physikalischen Forschungsanstalt in England im Jahre 1926

Der Bericht des „National Physical Laboratory" in Teddington bei London über die wissenschaftlichen Arbeiten im Jahre 1926 bringt wieder eine Fülle bemerkenswerter Mitteilungen, die dem wissenschaftlich-tätigen Ingenieur in Deutschland zeigen, wie viele der ihn zur Zeit beschäftigenden Probleme auch in England in Angriff genommen und erfolgreich vorangebracht worden sind. Insbesondere sind die Berichte über Arbeiten auf dem Gebiete der Meßkunde und der Elektrizität sehr reichhaltig. Den vom Wissenschaftlichen Beirat des Vereines deutscher Ingenieure in den letzten Jahren geförderten Arbeiten über Schalltechnik, über Wärmebewegung in Kraftmaschinen, über Bearbeitung von Metallen, über Ermüdungsfestigkeit und einigen anderen Arbeiten entsprechen Versuche des englischen Institutes, über die hier kurz berichtet werden soll.

Schallforschung. Für die Durchführung eingehender Messungen wurden zwei größere Kellerräume zweckentsprechend ausgebaut, Abb. 5.

Es wurden die bereits im Vorjahre eingeleiteten Versuche über Durchgang und Rückwurf von Schall an Wänden fortgesetzt. Verschiedene Baustoffe für Wände wurden in der Weise untersucht, daß entsprechend hergerichtete Platten in die Öffnung der Mauer zwischen zwei schalldichten Prüfräumen eingefügt wurden. In dem einen Raum befand sich ein elektrischer Lautsprecher als Schallquelle, der im Brennpunkt eines parabolischen Spiegels schräg zur Versuchswand aufgestellt war. Während man früher zur Messung des Schalles die Rayleighsche Platte benutzte, verwendet man neuerdings ein Mikrophon. Dies hat den Vorteil, daß der Körper des Beobachters das Schallfeld nicht stört. Bei der Untersuchung von schallisolierenden Belagstoffen zeigte sich die bemerkenswerte Tatsache, daß das Schallsenden von der Anwesenheit eines solchen Belagstoffes vor der Öffnung des Lautsprechers praktisch nicht beeinflußt wird, z. B. durch den Schallrückwurf an Wänden in der Nähe der Schallquelle. Die Auskleidung der Wände des Versuchsraumes mit schallabsorbierenden Stoffen hat also ihre Aufgabe voll erfüllt. Verschiedene Belegstoffe, z. B. Filz, wurden insbesondere auf Schalldurchlässigkeit untersucht. Die Filztafeln waren 15 mm dick und wurden in einfacher, zweifacher, dreifacher und vierfacher Lage geprüft. Die Schwingungszahl der benutzten Schallwellen wechselte zwischen 250 und 1600 in der Sekunde. Die Ergebnisse stimmen im allgemeinen mit denen von Sabine darin überein, daß die Schalldurchlässigkeit in Übereinstimmung mit der Plattendicke abnimmt, und zwar bei hohen Schwingungszahlen schneller als bei niedrigen.

Es gibt verschiedene Verfahren zur Klärung der akustischen Eigenschaften von Räumen durch Modellversuche. Das erste besteht im Photographieren von Luftstörungen im Modell. Man ruft diese Störungen durch Auslösen eines elektrischen Funkens hervor, der wie eine Schallquelle wirkt, und läßt einige Tausendstelsekunden später einen zweiten Funken folgen, bei dessen Licht man Schattenaufnahmen der Luftstörungen machen kann. Bei dem zweiten Verfahren werden die Modellteile in einen seichten Wasserbehälter gelegt. Im Innern des Modells wird durch einen Kolben ein kurzer Wellenzug erzeugt, der von den Wandungen genau wie ein Schallwellenzug zurückgeworfen wird. Das Fortschreiten des Wellenzuges läßt sich mit dem Auge verfolgen. Im Laufe des Berichtjahres hat man nun in Teddington die Handhabung dieses Tankwellenverfahrens vervollkommnet; man projiziert das Bild der Wellen auf einen durchscheinenden Schirm und photographiert von hinten in üblicher Weise. Mit Hilfe eines Lauffilms kann man leicht die günstigsten Beobachtungswerte festhalten.

Wegen der Ähnlichkeit zwischen diesen Wasserwellen und akustischen Wellen erscheint es bei dünnflüssigen Mitteln zulässig, für kleine harmonische Störungen die Oberflächenwellen an Stelle der zylindrischen Schallwellen zu betrachten. Hat die Flüssigkeit eine größere Tiefe als eine halbe Wellenlänge, so ist die Höhe der Oberflächenwelle ein Maß für die entsprechende Luftverdichtung. Unter Verzicht auf mathematisch strenge Ähnlichkeit hat man im Laboratorium an Stelle gleichförmiger Wellenzüge Stöße verwandt; man hält die Übereinstimmung der Verhältnisse bei diesen Wasserwellen und Schallwellen für genügend.

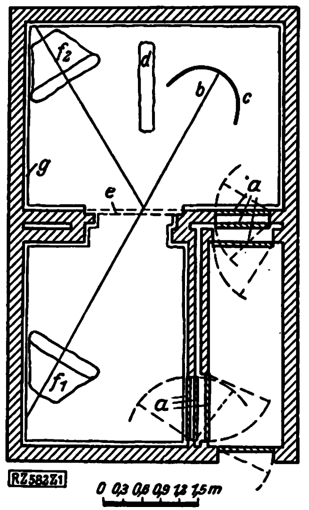


Abb. 5 Schallmeßraum
a Dreifachtür
b Schallquelle
c Paraboloidspiegel
d Schirm
e Prüffläche
f_1, f_2 } Schallaufnehmer
g Dämpfungsbelag

In das Gebiet der Schallforschung gehören auch die Messungen der Erschütterungen des Erdbodens durch vorüberfahrende Züge, die das Institut angestellt hat. Der für die Untersuchungen geeignete Platz war ein Grundstück, das die Bahnlinie berührte, gleichzeitig aber soweit vom Bahnhof entfernt war, daß die Züge ihre volle Geschwindigkeit erreicht hatten. Die Schwingungen des Bodens wurden an verschiedenen Stellen längs der Strecke rechtwinklig zu dieser gemessen. Sowohl die Geschwindigkeit als das Gewicht der Züge waren in weitem Bereich veränderlich. Um einen sicheren Anhalt für die Änderung der Schwingungsweiten mit dem Abstand von dem Gleis und von der Geschwindigkeit des Zuges zu erhalten, waren sehr viele Messungen notwendig.

Wärmeforschung. In einem früheren Bericht war bereits gesagt worden, daß der Zeitpunkt des „Klopfens" bei der Explosion von Gemischen aus Luft und flüssigem Öl erst gegen Ende der „Explosionszeit" liegt, d. h. kurz bevor der Höchstdruck bei ungestörter Verbrennung erreicht ist. Durch diese Erkenntnis wurde die Aufmerksamkeit bei Versuchen mit Verbrennungsmotoren insbesondere auf Temperatur und Druck der bei Eintritt des „Klopfens" noch nicht verbrannten Gemischteile hingelenkt. Man kann den Druck dieser Restbestände unmittelbar aus dem Druck-Zeit-Schaubild bestimmen und einen ungefähren Wert für die Temperatur aus der Annahme berechnen, daß die Restbestände mit fortschreitender Entflammung adiabatisch verdichtet worden sind ($\varkappa = 1,35$). Beschränkt man sich bei der Untersuchung auf übliche Brennstoffgemische (Petroleum, Pentan, Hexan, Heptan) und setzt voraus, daß die „Detonation" auf die plötzliche Entflammung der unverbrannten Restbestände zurückzuführen ist, so hat die Rechnung das beachtenswerte Ergebnis, daß die Temperatur der bestimmende Faktor ist und daß der Druck gar keine oder höchstens eine ganz geringe Rolle spielt.

Die Temperaturen bei adiabatischer Verdichtung zu Beginn des Klopfens betragen bei verschiedenen Brennstoffen und gleicher Anfangsdichte für

Pentan	486 °C
Heptan	446 °C
Hexan	470 °C
Benzin	480 °C.

Setzt man $\varkappa = 1{,}33$ statt $\varkappa = 1{,}35$ ein, so sind diese Werte um rd. 14 ° zu verringern. Da die Abkühlung unberücksichtigt blieb, sind das nur Vergleichswerte; außerdem bedürfen die Angaben über Pentan und Heptan noch der Bestätigung.

Um die Wirkung eines Zusatzes auf die Detonation des Luftbrennstoffgemisches zu untersuchen, wurde dem Brennstoff 1 vH Nickelkarbonyl beigemischt. Als Brennstoffe wurden gewählt:

1. ein reiches Luft-Benzol-Gemisch mit der Anfangstemperatur a) 100 °C und b) 50 °C und dem Anfangsdruck a) 6,79 at und b) 5,76 at;
2. ein reiches Luft-Benzin-Gemisch mit der Anfangstemperatur 186 ° und dem Anfangsdruck 8,08 at;
3. ein übliches Luft-Petroleum-Gemisch mit der Anfangstemperatur 186 °C und dem Anfangsdruck 8,1 at.

Die Versuche ergaben keine Verminderung des Klopfens im geschlossenen Gefäß durch den Zusatz von Nickelkarbonyl. Selbst in dem Ausnahmefall der Explosion von Luft-Heptan bei hoher Temperatur war die Stärke des Klopfens nur wenig verringert, während der Druck beim Klopfstoß etwas erhöht schien. Da zwischen der Verdampfung des behandelten Brennstoffes und der Entflammung des Luft-Brennstoff-Gemisches einige Minuten verstrichen, so ist es wahrscheinlich, daß das Nickelkarbonyl sich bei der höheren Anfangstemperatur zersetzt hatte, ehe die Ladung entflammt ist.

Die im letzten Jahresbericht bereits erwähnten Versuche zur Messung des Wärmeverlustes an Dampfrohrleitungen wurden beendet. Das Versuchsrohr war rd. 6 m lang, hatte 27 mm Dmr. und wurde zur Überwindung der Schwierigkeiten in der Temperaturverteilung durch einen zentralen Graphitheizstab für 20 kW elektrisch geheizt. Die Endverluste wurden durch kalorimetrische Messungen an den Enden der Leitung erfaßt. Die Oberflächentemperatur wurde an 30 Stellen gemessen. Die Messungen erstreckten sich über einen Temperaturbereich bis zu 300 ° aufwärts. Diese Grenze war durch die verfügbare Wärmequelle gezogen. Über die Ergebnisse wurde gesondert berichtet.

Werkstofforschung. Die Härte von Stahlarten wurde mit Diamantkegeln planmäßig erforscht. Vom weichsten bis zu dem härtesten Stahl wurden in Proben von 21 Stahlsorten Diamantkegel mit 78 °, 90 °, 105 °, 120 ° und 142 ° Spitzenwinkel eingedrückt, wobei jedesmal verschiedene Belastungen aufgebracht werden. Es zeigte sich, daß das Ergebnis des Versuchs, ausgedrückt in der Form

$$\frac{\text{Belastung}}{r^2 \pi},$$

nicht von der Belastung, sondern von dem Kegelwinkel abhängt. In früheren Versuchen mit Stahlkegeln verschiedenen Spitzenwinkels war eine Berichtigungsformel aufgestellt worden, um die Reibung zu berücksichtigen und damit eine Übereinstimmung der Werte bei verschiedenen Kegelwinkeln zu erhalten. Die Formel lautet:

$$\text{Berichtigte Härte} = \frac{\text{Belastung}}{r^2 \pi (1 + \mu \cot \varphi)}$$

worin $2\,r$ = Durchmesser des Eindruckloches,
μ = Reibungsbeiwert,
$2\,\varphi$ = Kegelspitzenwinkel ist.

Mit $\mu = 0{,}1$ ergab die Formel gleiche Härtewerte bei Verwendung von Diamantkegeln mit 78 °, 90 °, 105 ° und 120 ° auf einem Sonderstahl von mehr als 300 Brinelleinheiten Härte. Außer mit Kegeln wurden auch mit Pyramiden aus Diamant Härtemessungen angestellt.

Im allgemeinen hat die Untersuchung gezeigt, daß Diamantkegel für zuverlässige Messungen bei harten Werkstoffen brauchbar sind, und daß bei Berücksichtigung des Reibungsbeiwertes auch für weichere Werkstoffe ein Vergleich mit den Werten des Kugeldruck- und des Kegeldruckversuches möglich ist. Am brauchbarsten ist ein Diamantkegel von 120 ° Spitzenwinkel, besonders bei Stahlsorten zwischen den Brinellhärten 300 und 440. Bei noch härteren Stählen sind Diamantkegel zuverlässiger als Stahlkugeln, weil diese sich abplatten. Selbst an sehr harten Stählen geben Diamantkegel noch Eindruckspuren, die leicht meßbar sind.

In Verbindung mit anderen Forschungsstellen wurden die Ermüdungserscheinungen an Einkristallen von Aluminium untersucht, besonders unter Zuhilfenahme von Röntgenstrahlen. Die Einkristalle werden auf wechselnde Verdrehung bis zum Bruch beansprucht und hierbei die Beziehung zwischen Ermüdungsfestigkeit und Scherfestigkeit entlang bestimmter Linien ermittelt. Das Problem bietet für den Forscher mehrere günstige Versuchseigenschaften. Es wurde festgestellt, daß der Probekörper als Ganzes bei Beanspruchungen kurz unter der Ermüdungsgrenze noch nicht merklich verformt ist, wenn auch die örtlichen Verletzungen zur Ausbildung eines Bruches ausreichen würden. Die Verhältnisse sind hierbei besser vergleichbar mit denen eines einzelnen Kristalles in einem Haufwerk als bei einfacher Belastung.

Verdrehungsversuche wurden weiter mit verschiedenen Stahlsorten für Blattfedern angestellt, darunter Chrom-Vanadiumstahl und Chrom-Nickelstahl. Bei einer Zugfestigkeit des Werkstoffes von 157 kg/mm² wurde durch entsprechende Warmbehandlung der Probekörper eine Ermüdungsfestigkeit in Verdrehungsversuchen zwischen ± 70 und ± 79 kg/mm² erreicht. Federstahlplatten wurden ohne vorherige Bearbeitung auf Biegungsdauerfestigkeit untersucht. Die Festigkeitswerte lagen niedriger als bei gehobelten und polierten Platten. Die beim Walzen und bei der Wärmebehandlung eintretenden Oberflächenverletzungen bewirken also eine dauernde Herabsetzung der Ermüdungsbiegefestigkeit.

Dauerversuche auf der Grundlage eines zehnmillionenfachen Lastwechsels wurden mit weichen und harten Stahlsorten vorgenommen. Man stellte hierbei die Ermüdungsgrenze für schwingende Belastung, für schwellende Belastung und für hohe, einfache Belastung fest. Die Ermüdungsfestigkeit war bei allen Werkstoffen für schwellende Belastung nur wenig niedriger als für schwingende Belastung; bei gehärteten Stählen lag die Dauerfestigkeit für schwingende Belastung etwa 25 bis 35 vH unter den Werten der statischen Belastung.

Einen breiten Raum in den Untersuchungen nahm die Klärung der Ursache für das Auftreten spröder Stellen bei der Benutzung schmiedeiserner Ketten ein. Glieder einer neuen Kette wurden wiederholt statisch überbeansprucht und zwischendurch sowie am Ende des Versuches bei rd. 650 °C geglüht; sie zeigten feine Risse. Diese Risse traten nicht ein, wenn die Kette als Ganzes stoßweise beansprucht wurde. Die wahre Ursache ist noch unbekannt. Zur Beseitigung von Kaltreckungsspannungen ist jedoch nach wie vor das Ausglühen geeignet. Die Überbeanspruchung der Kette durch heftige Stöße machte sich in einer fortschreitenden Zerstörung der Schweißstellen bemerkbar. Die im Betriebe der Kette auftretenden zahlreichen kleinen Stöße haben eine oberflächliche Härtung der Glieder zur Folge. Diese örtliche Härtung geht in den meisten Fällen nur bis in geringe Tiefe, sie setzt aber die Dehnung an diesen Stellen wesentlich herab und ist die Ursache der meisten Kettenbrüche. Man soll daher ein Hämmern der Glieder, häufiges heftiges Aufschlagen auf den Boden oder auf das Kettenrad vermeiden. Die dünne brüchige Schale spannt sich bei der Biegung des Gliedes zunächst elastisch und bricht dann. Der Riß setzt sich beim Erreichen des darunterliegenden dehnbaren Werkstoffes fort und ruft einen Bruch hervor, der ganz das Aussehen wie bei einem spröden Werkstoff hat. Solche Brüche wurden ebenfalls an neuen, im Laboratorium leicht gehämmerten Ketten und Kettengliedern beobachtet.

Getriebeforschung. 1925 war der Vorschlag gemacht worden, den Einfluß der verschiedenen Arten von Fehlern an den Zähnen der Getriebe auf die Leistung und Abnutzung zu klären. Man wollte die zulässigen Fehlergrenzen bestimmen und damit die zulässigen Zahnbelastungen genauer als bisher festlegen. Man hat zu diesem Zweck besondere Getriebe mit absichtlich angebrachten Fehlern der Zähne hergestellt, und zwar Teilungsfehlern, Fehlern im Durchmesser des Grundkreises, der Exzentrizität und Zahnformfehler. Der Teilungsfehler des ersten jetzt in Versuch genommenen Getriebesatzes beträgt bei den beiden Ritzeln (37 Zähne) 0,04 mm auf vier Zähne und bei den beiden Rädern (38 Zähne) weniger als 0,004 mm. Dieses Getriebe machte bei 1500 Uml./min bisher insgesamt 15 Millionen Umdrehungen; die Zahnbelastung betrug 70 kg/cm², entsprechend rd. 54 PS. Der Wirkungsgrad war zu Anfang 99,2 vH, gegen Ende 99,5 vH. Die Zähne werden vor dem weiteren Lauf zunächst sorgfältig gemessen.

Über den Einfluß von Fehlern des Fräswerkzeuges auf die Zähne wurde eine eingehende theoretische Untersuchung angestellt. [M 582]

Berlin Dr. Adrian

Kleine Mitteilungen

Die schnellaufende Ölmaschine

Auf Grund von Erfahrungen der Bessemer Gas Engine Co. mit kompressorlosen Dieselmotoren für 720 bis 900 Uml./min behandelt H. F. Shepherd die Anforderungen an Motoren für noch höhere Drehzahlen. Die Einspritzzeit braucht man, wenn überhaupt, nur wenig zu verändern, da die stärkere Luftwirbelung alle Schwierigkeiten der Zündung beseitigt. Dagegen müsse man mit höchsten Zylinderdrücken von rd. 52,5 at rechnen, ähnlich wie bei den neuesten Flugmotoren. Besonders wichtig sei die Verminderung des Gewichtes der Triebwerkteile, das, bezogen auf 1 cm² Kolbenfläche, bei 800 Uml./min nicht mehr als 0,415 kg betragen soll. Das ließe sich erreichen, wenn man Leichtmetall für Kolben und Pleuelstangen verwendet. Allerdings seien die wissenschaftlichen Grundlagen für die Bemessung solcher Teile noch nicht ganz vollständig. Bei den Kurbelwellen könne man durch Wahl steifer, leichter Bauart der Gefahr von Drehschwingungen begegnen. Die Lager könnten Belastungen bis zu 122,5 kg/cm² aushalten, ohne daß die Öltemperatur im Dauerbetriebe rd. 60 °C übersteigt. Sehr vorteilhaft sei es auch, die Steuerwelle durch Gelenkketten anzutreiben. Hohe Anforderungen stelle endlich der Schnellauf an die Werkstatt. Hier müßten alle Verfahren zur Anwendung kommen, namentlich das Schleifen der Zylinder, die aus der Kraftwagenherstellung bekannt sind. („Mechanical Engineering“ September 1927 S. 991/94*) [N 831 a] H.

Selbsttätige Feuerungsregelung im Port Morris-Kraftwerk

Im Port Morris-Kraftwerk der New York Central Railroad, das die elektrische Energie für ihre Eisenbahnen in einem Umkreise von rd. 92 km um die Stadt New York liefert, treten infolge der sehr wechselnden Verkehrsverhältnisse im Laufe eines Tages erhebliche Belastungsschwankungen auf; die abgegebene Leistung beträgt im Mittel 48 000 kW, im Höchstfalle 60 000 kW, sinkt aber oft sehr schnell auf 18 000 kW und weniger. Um die infolge der schnellen und starken Belastungsschwankungen hohen Verluste und die bisweilen auftretenden Betriebstörungen zu vermeiden, hat man selbsttätige Feuerungsregler der Hagan Corp. eingebaut, die sich u. a. schon im Crawford-Kraftwerk, Chikago, seit Jahren gut bewährt haben[1]). Die Hauptregler sind vom Dampfdruck abhängig und wirken mittels mechanischer Übertragung (Stangen und Hebel) auf die Abgasschieber ein. Die bisher erzielten Betriebsergebnisse im Port Morris-Kraftwerk sind sehr befriedigend. Es wurden wesentliche Brennstoffersparnisse erzielt, und die höchste, bei den stärksten Belastungsschwankungen auftretende Dampfdruckschwankung beträgt 0,35 at. („Engineering“ 9. September 1927 S. 325) [N 831 b] Pt.

Maschine zur Herstellung großer Spiralkegelräder

Die Firma Gleason baut neuerdings ihre Maschine zur Herstellung von Spiralkegelrädern[2]) auch in einer größeren Ausführung, so daß Kegelräder mit höchstens 1520 mm Dmr. geschnitten werden können. Der Spiralwinkel der Zähne kann zwischen 0° und 30° verändert werden; die Zähnezahlen können zwischen 12 und 180 liegen, ausgenommen sind die Primzahlen über 100. Ein unmittelbar gekuppelter Motor von 10 PS bei gleichbleibender Geschwindigkeit treibt die Maschine an. („The Iron Age“ 1. September 1927 S. 549) [N 831 d] Pa.

Asbestbeförderung mittels Drahtseilbahn

Auf der Insel Zypern befördert eine Drahtseilbahn von rd. 29,4 km Länge Asbest vom Bergwerk hinab zum Hafen. Der Höhenunterschied der Endpunkte beträgt 1266 m. Die Wagen sind auf der Talfahrt mit je 270 kg belastet, auf der Rückfahrt nehmen sie Sand, Zement, Lebensmittel u. a. mit. Insgesamt fahren 262 Wagen mit 2,75 m/s Geschwindigkeit, dabei werden 12 t/h Asbest zum Hafen befördert. Die Wagen haben eine flache Schale zur Aufnahme der Last.

Die ganze Strecke hat je neun Tragseile für Berg- und Talfahrt, die durch acht Verankerungs- und Spanngerüste derart miteinander verbunden sind, daß jeweils ein Gerüst zum Abspannen des nach unten und zum Verankern des nach oben führenden Seiles dient. Zum Abspannen benutzt man Gegengewichte aus Eisenbeton. Die Tragseile für die Talfahrt haben 24 mm Dmr., die für die Bergfahrt 22 mm Dmr. Das Zugseil hat 14 mm Dmr. und besteht aus 42 Adern. Zum Antrieb der Anlage sind 165 PS erforderlich. („Le Génie Civil“ 10. September 1927 S. 253*) [N 831 c] Sd.

Emaillieranlage einer amerikanischen Herdfabrik

Die Detroit-Michigan Stove Co., durch den Zusammenschluß dreier älterer Herdfabriken entstanden, hat in Detroit eine neue Herdfabrik mit einer Leistungsfähigkeit von 850 Herden täglich errichtet. Die Anlage umfaßt 16 Gebäude, die außer der Gießerei und der Emailliererei sämtlich vier Stockwerke hoch sind. Auf die Emaillieranlage ist besonderer Wert gelegt; gutes Aussehen, Bruchfestigkeit und Hitzebeständigkeit der Emailleüberzüge sind Grundlagen, auf denen zum großen Teil die Verkaufsfähigkeit der Herde beruht.

Die Grundierung wird den zu emaillierenden Teilen durch Tauchen gegeben; die beiden weißen Decküberzüge werden aufgespritzt; zwei große Tauchbottiche und zwanzig Spritzständer mit Druckluftanschluß sind vorhanden. Zum Brennen dienen gasgefeuerte Öfen, die nach Art von Muffelöfen aus Ziegeln gebaut sind. Besonders wichtig ist die selbsttätige Temperaturüberwachung. Das Brennen wird bei 755 bis 865 °C vorgenommen und erfordert jeweils 3 bis 5 min. Ersparnisse sind auf die kurze, gleichmäßige Brenndauer und die Brennstoffersparnis, die durch richtige Gas-Luft-Mischung erzielt wird, zurückzuführen. Die selbsttätige Temperaturüberwachung verhindert Ausschuß. („The Iron Age“ 1. September 1927 S. 531) [N 831 e] Hä.

Aufstockung eines Hauses ohne Beseitigung des alten Traggerüstes

Ein New Yorker Bureaugebäude, das vor einiger Zeit um sechs Stockwerke aufgestockt wurde, bestand ursprünglich aus zwölf Stockwerken; sein Dach war über den Gründungen 52,5 m hoch. Der aufgestockte Teil steht auf acht stelzenartigen Säulen, je vier an der rechten und linken Querseite. Die Säulen sind oben durch schwere Tragbalken parallel zur Straßenfront verbunden, die 15,1 m Spannweite haben und die Last des aufgestockten Bauteiles aufnehmen.

Auf der einen Querseite konnte man die neuen Stützen unmittelbar an die bestehenden alten anlehnen, auf der andern Seite wurden sie möglichst nahe an die alten Stützen gestellt und mit diesen durch besondere Abstützungen verbunden. Zur Aufnahme der größeren Windlasten wurde die Tragkonstruktion des dritten Stockwerkes durch Tragbänder verstärkt. Die dicht an den bestehenden alten Stützen angebauten Säulen mußten, da sie unmittelbar über den alten Gründungen standen, durch eine besondere Überhängekonstruktion gegen die neuen Gründungen abgestützt werden. („Engineering News-Record“ 1. September 1927 S. 356*) [N 831 f] Sd.

Der Rohölbedarf des britischen Reiches

Im britischen Reich wurden 1926 rd. 11 Mill. t Rohöl verbraucht, und zwar Großbritannien 5,8 Mill. t, Kanada 2,45 Mill. t, Australien 0,57 Mill. t, Südafrika 0,13 Mill. t, Neu-Seeland 0,18 Mill. t und die übrigen Kolonien zusammen 1,8 Mill. t. Von den 11 Mill. t wurden 3 Mill. t im britischen Reich gewonnen, während der Rest, d. h. 8 Mill. t, aus Persien, den Vereinigten Staaten von Amerika und andern Ländern eingeführt wurde. Die Einfuhrmenge könnte u. a. dadurch gedeckt werden, daß man in England aus Pechkohlen, Kohlenschiefer, Ölschiefer und Braunkohle, in Kanada aus Ölschiefer, Kohlenschiefer und teerhaltigen Sanden flüssige Brennstoffe herstellt. Ein Fünftel des Bedarfs von Kanada könnte aus den Ölfeldern bei Alberta gedeckt werden. In einem Teile der andern Kolonien könnten ähnliche Vorkommen ausgenutzt werden. Nach Ausbau der hierfür notwendigen Anlagen könnte man die noch erforderliche Einfuhrmenge aus Persien beziehen, wo rd. 5 Mill. t gewonnen werden. („The Iron and Coal Trades Review“ 2. September 1927 S. 334) [N 805 a] Gw.

[1]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 858.
[2]) Vergl. Z. Bd. 68 (1924) S. 918.

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Neue Wilhelmstr. 4, bezogen werden. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 3501)

Luegers Lexikon der gesamten Technik und ihrer Hilfswissenschaften. 3. Aufl. Herausgeg. von E. Frey. 3. Bd.: Element bis Hebel. Berlin und Leipzig 1927, Deutsche Verlagsanstalt Stuttgart. 843 S. m. Abb. Preis 45 *M*.

Der 3. Band dieses bekannten Nachschlagewerkes mit den Stichwörtern von Element bis Hebel gibt trotz der starken Einschränkung des Gesamtumfangs in gedrängter Darstellung gute Erläuterungen der einzelnen Fachausdrücke. Die Erklärungen sind im allgemeinen dem heutigen Stande der Technik gemäß ergänzt worden; die Vollständigkeit des Handbuches wird sich im Gebrauch erweisen.

Zur wesentlichen Erleichterung des Nachschlagens wäre es zweckmäßig gewesen, die weggelassenen Stichwörter mit wenigstens einer Hinweiszeile beizubehalten. Der Raum hierfür könnte durch Zusammenfassung an andern Stellen gewonnen werden. Wenn z. B. „Gefechtsmast" unter „Kriegschiff" besprochen wird, sind schon gleich die beiden Abbildungen bei „Gefechtsmast" überflüssig.

Bei den Festigkeitsprüfmaschinen fehlen Angaben und Abbildungen von Maschinen für die neueren Kerbschlag- und Dauerprüfverfahren. Zu empfehlen wäre noch, an Stelle von „Telephon" „Fernsprecher" als Stichwort zu wählen und alles über die Funktechnik unter Funkwesen statt unter „Radio" zu bringen. Bei den Großabsperrorganen ist der Kugelabsperrschieber für Wasserkraftanlagen nicht erwähnt.

Diese Bemerkungen sind lediglich als Anregung für eine nächste Auflage gedacht und sollen kein Werturteil über dieses Handbuch darstellen, das wohl keiner besonderen Empfehlung bedarf. [E 777] Ls.

Elektro-Wärmeverwertung. Von Robert Kratochwil. 2. Aufl. München und Berlin 1927, R. Oldenbourg. 695 S. m. 431 Abb. Preis 40 *M*.

Die zweite Auflage ist gegenüber der 1924 erschienenen völlig umgearbeitet und wesentlich erweitert worden. Es war die Absicht des Verfassers, bei der dauernd zunehmenden Bedeutung der Elektrowärme für zahlreiche Gebiete der Technik und Industrie eine möglichst umfassende und vollständige Darstellung zu geben und auch die vielen Grenzgebiete in Wirtschaft und Technik, in denen sich der Einfluß der Elektrowärmeverwertung kenntlich macht, zu behandeln. Nach einem allgemeinen Teile folgt ein Abschnitt über wirtschaftliche Fragen, worin vor allem die Tarifbildung in den verschiedenen Ländern behandelt wird, dann in neun Teilen die Anwendungsmöglichkeiten der Elektrowärme in Haushalt, Industrie und Landwirtschaft. Hier werden das elektrische Kochen und Backen im Haushalt, Klein- und Großbetrieb, die Warmwasserbereitung, die elektrischen Selbstwascher und die Elektrokühlschränke, die elektrische Raumheizung und der Elektro-Dampfkessel besprochen. Der sehr ausführliche Abschnitt „Wärmeverwertung in der Industrie" behandelt die Formentrocknung in Gießereien, das elektrische Nieten und Schweißen, ferner die verschiedenen elektrischen Öfen (Schmelzöfen, Glühöfen, Trockenöfen). Endlich werden noch zahlreiche andre Anwendungsmöglichkeiten für verschiedene Industrien und für die Landwirtschaft besprochen. Pt.

Darstellende Geometrie für Maschineningenieure. Von Marcel Großmann. Berlin 1927, Julius Springer. 236 S. m. 260 Abb. Preis 16,50 *M*.

Für die Formgebung im Maschinenbau ist die Entwicklung der räumlichen Vorstellung durch die darstellende Geometrie nicht zu entbehren. Das Buch ist aus dem Unterricht hervorgegangen, den der Verfasser seit 20 Jahren den Maschinen-Ingenieuren an der Technischen Hochschule in Zürich geboten hat. In den ersten vier Abschnitten sind die verschiedenen zur Anwendung kommenden Projektionsarten ausführlich dargelegt. Das nächste Kapitel handelt von den Kurven und führt allmählich zu den Flächen über. Es wird die Darstellung der Kreiszylinder und Kreiskegelflächen, graphischer und topographischer Flächen, sowie der allgemeinen Kegelflächen und Rotationsflächen besprochen. Der Abschnitt über das Rotationshyperboloid leitet die Behandlung der Regelflächen ein. In einem besonderen Abschnitt ist die Konstruktion der Propellerzeichnungen dargelegt, dem sich die Abschnitte über Schraubenlinien und Schraubenflächen anschließen. Daß die Beispiele nach Möglichkeit dem Gebiet des Maschinenbaues entnommen sind, ist besonders zu begrüßen.

Der Verfasser hat in diesem gut aufgemachten Buch in seiner klaren Darstellungsweise eine knappe, abgerundete Zusammenfassung des Wesentlichen gegeben, die vielen willkommen sein wird. [E 778] Ls.

Handbuch der Physik. Herausgeg. von H. Geiger und K. Scheel. 11. Bd.: Anwendung der Thermodynamik. Red. von F. Henning. Berlin 1926, Julius Springer. 454 S. m. 198 Abb. Preis 37,20 *M*.

Der vorliegende Schlußband des Abschnittes „Wärme" bildet einen in sich abgeschlossenen Teil des nunmehr immer vollständiger werdenden Handbuches der Physik. Sein Inhalt gliedert sich in folgende Abschnitte: Thermodynamik der Erzeugung des elektrischen Stromes (bearbeitet von W. Jaeger), Wärmeleitung (M. Jakob), Thermodynamik der Atmosphäre (A. Wegener), Hygrometrie (M. Robitzsch), Thermodynamik der Gestirne (E. Freundlich), Thermodynamik des Lebensprozesses (O. Meyerhof), Erzeugung tiefer Temperaturen und Gasverflüssigung (W. Meißner), Erzeugung hoher Temperaturen (C. Müller), Wärmeumsatz bei Maschinen (K. Neumann). Schon diese Inhaltangabe und die Namen der Verfasser der einzelnen Abschnitte lassen die vorwiegend technisch-physikalische Einstellung dieses Teiles des Handbuches erkennen. Beim Lesen findet man dies in vollem Maße bestätigt; die harmonische Verteilung von Theorie und Praxis ist dabei in den meisten Abschnitten gewahrt.

Der begrenzte Raum verbietet es, Einzelheiten anzuführen. Es sei nur kurz auf die Abschnitte über Wärmeleitung, Erzeugung hoher und tiefer Temperaturen und über den Wärmeumsatz in Maschinen hingewiesen. Sie bilden gewissermaßen die Grundlage für die technische Verwertung der Wärme und vermitteln einen lückenlosen Überblick über dieses Wissensgebiet. Durch gedrängte und straffe Darstellung wurde es ermöglicht, den umfangreichen Stoff auf sehr beschränktem Raum in musterhafter Weise unterzubringen. Besonderer Wert wurde darauf gelegt, die neueren Erfahrungen und Versuchsergebnisse aufzunehmen (neueste Thomson-Joule-Versuche, Verflüssigung von Wasserstoff und Helium, neuere Erfahrungen in der Hochtemperaturtechnik usw.). Auch die übrigen Beiträge enthalten die Versuchsergebnisse und wichtigen theoretischen Überlegungen kritisch gesichtet und in vorbildlicher Weise dargestellt. [E 553] Dr.-Ing. Reiher

Fluglehre. Vorträge über Theorie und Berechnung der Flugzeuge. Von Richard von Mises. 3. Aufl. Berlin 1926, Julius Springer. 321 S. m. 192 Abb. Preis 13,50 *M*.

Die Volkstümlichkeit der Fliegerei hat es mit sich gebracht, daß über dieses Gebiet eine unverhältnismäßig umfangreiche Literatur entstanden ist. Bei einer genaueren Betrachtung ist jedoch leider festzustellen, daß die Zahl der wirklich wertvollen Veröffentlichungen außerordentlich gering ist. Unter diesen steht das Büchlein von v. Mises etwa an erster Stelle, da es trotz der Absicht einer volkstümlichen Aufklärung auch dem Fachmann Wertvolles bietet.

Es ist erfreulich, festzustellen, welch eingehende Durcharbeitung der Verfasser jeder neuen Auflage in Rücksicht auf den technischen Fortschritt wieder zuteil werden läßt. Man hat den Eindruck, daß der Verfasser, der doch auf anderen Gebieten bedeutenden Ruf genießt, der Flugtechnik mit besonderer Wärme noch heute anhängt und eben vielleicht gerade deswegen, weil er nicht mitten in dieser Technik darin steht, ein berufener Interpret für deren Entwicklung ist.

Auch gibt ihm diese neutrale Stellung die Möglichkeit einer unbefangenen Auswahl seiner Beispiele. Besonders hervorgehoben zu werden verdienen die ausgezeichneten Abbildungen, die nach den Skizzen des Verfassers hergestellt wurden und die klaren Ausführungen aufs vortrefflichste ergänzen. Die wenigen, zwischengeschobenen Formeln und Gleichungen tun der Volkstümlichkeit der Betrachtung keinen Abbruch, da auch ohne ihre Durcharbeitung die wichtigsten Aufgaben und Beziehungen der Flugtechnik zu klarer Darstellung gelangen.
[E 757] Dr.-Ing. H. G. Bader

Gefesselte Flammen. Von Karl Maurer. Stuttgart 1926, Dieck & Co. 80 S. m. 38 Abb. u. 1 Bild. Preis 2,50 *M*.

Eine kleine Schrift, die in allgemeinverständlicher Weise die Erscheinungsformen und Wirkungsweise der Flamme, des Lichtes und der Wärme in der neuzeitlichen Technik dem Verständnis des Laien näherbringen will.

Die fünf Abschnitte sind benannt: Flamme, Wärme, Energie; die Flamme als Chemiker; leuchtende Flamme; die Flamme als Werkzeug; die Flamme im Käfig. Die Ausführungen sind durch eine Reihe von Abbildungen unterstützt. [E 780] Ls.

Abhandlungen aus dem Aerodynamischen Institut an der Technischen Hochschule Aachen. 7. H. Berlin 1927, Julius Springer. 62 S. m. 49 Abb. Preis 7,50 *M*.

v. Kármán, Über die Grundlagen der Balkentheorie. — Seewald, Die Spannungen und Formänderungen von Balken mit rechteckigem Querschnitt. — Kober, Stegbeanspruchung hoher Biegungsträger. — Knein, Zur Theorie des Druckversuchs.

Die Geologie im Ingenieur-Baufach. Von Walter Kranz. Stuttgart 1927, Ferdinand Enke. 425 S. m. 53 Abb. u. 7 Taf. Preis 34 *M*.

Die Entwicklung der Kriegsgeologie und ihre Bedeutung für die allgemeine angewandte Geologie. — Die Bedeutung der Entwicklung der Kriegsgeologie für die allgemeine angewandte Geologie. — Technisch wichtige Mineralien und Gesteine. — Tabelle technisch wichtiger Eruptivgesteine, kristalliner Schiefer und umgewandelter Gesteine, vulkanischer Tuffe usw. — Betondruckproben in Verbindung mit geologisch-petrographischen Untersuchungen. — Geologie und Wasser im Baufach. — Geologie und Baugrunduntersuchung.

Wissenschaftliche Veröffentlichungen aus dem Siemens-Konzern. 5. Bd. 3. H. Berlin 1927, Julius Springer. 225 S. m. zahlr. Abb. Preis 21 *M*.

U. a. Schwachstromstörungen beim Schalten von Gleichstrombahnen. — Die Asynchronmaschine in Verbindung mit fremderregter Drehstrom-Erregermaschine. — Die Aufladung von Nichtleitern durch hochgespannte Leiter. — Metall-Einkristalle. — Kritische Betrachtungen zu den verschiedenen Transformatorschutzsystemen. — Über die Beeinflussung von Wandströmen in Quecksilberdampfentladungen. — Zur Frage der Blaubrüchigkeit des Eisens und seiner Anomalien bei der plastischen Beanspruchung.

The British Steam Railway Locomotive 1825 bis 1925. Von E. L. Ahrons. London 1927, The Locomotive Publishing Co., Ltd. 391 S. m. 473 Abb. Preis 30 sh.

Die ästhetische Gestaltung des Seeschiffes. Von Karl Franz. Berlin 1927, R. C. Schmidt & Co. 80 S. m. 32 Abb. Preis 4 *M*.

Siedlung und Stadtplanung im Osten. Von O. Kloeppel. Berlin 1927, Guido Hackebeil. 43 S. m. 36 Abb. Preis 1,50 *M*.

Verhandlungen der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte. 89. Versammlung zu Düsseldorf vom 19. bis 25. September 1926. Herausg. „Die Naturwissenschaften". Berlin 1926, Julius Springer. 72 S. m. Abb. Preis 6 *M*.

Jahrbuch der deutschen Steinkohlen-, Braunkohlen-, Kali- und Erzindustrie, 1927. Herausgeg. unter Mitwirkung des Deutschen Braunkohlen-Industrie-Vereins E. V., Halle a. d. S. 18. Jahrg. Bearb. von H. Hirz. Halle a. d. S. 1927, Wilhelm Knapp. Rd. 550 S. Preis 16 *M*.

Geschichte der Hamburg-Amerika-Linie. 2. T.: Albert Ballin. Von Kurt Himer. Hamburg 1927, Hamburg-Amerika-Linie. 128 S. m. Abb. Im Buchhandel nicht erhältlich.

Der Bauratgeber. Handbuch für das gesamte Baugewerbe. Von Leopold Herzka. 8. Aufl. von Junk: Wiener Bauratgeber. Wien 1927, Julius Springer. 780 S. m. 752 Abb. Preis 38,50 *M*.

ZUSCHRIFTEN AN DIE REDAKTION

Drucksauerstoff- und Druckstickstoff-Anlagen

In Z. Bd. 71 (1927) S. 1059 beschreibt V. Fischer die Gewinnung von reinem Stickstoff durch Rektifikation von flüssiger Luft unter Druck nach einem als neu bezeichneten Verfahren. Demgegenüber sei darauf hingewiesen, daß das Verfahren nichts weniger als neu ist, sondern von uns seit nahezu 20 Jahren für die Gewinnung von Stickstoff angewandt worden ist; eine größere Anzahl von Anlagen, die genau nach der beschriebenen Arbeitsweise arbeiten, sind von uns im Laufe der Jahre ausgeführt worden. Eine Veröffentlichung hierüber findet sich u. a. in der zum 3. Internationalen Kältekongreß in Chikago 1903 von uns herausgegebenen Schrift „Technik der tiefen Temperaturen" S. 45. Die Arbeitsweise zeichnet sich durch Einfachheit aus, gewährt jedoch nur eine ungenügende Ausbeute. Es ist nämlich die Menge der Waschflüssigkeit, die zur Auswaschung des Sauerstoffs zur Verfügung steht, gegeben durch die Menge der sauerstoffreichen Flüssigkeit, die am unteren Ende der Säule entnommen und auf den Kondensator (*f* in Abb. 8 S. 1061 des Aufsatzes von Fischer) aufgegeben wird. Je besser die Ausbeute, desto kleiner ist die Menge dieses Sauerstoffs und damit die Menge der Waschflüssigkeit; die Grenze, bei welcher diese Menge zu klein wird, um eine genügende Reinigung des Stickstoffs zu bewirken, liegt bei etwa ½ m³ Stickstoff für 1 m³ verarbeitete Luft. Aus diesem Grunde ist die Anwendbarkeit des Verfahrens auf Stickstoffanlagen von kleinster Leistung beschränkt.

Gesellschaft für Linde's Eismaschinen A.-G.

Entgegnung

Die zitierte Stelle ist mir entgangen, da sich in der Literatur, abgesehen von den bekannten Doppelsäulen-Apparaten, nur die Stickstoffanlagen mit Vakuumpumpe oder mit Stickstoffkompressor vorfinden. Auch Abb. 17, S. 45, der herangezogenen „Technik der tiefen Temperaturen" stellt eine Stickstoffanlage mit Vakuumpumpe dar.

Es steht jedoch auf Grund der erwähnten Veröffentlichung fest, daß Stickstoffanlagen, die dem von mir beschriebenen Verfahren entsprechen, zuerst von der Gesellschaft für Linde's Eismaschinen gebaut wurden. In der Ausführung dürften Unterschiede bestehen, da ich fast vollständige Reinheit des Stickstoffes durch Steigerung des Erzeugungsdruckes, über 3 bis 4 at hinaus auf 10 bis 11 at erreiche, was betriebstechnisch wegen der besseren Speicherfähigkeit des Stickstoffes oder dessen motorischer Ausnutzung vorteilhaft ist. Das sonst über die Stickstoffausbeute Gesagte stimmt auch mit meinen Ergebnissen überein.

[D 719] V. Fischer

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 71 SONNABEND, 1. OKTOBER 1927 NR. 40

Haushalt-Kältemaschinen

Von R. Plank, Karlsruhe

Anforderungen an die kleinsten Kältemaschinen für Haushaltungszwecke — Kompressions- und Absorptionsmaschinen — Besondere Merkmale der Kompressionsanlagen — Wahl der Kälteträger, Bauarten von Kompressoren, Kondensatoren und Verdampfern — Besondere Merkmale der Absorptionsanlagen: nasse und trockene Absorptionsmaschinen, Adsorptionsmaschinen, Ausführungsformen von unterbrochen und fortlaufend arbeitenden Absorptionsmaschinen.

Neben den Großkältemaschinen, deren Leistungen heute bis zu mehreren Millionen Kalorien in der Stunde reichen, haben sich in den letzten Jahrzehnten auch die Kleinkältemaschinen entwickelt, deren Leistungen etwa zwischen 500 und 10 000 kcal/h liegen, und die im Lebensmittel-Kleingewerbe in steigendem Maße Verwendung finden (Schlächtereien, Molkereien, Konditoreien, Bierhandlungen, Hotels u. a.). Sie werden fast ausschließlich nach dem Kompressionsverfahren gebaut und lehnten sich ursprünglich weitgehend an die klassischen Formen des Baues von Großkältemaschinen an. Allmählich entwickelten sich aber auch selbständige Bauarten, die den besonderen Anforderungen der Kleinbetriebe in bezug auf hohe Betriebsicherheit, Einfachheit der Bedienung, geräuschlosen Gang, geringen Platzbedarf und niedrige Anschaffungskosten besser entsprachen.

Die kleinsten Kältemaschinen, die in den Haushaltungen die bisher verwendeten Eisschränke ersetzen sollen, sind eine Schöpfung der letzten Jahre; es handelt sich hier um Leistungen von 50 bis rd. 500 kcal/h und um die Erfüllung folgender Forderungen:

- Weitgehende Betriebsicherheit und geringe Abnutzung
- Unbedingte Unfallsicherheit
- Einfache Bedienung
- Erzeugung dauernd gleichmäßiger Temperatur im Kühlschrank
- Geräuschloser Gang
- Geringer Platzbedarf
- Niedrige Anschaffungskosten.

Neben diesen Forderungen tritt die Wirtschaftlichkeit etwas zurück, doch gibt es auch da Grenzen, die nicht überschritten werden dürfen. Wenn es auch bisher noch nicht gelungen ist, alle diese Forderungen zu erfüllen, so sind doch so wertvolle und eigenartige Bauarten auf dem Markt erschienen, daß eine kritische Übersicht über die vorhandenen Maschinen geboten erscheint. An der Spitze dieser Entwicklung marschieren die Vereinigten Staaten von Amerika, das einzige Land, in dem ein bedeutender Absatz für Haushaltmaschinen (einige 100 000 im Jahr) erzielt wird. Einige führende amerikanische Fabriken, z. B. die Delco-Light Co. (General Motors) in Dayton, Ohio, und die Kelvinator Corporation (Electrical Refrigeration Corporation) in Detroit, Michigan, haben neuerdings auch in Europa eine geschäftliche Tätigkeit entwickelt, die möglicherweise dazu beitragen wird, die Vorzüge der maschinellen Kühlung gegenüber der Eiskühlung auch unseren Haushaltungen vor Augen zu führen. Bisher haben die sehr zahlreichen einheimischen Fabriken keine nennenswerten geschäftlichen Erfolge auf diesem Gebiet erzielt. Die Entwicklung in Amerika, der wir z. B. im Automobilwesen schon zu folgen beginnen, berechtigt zur Annahme, daß auch bei uns in wenigen Jahren ein maschineller Kühlschrank in den Haushaltungen ebenso geläufig werden wird, wie heute eine Zentralheizung oder ein Gasbadeofen.

Heute ist der maschinelle Schrank noch ein Luxusgegenstand, der in Anschaffung und manchmal auch im Betrieb teurer als der Eisschrank ist. Nur Absorptions-Kältemaschinen, die mit Leuchtgas oder mit flüssigen Brennstoffen beheizt werden, sind im Betriebe besonders billig; bei elektrischem Betrieb dagegen sind die Kompressionsmaschinen unbedingt im Vorteil.

Für mittlere Haushaltungen genügt ein Kühlschrank von 0,15 bis 0,2 m^3 Nutzinhalt. Der gesamte Kältebedarf beträgt dann je nach der Güte der Isolierung 800 bis 1200 kcal in 24 Stunden, entsprechend der Schmelzwärme von 10 bis 15 kg Eis. Davon entfallen auf die Nutzkälteleistung etwa 500 kcal. Die Temperatur im Schrank soll auf etwa + 5 °C erhalten werden; eine wichtige Forderung, die nicht immer beachtet wird, ist die sorgfältige Isolierung des Schrankes.

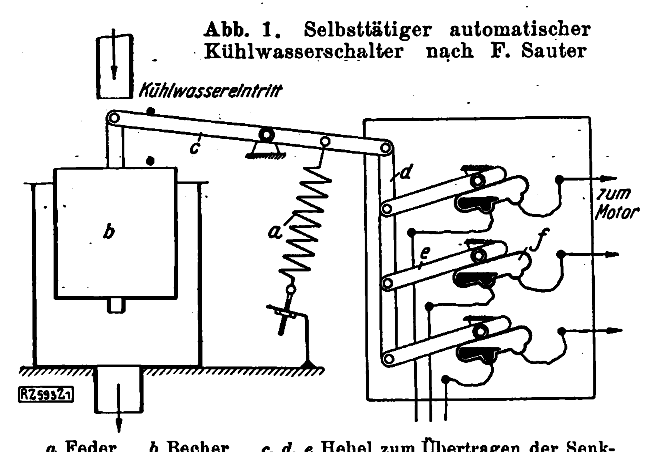
Kompressions- und Absorptions-Kältemaschinen

Betriebsicherheit. Beim Kompressions-Verfahren haben wir es immer mit Maschinen zu tun. Die bewegten Teile des Kompressors nutzen sich im Laufe der Zeit auch bei sorgfältiger Schmierung ab, und die Notwendigkeit der Schmierung bedeutet an sich schon eine Umständlichkeit. Das in die Druckleitung und weiter in den Kondensator und Verdampfer mitgerissene Öl muß in den Sammelbehälter im Kurbelkasten zurückgeführt werden.

Die empfindlichsten Teile sind die Ventile und die Stopfbüchse. Die Saugventile ersetzt man gelegentlich durch Schlitze im Zylinder, die entweder vom Kolben oder durch die schwingende Bewegung des Zylinders gesteuert werden. Im übrigen werden leichte Platten- oder Tellerventile benutzt, bei denen durch Schmutzteilchen oder durch Bruch Störungen eintreten können. Die Stopfbüchse hat allerdings nur eine umlaufende Kurbelwelle abzudichten, da die meisten Kleinkältekompressoren einfachwirkende stehende oder Drehkolbenmaschinen sind. Trotzdem gibt die Stopfbüchse zu Undichtheiten Anlaß, und das gleiche gilt von den Ventilen in den Verbindungsleitungen, die man oft schon deswegen verwendet, um Kompressor, Kondensator oder Verdampfer einzeln absperren zu können, falls die Anlage an irgendeiner Stelle geöffnet werden muß. Amerikanische Fabriken schreiben regelmäßige Untersuchungen vor, die in gewissen Zeitabständen durch ihre Ingenieure vorgenommen werden. Neben der allgemeinen Prüfung des Zustandes der Maschine und des Schrankes dienen diese Untersuchungen zum Nachfüllen von Öl und nötigenfalls auch von Kältemittel. Die Forderung der Betriebsicherheit kann also bei guten Bauarten von Kompressionsmaschinen zwar weitgehend aber nie restlos erfüllt werden.

Die gewöhnliche Absorptionsmaschine enthält an bewegten Teilen nur eine einfache Pumpe für die reiche Lösung. Bei den kleinen Haushaltungs-Absorptionsmaschinen kommt auch diese Pumpe in Fortfall; man hat es dann nicht mehr mit einer Maschine, sondern mit einer chemischen Apparatur zu tun.

Abb. 1. Selbsttätiger automatischer Kühlwasserschalter nach F. Sauter



a Feder *b* Becher *c*, *d*, *e* Hebel zum Übertragen der Senkbewegung *f* elektrischer Schalter mit Quecksilberröhren

Abb. 2 Selbsttätiges Regelventil

a kegelförmiges Regelventil *b* Membran *c* Feder *d* Schraube zum Einstellen der Federvorspannung

Die Abnutzung durch bewegte Teile entfällt also, und damit entfallen auch alle Fragen der Schmierung; darin liegt wohl der Hauptvorteil dieses Verfahrens.

Unfallverhütung. Diese Forderung muß als die wichtigste bezeichnet werden[1]). Am nächsten liegt die Gefahr, daß man eine Kältemaschine anläßt, ohne gleichzeitig für die Kühlung des Kondensators zu sorgen, oder daß während des Betriebs der Kühlwasserzufluß stockt und daher der Kondensatordruck unzulässig hoch wird. Das Einschalten der Energiequelle wird daher stets zwangläufig mit dem Öffnen des Kühlwasserhahns gekuppelt. Eine besondere Vorrichtung muß aber außerdem dafür sorgen, daß beim Versagen des Kühlwasserzuflusses der elektrische Strom oder das Gas selbsttätig ausgeschaltet wird; die Schaltbewegung kann dabei nach Abb. 1 (F. Sauter, Basel, und Cumulus-Werke, Freiburg) dadurch hervorgerufen werden, daß sich ein durch eine Feder *a* aufwärts gedrückter Becher *b* unter dem Gewicht des einfließenden Wassers senkt; die Senkbewegung wird z. B. durch Hebel *c*, *d*, *e* auf einen elektrischen Schalter *f* mit Quecksilberröhren übertragen. Man kann auch eine Membran durch den Druck in der Wasserleitung derart beeinflussen, daß sie den elektrischen Strom ausschaltet, wenn der Wasserdruck sinkt.

Die größte Sicherheit bieten Kältemaschinen, die gar kein Kühlwasser brauchen, bei denen also der Kondensator durch Luft gekühlt wird.

[1]) Vergl. E. Zäuner, Z. f. d. ges. Kälte-Ind. Bd. 34 (1927) S. 137.

Die Folgen von Brüchen kann man dadurch mildern, daß man die Füllung mit Kältemittel möglichst klein macht; die SO_2-Maschine der Isko Co., Chikago, enthält z. B. nur eine Füllung von 1½ kg. Bei Absorptionsmaschinen mit wässerigen Ammoniaklösungen hat die Druckentlastung beim Bruch ein starkes Nachverdampfen des Wassers zur Folge; deswegen verwendet man neuerdings gerne feste, trockene Absorptionsstoffe.

Bedienung und Temperaturregelung. Es ist selbstverständlich, daß bei einer Haushaltmaschine keine geschulte Bedienung vorausgesetzt werden darf. Wenige einfache Handgriffe müssen genügen. Bei Kompressionsmaschinen muß daher die Schmierung ganz selbsttätig wirken; in der Regel verwendet man nicht Druckschmierung, sondern Schleuderschmierung. Ferner muß sich das Regelventil auf wechselnde Kühlwasserverhältnisse und Kühlschrank-Temperaturen selbsttätig einstellen. Zu diesem Zweck verbindet die Isko Co. das kegelförmige Regelventil *a*, Abb. 2, mit einer Membran *b*; diese ist auf der einen Seite durch eine Feder *c* belastet, deren Vorspannung mittels der Schraube *d* auf das gewünschte Maß eingestellt werden kann; auf die andere Seite der Membran wirkt der Verdampferdruck, bei dessen Ansteigen der Durchgang des Ventils stärker gedrosselt wird.

Ein grundsätzlich anderer Weg besteht darin, daß man die Weite des Regelventils nicht durch den Verdampferdruck, sondern durch die Menge des flüssigen

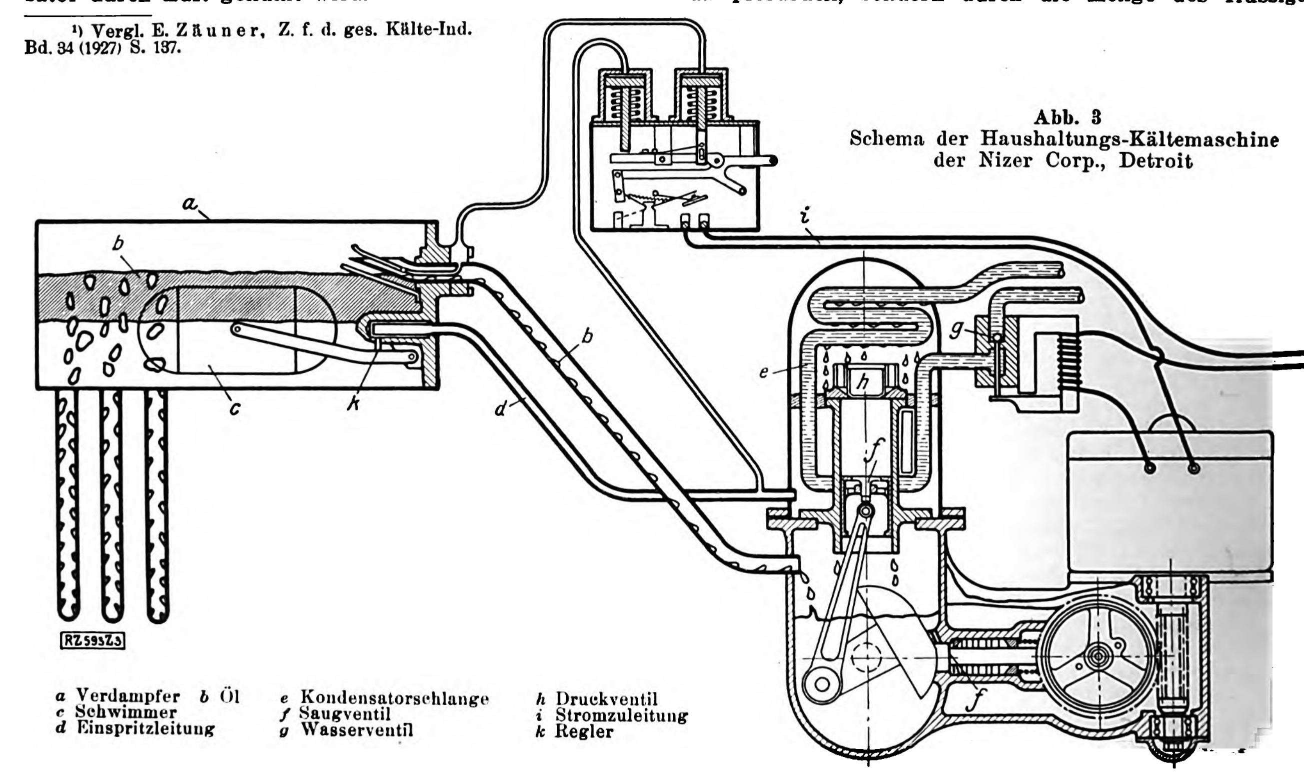


Abb. 3 Schema der Haushaltungs-Kältemaschine der Nizer Corp., Detroit

a Verdampfer *b* Öl *c* Schwimmer *d* Einspritzleitung *e* Kondensatorschlange *f* Saugventil *g* Wasserventil *h* Druckventil *i* Stromzuleitung *k* Regler

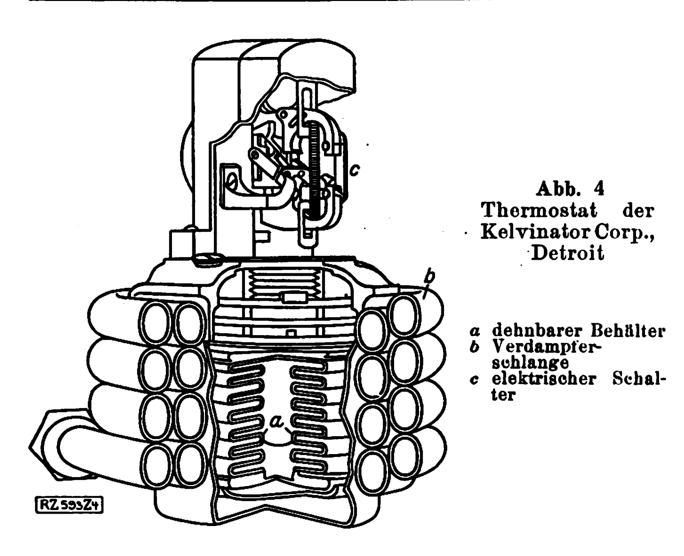


Abb. 4
Thermostat der Kelvinator Corp., Detroit

a dehnbarer Behälter
b Verdampferschlange
c elektrischer Schalter

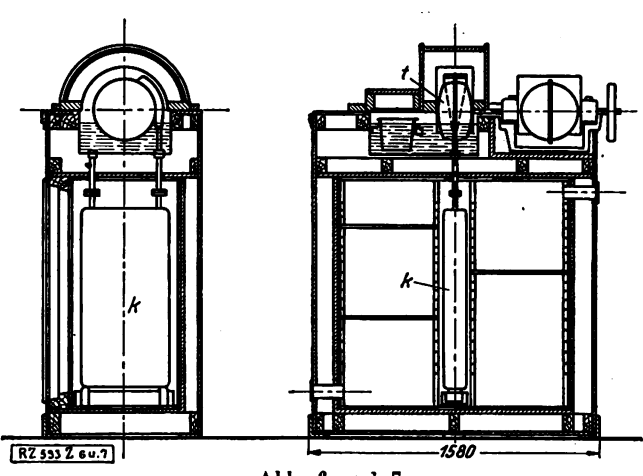


Abb. 6 und 7
A-S-Kühlschrank von Brown, Boveri & Cie.
t Verdampfertrommel *k* Solebehälter

Kältemittels im Verdampfer beeinflußt; diesem Zweck dient ein Schwimmer, der bei einer bestimmten Höhe der Flüssigkeit den weiteren Zufluß absperrt. Solche Schwimmer verwendet z. B. die Nizer Corporation in Detroit, Mich., Abb. 3, und die Delco Light Co. in den „Frigidaire"-Kühlschränken.

Die Selbsttätigkeit der Anlage kann sich ferner darauf erstrecken, daß im Kühlschrank möglichst gleichmäßige Temperatur aufrechterhalten wird. Die zu diesem Zweck verwendeten Thermostaten werden von der Lufttemperatur im Kühlschrank unmittelbar beeinflußt; die Schaltbewegung kann z. B. durch den Unterschied der Wärmeausdehnung zweier Metalle bewirkt werden (Fr. Sauter, Basel, und Cumulus-Werke, Freiburg). Die Lufttemperatur kann aber auch mittelbar durch die sie bestimmende Verdampftemperatur des Kältemittels oder bei Solekühlung auch durch die Soletemperatur geregelt werden.

Man benutzt als Thermostaten häufig einen blasebalgartig dehnbaren geschlossenen Behälter *a*, Abb. 4, der mit schwefliger Säure, Methylchlorid, Äthylchlorid oder Äther gefüllt ist; dieser Behälter wird entweder in die Sole getaucht oder von den letzten Verdampferschlangen *b* eng umgeben. Sinkt die Verdampftemperatur, so sinkt auch der Sättigungsdruck der im Behälter eingeschlossenen Flüssigkeit; der Behälter zieht sich zusammen, und diese Bewegung wird auf den elektrischen Schalter *c* übertragen, der den Antriebmotor des Kompressors oder den Heizstrom einer Absorptionsanlage ausschaltet. Bei höherem Verdampferdruck wird durch die entgegengesetzte Bewegung der elektrische Strom wieder eingeschaltet[2]).

[2]) J. Engeli, Ausführliches über selbsttätige Schalteinrichtungen, Z. f. d. ges. Kälte-Ind. Bd. 34 (1927), erscheint demnächst.

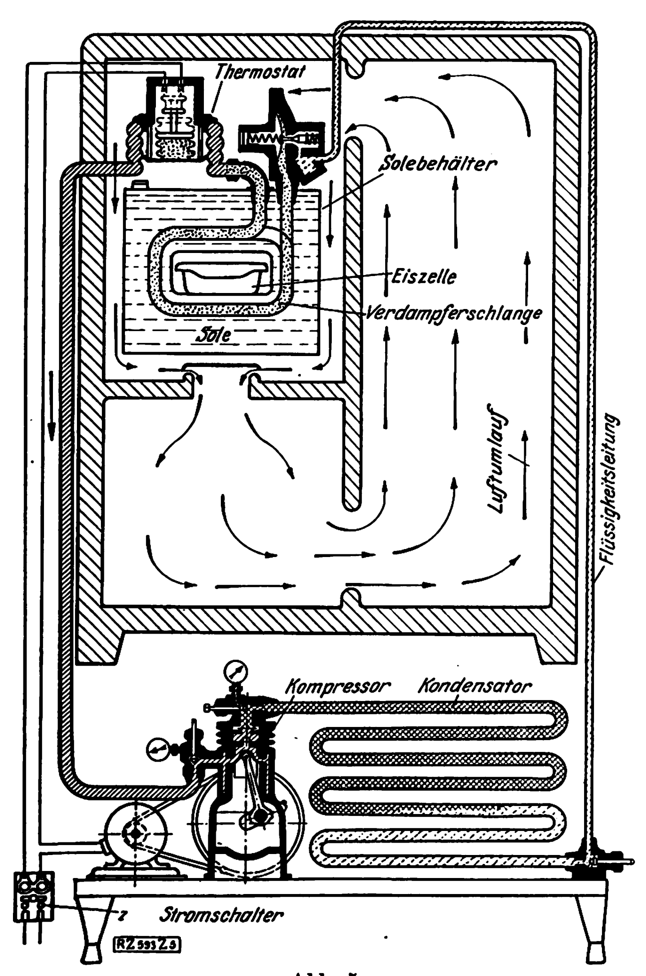


Abb. 5
Allgemeine Anordnung der Kältemaschine im Kühlschrank

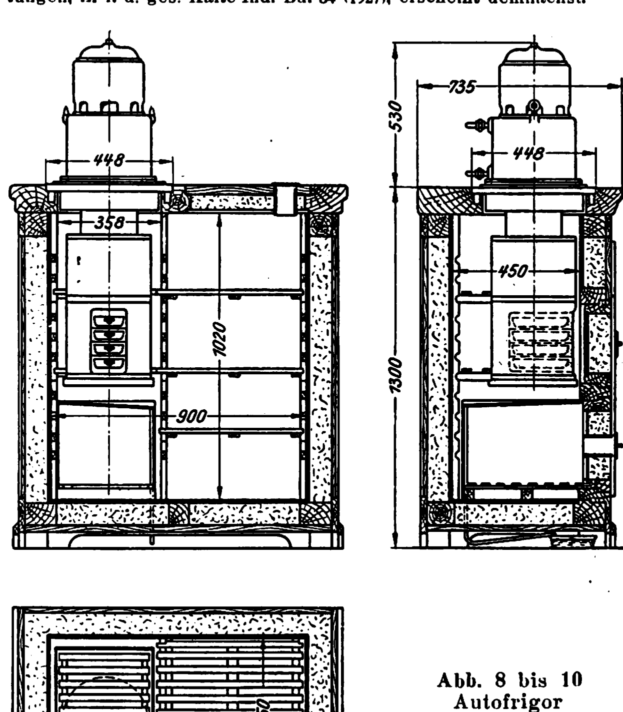
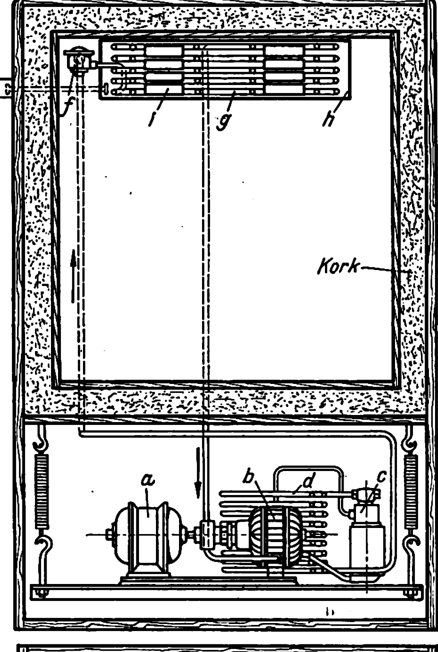


Abb. 8 bis 10
Autofrigor





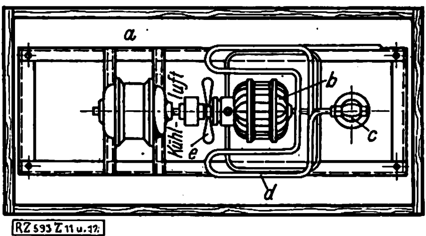


Abb. 11 und 12 Schema des Rota-Haushalt-kühlschrankes von Sylbe & Pondorf, Schmölln (Thüringen)

a Motor
b Rota-Kompressor
c Ölabscheider
d Kondensator
e Ventilator
f Regler-Überflutungsventil
g Verdampferschlange
h Solebehälter
i Roheiserzeuger

Die Kompressionsmaschinen und die ununterbrochen arbeitenden Absorptionsmaschinen sind je nach der Jahreszeit 6 bis 12 h täglich im Betrieb. Absatzweise betriebene Absorptionsmaschinen haben eine Kochzeit von 1½ bis 2½ h und sollen während der übrigen 22 h kühlen. Während der Betriebspausen treten bei den erstgenannten Maschinengattungen Temperaturerhöhungen ein; bei den unterbrochen arbeitenden Absorptionsmaschinen wird die größte Kälte im ersten Abschnitt der Kühlzeit erzeugt. Viele Fabriken (aber nicht alle, vergl. Zahlentafel 2) versehen daher ihre Anlagen mit Kältespeichern in der Form von Behältern mit schwer gefrierenden Flüssigkeiten (Lösungen von Chlorkalzium, Glyzerin oder Alkohol in Wasser).

Platzbedarf, Kaufpreis und Wirtschaftlichkeit. Die allgemeine Anordnung der Teile eines Kühlschranks ist aus Abb. 5 zu ersehen. Der Platzbedarf beschränkt sich in der Grundfläche meist auf den vom Kühlschrank eingenommenen Raum, im Mittel auf 0,5 m². Die Kompressionsmaschinen (Kompressor und Kondensator) werden bei den europäischen Bauarten (Brown, Boveri & Cie., Escher, Wyss & Cie., Linde-Ges.) meist oberhalb des Kühlschranks angeordnet, Abb. 6 bis 10. Die Amerikaner ziehen es dagegen vielfach vor, die Maschinenanlage unter den Kühlschrank zu setzen, Abb. 5 (Frigidaire, Kelvinator, Serv-el u. a.), und diesem Vorbild ist man neuerdings auch in Deutschland gefolgt, s. Abb. 11 und 12 (Sylbe & Pondorf, Schmölln). Um einen möglichst geräuschlosen Gang zu erzielen, setzt man die Anlage auf eine Platte, die auf Gummifüßen, Abb. 13, oder Federn steht oder an solchen Federn aufgehängt wird (Frigidaire).

Aus Rücksicht auf geräuschlosen und gleichmäßigen Gang verwenden viele Fabriken selbst bei den ganz kleinen Anlagen Mehrzylinderkompressoren mit versetzten Kurbeln. So hat z. B. bei den Frigidaire-Maschinen nur die kleinste Ausführung für 135 kcal/h einen Zylinder, alle Größen von 270 kcal/h aufwärts zwei Zylinder. Das gleiche gilt für die Kompressoren der Kelvinator Corp. Die Lindesche Autopolarmaschine hat sogar drei Zylinder.

Der Preis von maschinellen Haushalt-Kühlschränken mit 0,15 bis 0,2 m³ Nutzraum beträgt bei Absorptionsmaschinen zwischen 750 und 1000 ℳ, bei Kompressionsmaschinen sogar bis zu 1500 ℳ. In Amerika kostet ein solcher Schrank rd. 250 $. Da aber die Kaufkraft des Dollars kaum mehr als 2 ℳ beträgt und der Wohlstand in Amerika wesentlich höher ist, so wird der große Absatz solcher Kühlschränke dort verständlich. Durch Massenherstellung ließe sich bei uns der Preis sicher noch beträchtlich senken; es darf daher angenommen werden, daß bei Verbesserung unserer wirtschaftlichen Lage auch diesem Gegenstand ein größerer Absatz erwachsen wird.

Von dem Gesamtpreis entfallen im Mittel bei Absorptionsanlagen 40 vH auf den Schrank und 60 vH auf die Kältemaschine. Bei Kompressionsanlagen entfallen bis zu 75 vH auf die Maschine. Die Wirtschaftlichkeit der Haushalt-Kühlschränke spielt innerhalb gewisser Grenzen vorerst keine ausschlaggebende Rolle; wer heute den hohen Kaufpreis bezahlen kann, fragt selten danach, ob die täglichen Betriebskosten um 10 ₰ höher oder niedriger sind.

Die wirtschaftliche Gegenüberstellung von Eiskühlung und Maschinenkühlung sei einer Vergleichsrechnung entnommen, die Mc. Lay für amerikanische Verhältnisse aus Beobachtungen in 42 Städten aufgestellt hat[3]). Der Rechnung liegen folgende Werte zugrunde:

Innenraum des Kühlschrankes	0,36	m³
„Normale" Belastung (durch elektrische Heizung des Schrankes)	75	kcal/m³h
Außentemperatur (Jahresmittel)	21°	
Mittlerer täglicher Verbrauch bei maschineller Kühlung	2,62	kWh
Jahresverbrauch	956	„
Strompreis	22,2	₰/kWh
Mittlerer täglicher Eisverbrauch	17,9	kg
Jahresverbrauch an Eis	6,53	t
Eispreis	5,55	₰/kg
Verzinsung des Anlagekapitals	6	vH
Abschreibungen:		
für den Schrank bei Eiskühlung	15	„ [4])
„ „ „ Maschinenkühlung	5	„
„ die Kältemaschine	10	„
Jährliche Erhaltungskosten (nur bei Maschinenkühlung)	63,2	ℳ

Daraus ergeben sich die jährlichen Ausgaben nach Zahlentafel 1:

[3]) Im Bericht des Ausschusses für elektrische Kühlung, herausgegeben von der National Electric Light Assoc., New York 1925, Nr. 25 bis 48, S. 33.

[4]) Bei Eiskühlung nutzt sich der Schrank erfahrungsgemäß viel rascher ab (Einwerfen der schweren Eisblöcke, Wirkung der Feuchtigkeit).

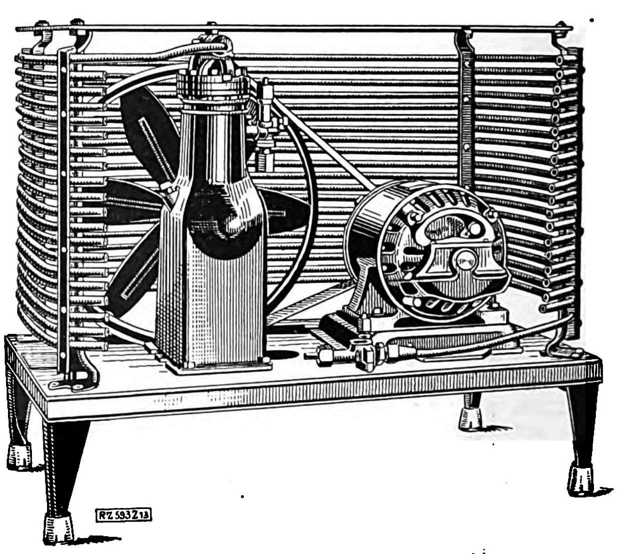


Abb. 13
Gesamtanordnung der Kelvinator-Kältemaschine



Zahlentafel 1. Betriebskosten von Eiskühlung und Maschinenkühlung

	Anschaffungskosten ℳ	Verzinsung ℳ	Amortisation ℳ	Unterhaltung ℳ	Eis oder Strom ℳ	Gesamte Betriebskosten ℳ
Eiskühlung	715,—	43,30	107,—	—	363,—	513,30
Maschinenkühlung	715,— (Schrank) 1240,— (Maschine)	116,50	159,50	63,—	212,—	551,—

Bei diesem Strompreis sind also die gesamten Betriebskosten bei maschineller Kühlung nur unwesentlich höher als bei Eiskühlung.

Besondere Merkmale der Kompressionsanlagen

Wahl des Kälteträgers. Das bei Großkältemaschinen gebräuchliche Ammoniak steht in der Reihe der für Haushalt-Kühlschränke benutzten Kälteträger fast an letzter Stelle. Die Ursache ist einmal der ziemlich hohe Dampfdruck, der bei Kondensation durch Luft bis auf 20 at steigen kann. Auch der Verdampferdruck von 2 bis 3 at im Kurbelkasten ist wegen der möglichen Undichtheiten der Stopfbüchse nicht erwünscht. Gegen Ammoniak sprechen ferner seine chemische Einwirkung auf Kupfer und Kupferlegierungen, auf deren Verwendung die Konstrukteure nicht verzichten wollen, der unangenehme Geruch, Schwierigkeiten der Schmierung (starke Absorption von Ammoniak durch das Öl) und die allzu kleinen Zylinderabmessungen. Infolge der hohen Verdampfwärme wird außerdem die stündlich umlaufende Ammoniakmenge so klein (knapp 1 kg), daß die Regelung des Zutritts der Flüssigkeit zum Verdampfer empfindlich und schwierig wird.

Wie aus Zahlentafel 2 zu ersehen ist, steht schweflige Säure (SO_2) an erster Stelle; sie wird insbesondere von den führenden amerikanischen Firmen und in Europa von Brown, Boveri & Cie. bevorzugt. Daneben verwendet man Chlormethyl (CH_3Cl) und Chloräthyl (C_2H_5Cl), Stoffe, gegen deren Entzündbarkeit man oft übertriebene Bedenken hegt, und bei denen die Schmierung einige Schwierigkeiten bereitet[5]; die Stoffe sind außerdem in Deutschland noch nicht genügend rein im Handel. Erst an vierter Stelle finden wir Ammoniak (NH_3). Außerdem hat man in Amerika die Verwendung einiger gesättigter Kohlen-

[5]) Vergl. O. Wagner, Z. f. d. ges. Kälte-Ind. Bd. 34 (1927) S. 62.

Zahlentafel 2
Übersicht über Haushalt-Kältemaschinen nach dem Kompressionsverfahren

Bezeichnung des Baumusters	Hersteller	Kälteträger	Nennleistung ($t = +25°$ $t_0 = -10°$) kcal/h	Kompressor: Bauart	Kompressor: Strömung des Dampfes	Kompressor: Zylinderzahl	Kompressor: Drehzahl Uml./min (Antrieb)	Motorleistung PS	Kondensator, gekühlt durch	Verdampfer
A-S	Brown, Boveri & Cie., Mannheim	SO_2	550	hin- u. hergehend doppelt wirkd., liegend, schw. Zylinder	Wechselstrom	2	360 (Riemen)	0,6	Wasser od. Luft	Solekühlung
Frigidaire	Delco Light Co., Dayton Ohio (Gen. Motors Corp.)	SO_2	135 270	hin- u. hergehend stehend	Gleichstrom	1 oder 2	250 (Riemen od. Zahnrad)	1/6 od. ¼	,,	unmittelbare Verdampfg.
Kelvinator	Kelvinator Corp., Detroit, Mich.	SO_2	150 300	hin- u. hergehend stehend	,,	1 oder 2	300 250 (Riemen)	1/6 oder ¼	Luft	Solekühlung ($CaCl_2$)
Nizer	Nizer Corp., Detroit, Mich.	SO_2	600	hin- u. hergehend stehend	,,	1	175 Schnecke	½	Wasser od. Luft	Solekühlung (Alkohol)
Isko	Isko Co., Chikago	SO_2	300	Zahnrad-Kompressor	—	1	1500-1750 unmittb.	¼	Wasser	Solekühlung (Glyzerin)
General Electric	General Electric Co., Schenectady, N. Y	SO_2	rd. 150	hin- u. hergehend schwingend	Gleichstrom	2		1/6		Solekühlung
Keokuk	Keokuk Refrig. Co., Keokuk, Iowa	SO_2	rd. 300	hin- u. hergehend stehend		1 oder 2	(Zahnrad)	¼	Luft	unmittelbare Verdampfg.
Zerozone	Iron Mountain Co., Chikago, Ill.	SO_2	rd. 300	,,		1	330 (Riemen)	¼	,,	Solekühlung
Ziegler	Leopold Ziegler, Berlin	SO_2	300	,,		1		½	,,	,,
Autofrigor	Escher, Wyss & Cie., Zürich	CH_3Cl	150 500	hin- u. hergehend doppeltwirkend liegend, schw. Zylinder	Wechselstrom	1	1400 900 (unmittb.)	1/6 ½	Wasser	unmittelbare Verdampfg. oder Solekühlung
Autopolar	G. f. Linde's Eismasch., Wiesbaden	CH_3Cl	350	hin- u. hergehend liegend	,,	3	1500 (unmittb.)	1/3	,,	,,
Rota	Sylbe & Pondorf, Schmölln, Thür.	CH_3Cl	250	Drehkolben	—	1	1450 (unmittb.)	1/3	Luft	Solekühlung
Serv-el	Serv-el Corp., New York	CH_3Cl	350	hin- u. hergehend stehend	Gleichstrom	2	325 (Riemen)	¼	,,	Solekühlung (Alkohol)
Coldak	Multicold Co., Providence, R. J.	C_2H_5Cl	rd. 250	Zahnrad-Kompr. zweistufig	—	2	1200 (unmittb.)	¼	,,	Solekühlung
Williams	Simplex Refrig. Corp., Brooklyn, N. Y.	C_2H_5Cl	225	Drehkolben	—	1	(unmittb.)	¼	,,	unmittelbare Verdampfg.
Motorfrigerator	Motorfrigerator Co., Lansdale, Pa.	C_2H_5Cl	rd. 150	hin- u. hergehend liegend	Wechsel strom	1	260 (Riemen)	1/6	,,	,,
Welsbach	Welsbach Co., Gloucester N. Y.	C_2H_5Cl	rd. 250	,,		1	280 (Riemen)	¼	,,	Solekühlung (Glyzerin)
Copeland	Copeland Products, Detroit, Mich.	$(CH_3)_3CH$ Isobutan	rd. 150	hin- u. hergehend stehend	Gleichstrom	1	(Riemen)	1/6	,,	Solekühlung (Alkohol)
Coldmaker	Coldmaker, Toledo, O.	NH_3	375	,,	,,	2	(Riemen)	1/3	Wasser	
Cooke	George J. Cooke, Chikago, Ill.	NH_3	rd. 300	,,	,,	1	450 (Riemen)	¼	,,	Solekühlung
Refrigo	Refrigo Corp., Milwaukee, Wis.	NH_3	300	,,		1	350 bis 400 (Riemen)	¼	,,	,,

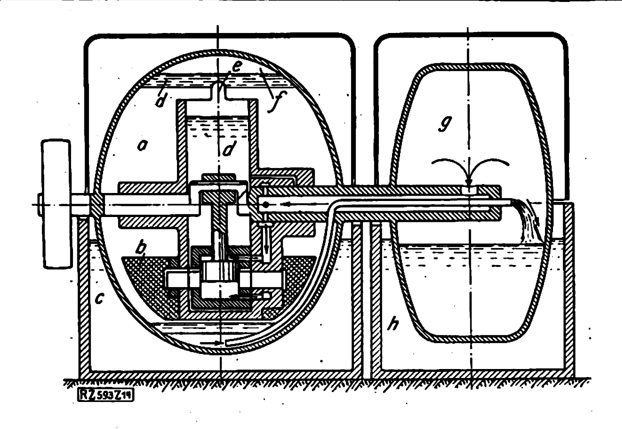
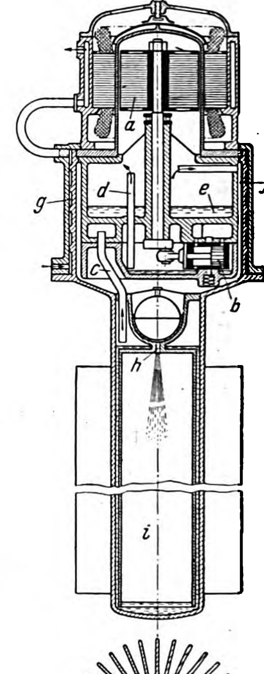


Abb. 14 (links) Schnitt durch eine A-S-Kältemaschine von BBC

a Kondensator
b Gegengewicht
c Kühlwasser
d Öl
e Ölabstreifer
f verflüssigte SO_2
g Verdampfer
h Sole



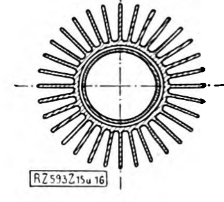


Abb. 15 und 16 (rechts) Autofrigor von Escher, Wyß & Cie.

a Elektromotor
b Kompressor
c Saugrohr
d Druckrohr
e Öl
f Kondensatorringraum
g Kühlwasserführung
h Regler
i Verdampfer

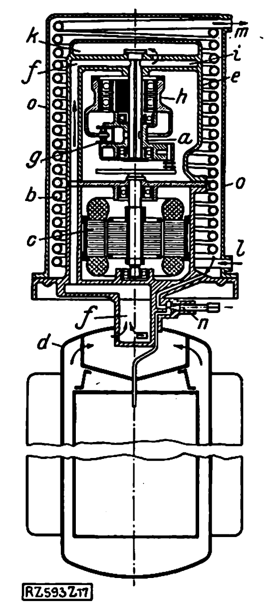


Abb. 17 und 18 Autopolar der Linde-Gesellschaft

a Kompressor
b Kondensator
c Elektromotor
d Verdampfer
e Maschinengehäuse
f Saugkanal
g Zylinder mit Kolben
h Kompressorglocke
i Druckkanal
k Druckraum
l Wassereintritt
m Wasseraustritt
n Reguliervorrichtung
o Stahlzylinder



Abb. 18 (rechts) Autopolarmaschine in Ansicht

wasserstoffe, besonders von Isobutan (C_4H_{10}) unter dem Namen „Freezol"[6]), und einiger Halogenverbindungen der Kohlenwasserstoffe angeregt und in beschränktem Umfang eingeführt. Kohlensäure dagegen wird bei Haushaltmaschinen überhaupt nicht benutzt.

Die Kompressoren der Haushalt-Kältemaschinen werden in der Regel mit hin- und hergehendem Kolben, seltener mit Drehkolben ausgeführt. Gelegentlich findet man auch gekapselte Zahnradpumpen. Bei hin- und hergehendem Kolben hat sich die stehende, einfachwirkende Bauart am meisten eingeführt, Abb. 13. Liegende oder doppeltwirkende Maschinen findet man verhältnismäßig selten. Ferner findet man in den meisten Fällen die Gleichstrombauart, bei der die Dämpfe stets in der gleichen Richtung von unten nach oben durch den Zylinder strömen, wodurch die thermischen Wandlungsverluste verringert werden: das Saugventil — ein ganz leichtes Teller- oder Plattenventil — ist im Tauchkolben angeordnet.

Die Wechselstrombauart findet man bei den stehenden einfachwirkenden Maschinen viel seltener; hier liegen die Saug- und Druckventile im Zylinderdeckel. Bei den Audiffren-Singrün-(A-S-)Kältemaschinen von Brown, Boveri & Cie., Abb. 14, und beim Autofrigor von Escher, Wyss & Cie., Abb. 15 und 16, werden die Saug- und Druckschlitze durch kleine Schwingbewegungen des Kolbens gesteuert. Diese Maschinen haben doppeltwirkende Wechselstromzylinder.

Von der noch vor wenigen Jahren in Amerika angestrebten Steigerung der Drehzahl scheint man in den letzten Jahren wieder abzukommen. Viele führende Firmen begnügen sich heute mit 300 Uml./min und darunter. Kompressor und Motor sind meist auf einer gemeinsamen Platte aufgebaut; der Antrieb erfolgt durch Riemen, häufig unter Einschaltung einer Spannrolle. Kompressoren mit hin- und hergehendem Kolben, die bis zu 1500 Uml./min erreichen und mit Drehstrommotoren unmittelbar gekuppelt sind, hat man wohl bisher nur in Europa gebaut; die

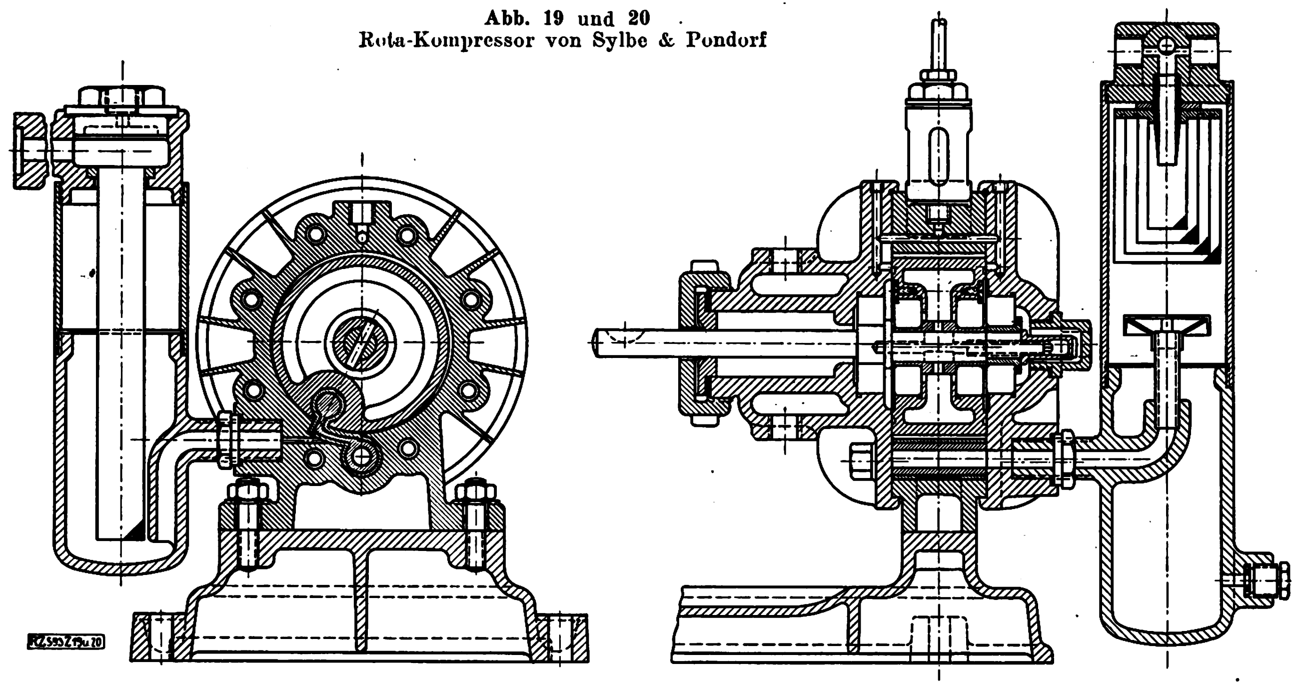
[6]) Vergl. „Refrigerating Engineering" Bd. 12 (1926).

Zahlentafel 3
Konstruktionszahlen von Kolbenkompressoren für Haushalt-Kältemaschinen

Bauart und Hersteller	Kälteträger	Kälte-Nennleistung kcal/h	Zylinderzahl	Zylinder-Dmr. mm	Hub mm	Hubverhältnis	Drehzahl Uml./min
A-S, Brown Boveri	SO_2	550	2[7])	42	28	0,67	360
Kelvinator	„	150	1	46	38	0,83	310
Nizer	„	600	1	108	57	0,53	175
Zerozone	„	ca. 150	1	44,5	44,5	1,0	330
Ziegler	„	300	1	60	50	0,83	300
Autofrigor	CH_3Cl	150	1[7])	20	20	1,0	1400
		500	1[7])	33	26	0,79	900
Autopolar	„	350	3	26	15	0,58	1500
Serv-el	„	350	2	38	38	1,0	325
Motorfrigerator	C_2H_5Cl	150	1	76	12,7	0,167	260
Welsbach	„	225	1	76	19	0,25	280
Coldmaker	NH_3	375	2	32	32	1,0	(330)
Refrigo	„	250	1	32	38	1,19	375

[7]) Doppeltwirkende Zylinder; die übrigen haben einfachwirkende Zylinder.

Abb. 19 und 20
Rota-Kompressor von Sylbe & Pondorf



bekanntesten sind der Autofrigor und der Autopolar der Linde-Gesellschaft, Abb. 17 und 18; beide arbeiten mit Chlormethyl. Bei beiden befinden sich Kompressor, Antriebmotor und Kondensator in einem luftdicht geschlossenen Gehäuse, das eine gewisse Ölmenge erhält. Beim Autofrigor liegt der Motor oben, beim Autopolar unten. Um bei den hohen Drehzahlen die Wirkung der Massenkräfte der hin- und hergehenden Teile zu verringern, führt die Linde-Gesellschaft die Kolben in Leichtmetall aus. Die Kolben werden beim Saughub durch die Fliehkraft herausgeschleudert und beim Druckhub durch einen auf der Welle zentrisch angeordneten Ring wieder hereingepreßt.

Diese Maschinen haben drei Zylinder. Die Zylinder werden durchweg sehr kurzhubig gebaut, da man trotz höherer Drehzahlen hohe mittlere Kolbengeschwindigkeit und hohe Beschleunigungsdrücke vermeiden will. Oft sind Zylinderdurchmesser und Hub gleich, oft ist aber der Hub noch viel kleiner als der Durchmesser, Zahlentafel 3.

Drehkolben-Kältekompressoren für Haushaltzwecke sind verhältnismäßig selten anzutreffen; von deutschen Bauarten sind der Rota-Kompressor von Güttner, gebaut von Sylbe & Pondorf, Schmölln, und der Conrady-Kompressor, gebaut von der Maschinenfabrik Burkard in Oberursel, bekannt geworden.

Der Rota-Kompressor wurde früher für Ammoniak und für Kälteleistungen nicht unter 1000 kcal/h gebaut; diese Ausführungsform ist bekannt[8]). Für den Gebrauch in Haushalt-Kühlschränken hat man neuerdings eine Anlage für 250 kcal/h Kälteleistung entwickelt, die mit Chlormethyl arbeitet und einige wesentliche Verbesserungen aufweist, Abb. 19 und 20. Kompressor und Antriebmotor sind bei 1450 Uml./min unmittelbar gekuppelt. Das Gehäuse ist dreiteilig und das Glied zwischen Saug- und Druckraum — die frühere „Zunge", die sich in der „Nuß" gleitend und schwingend bewegte — hat eine ganz neue Form erhalten, die zugleich eine zwangläufige Steuerung des Ein- und Auslasses ermöglicht.

Einen amerikanischen Drehkolben-Kältekompressor der Williams Simplex Refrigerating Corporation, Brooklyn, N. Y., für Chloräthyl zeigt Abb. 21. Die Kälteleistung beträgt 225 kcal/h. Die Schmierung erfolgt durch Glyzerin, das spezifisch schwerer als Chloräthyl ist und sich daher von diesem leicht trennt. Die Bauart entspricht derjenigen von Wittig[9]), die von der Demag, Duisburg, und anderen deutschen Fabriken für Luftverdichter verwendet wird.

[8]) Vergl. Plank, Krause und Tamm, Z. Bd. 69 (1925) S. 393 und Z. f. d. ges. Kälte-Ind. Bd. 32 (1925) S. 46, ferner Tamm, Z. f. d. ges. Kälte-Ind. Bd. 33 (1926) S. 23.

[9]) Vergl. z. B. Plank, Drehkolbenmaschinen als Kraft- und Arbeitsmaschinen, Z. f. d. ges. Kälte-Ind. Bd. 29 (1922) S. 189.

Daneben werden auch raschlaufende, mit dem Motor gekuppelte Zahnradkompressoren verwendet; ein Beispiel hierfür ist die Maschine der Isko Co. in Chikago, Abb. 22 und 23, mit einer Kälteleistung von 300 kcal/h, die vollkommen ventillos ist. Die Zahnräder laufen in Öl. Die Maschine arbeitet mit schwefliger Säure.

Kondensatoren. Die Verflüssigungswärme führt man bei den großen Kältemaschinen ausschließlich durch Kühlwasser ab, das sich dabei entsprechend erwärmt oder teilweise verdunstet. Auch bei vielen Haushalt-Kältemaschinen verwendet man Kühlwasser wegen seiner guten Wärmeübertragung.

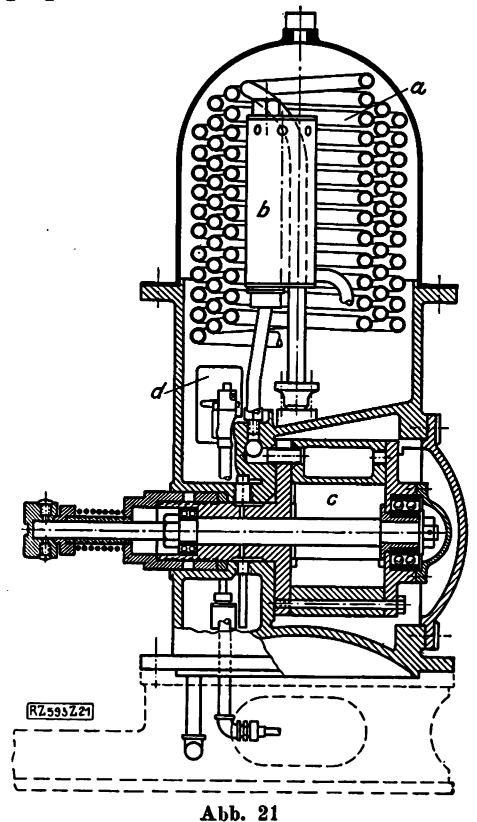


Abb. 21
Schema des Drehkolben-Kältekompressors der Williams Simplex Refrigerating Corp.

a Kondensatorschlange für Luftkühlung
b Glyzerinabscheider *c* Kompressor
d Schwimmerreglerventil



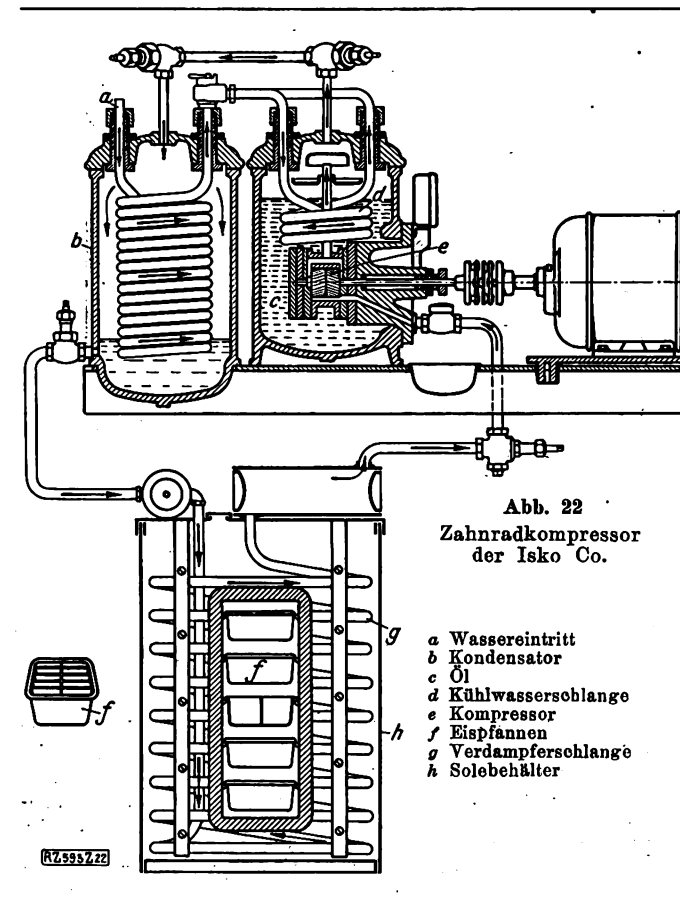


Abb. 22
Zahnradkompressor der Isko Co.

a **Wassereintritt**
b **Kondensator**
c **Öl**
d **Kühlwasserschlange**
e **Kompressor**
f **Eispfannen**
g **Verdampferschlange**
h **Solebehälter**

Abb. 23
Einzelheiten des Zahnrad-kompressors

Die Bauarten der Kondensatoren mit Wasserkühlung weichen von denen des Großmaschinenbaues erheblich ab. Berieselungs-Kondensatoren kommen überhaupt nicht in Frage, da die Maschinen in geschlossenen Räumen stehen, wo die Verdunstung sehr schwach wäre und das Verspritzen des Wassers stören würde. Auch der sonst so beliebte und nur wenig Platz beanspruchende Doppelrohrkondensator wird nur selten verwendet. Dagegen hat sich eine Art Tauchkondensator eingeführt, bei dem aber, im Gegensatz zu den alten Tauchkondensatoren, die Rollen von Kühlwasser und kondensierendem Dampf vertauscht sind.

Das Kühlwasser fließt durch zylindrisch gewickelte Rohrschlangen, die für alle Kälteträger, ausgenommen NH_3 aus Kupfer hergestellt werden. Diese Schlangen liegen in einem Raum, in den die vom Kompressor verdichteten und möglichst weitgehend entölten Dämpfe eingeblasen werden; sie verflüssigen sich also an der Oberfläche der Rohrschlangen, und die Tropfen sammeln sich im unteren Teil des Kondensationsraums. Dank der hohen Wassergeschwindigkeit und der raschen Abführung des Kondensats sind die Wärmedurchgangzahlen sehr hoch; Versuche an einem Kondensator von 10 000 kcal/h haben Wärmedurchgangzahlen $k = 800$ bis 1000 kcal/m² h °C ergeben. Die untersten Kühlwasserschlangen liegen bereits im Flüssigkeits-Sammelraum und bewirken so eine günstige Unterkühlung des Kondensats.

Die bauliche Verbindung des Kompressors mit diesem Kondensator ist bei vielen Bauarten geschickt gelöst; die Linde-Gesellschaft legt bei ihrer Autopolar-Maschine den Kondensator konzentrisch um das den Kompressor und Elektromotor aufnehmende Gehäuse, Abb. 17. Eine ähnliche Anordnung findet man auch bei der Autofrigor-Maschine, Abb. 15 und 16. Die Nizer Corporation legt die Kühlwasserschlange in eine über den oberen Teil des Kompressors gestülpte Glocke, Abb. 24, in die das Druckventil des Kompressors unmittelbar ausbläst. Nach dem gleichen Verfahren ist auch der Kondensator der Isko Co., Abb. 22, gebaut.

Neben dem Kondensator mit Wasserkühlung setzt sich neuerdings der mit Luftkühlung immer mehr durch; er wird besonders von amerikanischen Fabriken in steigendem Maße gebaut. Vom Standpunkt des Wärmeüberganges ist der Kondensator mit Luftkühlung unter allen Umständen im Nachteil; man braucht größere Kühlflächen und muß trotzdem höhere Kondensationstemperaturen zulassen, also unwirtschaftlicher arbeiten; allerdings gibt hier, wie erwähnt, die Wirtschaftlichkeit nicht den Ausschlag.

Man verwendet in der Regel einen Ventilator, der im Schwungrad des Kompressors eingebaut ist und der die Luft mit rd. 15 m/s an den Kondensatorschlangen vorbeibläst. Hier liegt eine wesentliche Sicherheit; denn sobald der Kompressor läuft, tritt auch die Kühlung in Tätigkeit. Die Luftkühlung ist besonders in tropischen Gegenden am Platze, wo es manchmal sehr wenig oder gar kein Kühlwasser gibt. Der Fortfall aller Wasserleitungen und der Vorrichtungen zum selbsttätigen Ein- und Ausschalten des Kühlwassers vereinfachen die Anlage. Der Temperaturregler im Kühlraum kann unmittelbar den Elektromotor ein- und ausschalten und braucht nicht auf dem Wege über einen Kühlwasserschalter zu wirken.

Genaue Versuche liegen für die Maschine „Junior" der Kelvinator Corp. vor[10]). Sie hat einen einfachwirken-

[10]) L. A. Philipp und C. C. Spreen, „Refrigerating Engineering" Bd. 13 (1927) S. 301.

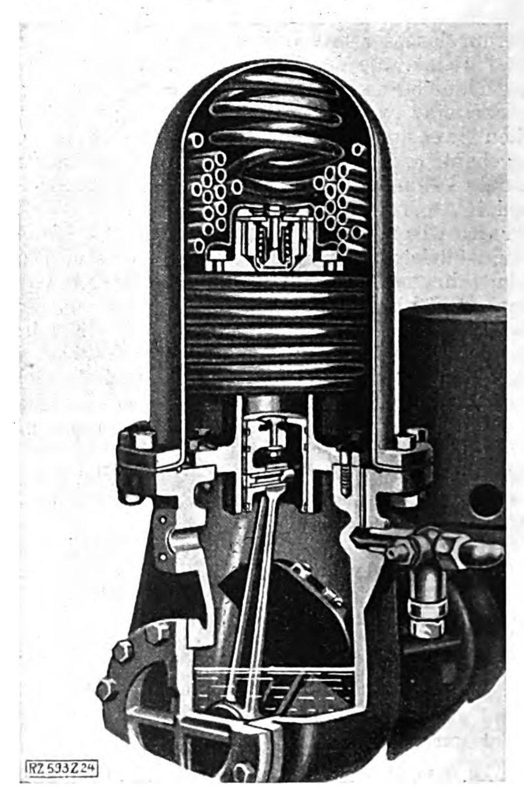


Abb. 24
Kompressor und Kondensator der Nizer Corp.



den Zylinder mit 46 mm Dmr. und 38 mm Hub bei 310 Uml./min. Die folgenden Zahlenwerte beziehen sich auf eine Verdampftemperatur von — 9,5 °:

Lufttemperatur	°C	20	25	30	35	40
Kondensationstemperatur	„	35,0	38,8	42,7	46,5	50,4
Kälteleistung	kcal/h	213	196	180	162	145
Kraftverbrauch am Elektromotor	PS	0,29	0,28	0,285	0,295	0,31

Für den Aufbau des Kondensators mit Luftkühlung gibt es verschiedene Vorschläge: Die Kelvinator Corp. legt die Kühlschlangen um die ganze Maschinenanlage herum, so daß sie ein Schutzgeländer um die bewegten Maschinenteile bilden, Abb. 13. Der Querschnitt der kupfernen Rohre ist oft nicht kreisrund, sondern elliptisch (Frigidaire).

Die Copeland Products Inc. in Detroit setzt die Kondensatorschlangen in ein zylindrisches Gefäß; der Ventilator ist auf der Motorwelle angeordnet und bläst die Luft mit großer Geschwindigkeit durch das Gefäß. Von deutschen Firmen führen bisher nur Sylbe & Pondorf und L. Ziegler, Berlin, Kühlschrankmaschinen mit Luftkühlung aus.

In Abb. 25 ist die Maschine der Nizer Corp. mit Luftkühlung dargestellt; die Luft tritt durch den Krümmer *a* in die Rohrschlange *b* des Kondensators, an deren Außenfläche die bei *c* eintretenden SO_2-Dämpfe verflüssigt werden.

D i e V e r d a m p f e r. Die Haushalt-Kühlschränke werden sowohl für unmittelbare Verdampfung, als auch für Solekühlung ausgeführt. Die richtige Bemessung der Kühlfläche und die richtige Unterbringung im Schrank sind wichtiger als die Frage des Verdampfverfahrens. Die meisten Verdampfer nehmen kleine Pfannen auf, in denen man Eiswürfel zur Kühlung von Getränken oder Speiseeis herstellt. Die Solekühler haben höhere Speicherwirkung und sollen weniger Schwankungen der Lufttemperatur im Schrank ergeben; die Temperatur der Sole beträgt im Mittel — 6 bis — 7 °.

Die Wärmedurchgangzahl für den Übergang von verdampfendem Kälteträger auf die ruhende (nur konvektiv bewegte) Badflüssigkeit kann bei überflutetem Verdampfer mit $k = 125$ kcal/m² h °C angenommen werden. Die Speicherwirkung der Sole wird vielfach überschätzt; ist der Kühlschrank mit Lebensmitteln gut gefüllt, so üben diese eine genügende Speicherwirkung aus. Bei unmittelbarer Verdampfung rechnet man mit einer Wärmedurchgangzahl $k = 10$ kcal/m² h °C.

Der Verdampfer wird meist in einer oberen Seite des Schrankes angeordnet und beansprucht etwa 25 vH des Innenraumes. Zwischen Verdampfer und Schrank muß allseitig genügend Raum für die Luftströmung frei bleiben; das ist für die gute Kühlwirkung und möglichst gleichmäßige Temperaturverteilung im Kühlschrank wichtig. Am Verdampfer befindet sich ein selbsttätiges Reglerventil, s. a. Abb. 2, und der von den letzten Verdampfer-Rohrwindungen umschlossene Temperaturregler, s. a. Abb. 4, der den elektrischen Strom ein- und ausschaltet.

Eine Anlage mit unmittelbarer Verdampfung ist der „Frigidaire", Abb. 26. Beim „Autofrigor" und beim „Autopolar" bestehen die Verdampfer aus stehenden Rohren mit Längsrippen, in die unten kleine Eispfannen eingeschoben werden können. Den Einbau in einen Kühlschrank zeigt Abb. 5. Verdampfer für Sohlekühlung baut die Kelvinator Corporation. Die Wirkungen der Verdampferschlangen umgeben die zur Aufnahme der Eispfannen dienenden Schubfächer. Bei der AS-Maschine von Brown, Boveri & Cie. taucht die umlaufende Verdampfer-Trommel zur Hälfte in das Solebad ein; dadurch wird die Sole mitgenommen und dem im Schrank angeordneten Kühlkörper zugeführt. [B 593] (Schluß folgt.)

Abb. 25
Kühlmaschine der Nizer Corp. mit Luftkühlung

a Krümmer für den Lufteintritt
b Kondensatorrohrschlange *c* Eintritt der SO_2-Dämpfe

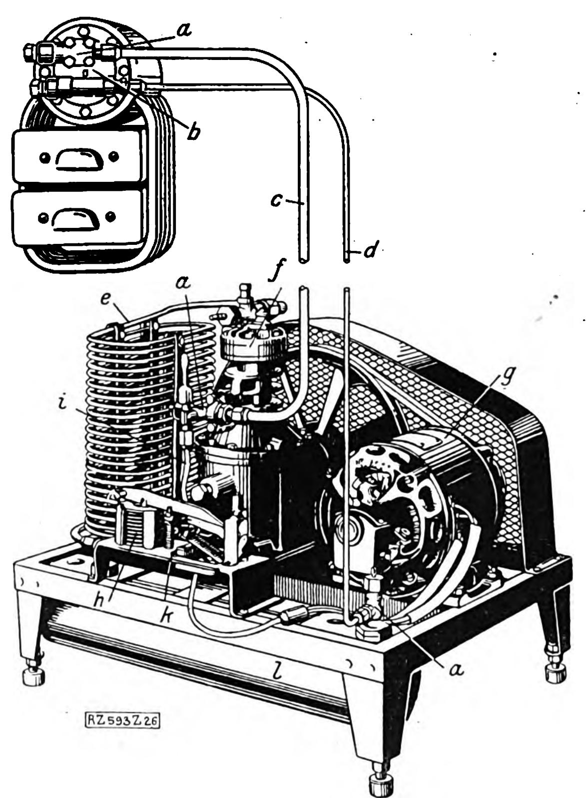


Abb. 26
Frigidaire-Kältemaschine der Delco Light Co.

a Absperrventil
b Schwimmerventil (innen)
c Saugleitung
d Flüssigkeitsleitung
e Kondensator
f Kompressor
g Motor
h elastische Membran
i Niederdruckkontrolleitung
k Schalter
l Sammelbehälter

Das Versilbern von Porzellan

Das Anbringen des Silberüberzuges auf Porzellangegenständen erfordert stets eine gründlichere Sachkenntnis und eine größere Aufmerksamkeit als die andern Malmittel. Das Silber muß stets rein gehalten werden, und zudem hat es die Eigenschaft, daß es leicht oxydiert.

Zur Herstellung einer gut haltbaren Silberlösung müssen auch reine Chemikalien verwendet werden. Zum Auflösen bedarf es einer verdünnten Salpetersäure. Sie muß von Salzsäure frei sein; sonst bildet das Chlor der Salzsäure mit dem Silber unlösliches Chlorsilber. In die Salpetersäure wird das Silber eingetragen; sodann wird eine blanke Kupferplatte eingelegt. Das Silber fällt in weißen, leichten Flocken aus und setzt sich zunächst an der Kupferplatte an. Um dies zu verhindern, muß man die Flüssigkeit während des Auflösungsvorganges schütteln. Die Auflösung ist vollzogen, wenn die Flocken verschwinden und sich am Boden kein weiteres Silber mehr absetzt. Die darüber stehende Flüssigkeit wird abgegossen und das am Boden befindliche metallische Silber mehrmals mit kochendem Wasser ausgewaschen. Vom Kupfer her erhält es eine Blaufärbung, die beim Waschen verschwindet. Das Silber muß dunkelgrau erscheinen und ist, wenn sauber ausgewaschen, chemisch rein.

Wenn daraus das echte Muschelsilber hergestellt werden soll, so muß es noch mit einer Gummilösung verrieben werden und ist so zum Auftragen fertig.

Wenn dem salpetersauren Silberoxyd kohlensaures Natrium zugesetzt wird, so wird das kohlensaure Silberoxyd erhalten. Die Silberlösung ist darin noch feiner verteilt. Der Niederschlag ist sehr fein und weiß. Er zersetzt sich in der Hitze leicht und lagert das metallische Silber ab; somit kann er wie metallisches Silber benutzt werden. Während sich das Silber in Salpetersäure auflöst, entwickeln sich braune Dämpfe, die die Atmungsorgane heftig angreifen; das Auflösen des Silbers muß daher im Freien unter dem Abzuge vorgenommen werden.

Wenn Silbernitrat (Höllenstein) zu lösen ist, so werden auf 10 g 500 cm^3 destilliertes Wasser genommen. Die Lösung vollzieht sich rasch; darauf wird in die Lösung ein Kupferblechstreifen eingehängt, noch einige Kupfermünzen hineingeworfen und bis zum nächsten Tage abgestellt. Das überstehende Wasser wird nun abgeschüttet, das ausgefällte Silber einige Male mit heißem Wasser ausgewaschen, getrocknet und auf einer Reibmühle fein verrieben.

Als Flußmittel beim Auftragen des Silbers auf das Porzellan wird auf zwölf Teile Silber ein Teil Wismutsultrinat zugesetzt. Als Bindemittel dienen verschiedene Öle, wie Lavendelöl; doch wird in der böhmischen Glasindustrie zum Auftragen von kolloidalem Silber gar nur das billige Terpentinöl benutzt.

Große Aufmerksamkeit erfordert das Brennen; denn bei der Hitze verflüchtet das Bindemittel rasch, das Silber wird niedergeschlagen, weiter oxydiert, bis es gelb und schwarz wird und endlich ganz verbrennt.

B r o n g n i a r t hängt bemalte Probescheiben ein, die das Fortschreiten des Brandes anzeigen. Das aufzustreichende Probenmittel ist ein aus Gold bereitetes Karmin. Es wird auf eine kleine Porzellanplatte gestrichen und diese mit einem Draht in die Muffel durch das Schauloch eingehängt.

Er unterscheidet folgende sechs Brandstufen, die noch Übergänge zeigen:

1. Bei dem Feuer, das erforderlich ist, um Gold auf weichem Grund einzubrennen, ist das Probenmittel braunrot, unrein, ziegelfarbig und kaum verglast;
2. beim Retouchefeuer ist der Karmin an den dünnen Stellen schön rosenrot, die dickeren Stellen sind etwas ziegelfarbig;
3. beim ersten Einbrennen der Malereien geht die Farbe aus dem rosenroten Ton in den purpurfarbigen über;
4. beim Einbrennen der Goldgründe auf der weißen Glasur geht der rosenrote Ton etwas ins Violette über;
5. beim Feuer zum Einbrennen der Goldränder an Tellern wird der violette Ton bei zunehmender Temperatur blässer und unrein;
6. beim Feuer, zum Einbrennen matten Goldes verschwinden sowohl der rosenrote wie der violette Ton vollständig.

Noch besser ist freilich der Gebrauch eines Pyrometers oder eines andern sicheren Wärmemessers. Im Gebrauch sind auch die Segerkegel. Für diese Zwecke kommt Segerkegel Nr. 022 zur Anwendung. Geübte Brenner beobachten nur mit dem bloßen Auge.

Abb. 1
Muffelofen für Holzfeuerung
a Seitenmauern

Abb. 2
Muffelofen für Halbgasfeuerung
a Feuerraum *b* Schrägrost *c* Aschenfall d_1, d_2, d_3 Muffeln *e* eingebaute Stege

Ofenteile und Muffeln werden von den Tonwarenfabriken in guter und passender Ausführung geliefert. Die Öfen haben etwa die folgenden Abmessungen:

Sie können 1,3 m hoch werden und etwas über 1 m lang. Die beiden Seitenmauern *aa*, Abb. 1, werden 30 cm dick von Grund aus aufgeführt bis zu etwa 45 cm Höhe. Hier werden die Roststäbe eingelegt und die Mauerdicke in etwa 90 cm Höhe auf 14 cm verringert. Damit ist der Feuerraum geschaffen. Nun werden Schamotte oder Eiseneinsätze zur Auflage für die Muffel eingelegt, die Mauer in der Dicke von 14 cm noch etwa 45 cm höher geführt und so der Raum für die Muffel geschaffen. Der obere Raum wird überwölbt oder überdeckt und das Abzugloch für den Schornstein eingelassen. Die Vorlegetür vor der Muffel kann zum Einkleben oder bloß zum Vorlegen eingerichtet werden. Wenn sehr große Gegenstände gebrannt werden sollen, so müssen die Muffeln entsprechend groß genommen werden.

Als Brennstoff wird fast allgemein Holz benutzt. Am besten eignen sich die weichen Hölzer, wie Fichte, Birke und Kiefer. Weniger gut die harten. Kohlen, insbesondere Steinkohlen, werden wegen ihrer ungleichen, heftigen Hitze kaum verwendet. Der Verfasser hat jedoch in einem ganz einfachen Muffelofen bei Braunkohlenfeuerung (Bauart Osseger, Böhmen) kolloidales Silber auf Glas mit dem besten Erfolg eingebrannt, ebenso auch kleine Porzellangegenstände irisiert. Die Erfolge waren jedesmal vollständig. Es kommt eben viel auf die Art der Feuerung an.

Für kleine Gegenstände eignet sich auch der Muffelofen für Halbgasfeuerung, Abb. 2. Der Feuerraum *aa* liegt an beiden Seiten. Der Brennstoff (Kohle) wird wie in einen Füllofen eingeschüttet. Bei *b* liegt ein Schrägrost und bei *c* der Aschenfall. Die Heizgase streichen in den mittleren Raum, um die erste Muffel d_1, werden von dem eingebauten Steg *e* gesammelt, durch den Schlitz und die zweite Muffel d_2 geführt, dann um die dritte Muffel d_3 und ziehen durch das Abzugloch ab. Der Brennstoff wird sehr gut ausgenutzt.

Das Brennen erfordert die größte Aufmerksamkeit. Es war den Tonwarenerzeugern bis jetzt nicht möglich, eine gasdichte Muffel herzustellen; daher darf der Brennstoff nur äußerst wenig rauchen. Ebenso muß er vollständig frei von Schwefeldämpfen sein: das Silber läuft durch die Einwirkung von Schwefelwasserstoff stets an. So muß es, wenn es haltbar sein soll, mit einer leichten Goldschicht überzogen werden. Das aufgetragene Silber muß jedoch vorher 24 Stunden trocknen. Das Einbrennen wird bei kleinem Feuer bis zu schwacher Rotglut vorgenommen. Da Silber beim Brande stark schwindet, muß es stärker aufgetragen werden als Gold. Eine Probe führt am sichersten zum gewünschten Erfolge.

Nach dem Brennen wird das Silber poliert. Für ganz kleine Gegenstände genügt Abreiben (Putzen) mit Sägemehl und mit Wollappen bei Zusatz von Glasur. Größere können an Schleifeinrichtungen mit Holzrädern und Zusatz von Glasur poliert werden. Schwach gebranntes Silber wird auf Frittenporzellan an Filzrädern geputzt.

Wenn Mattsilber hergestellt werden soll, so wird es nach dem Polieren noch einmal gebrannt.

Ein Fehler bei der Versilberung, der oft anzutreffen ist, ist der, daß es nach dem Brand abblättert. In diesem Falle war es zu dick aufgetragen. Wenn es nicht hält und sich nach kurzer Zeit abwischen läßt, so war der Brand zu stark. Hat es eine schmutzige, ins Graue gehende Farbe, dann war es nicht rein zubereitet oder die Muffel nicht dicht.

Friedrichswald [M 2457] Dr. H a n n i c h

Die Öle als Werkstoffe in der Elektrotechnik

Von Dr. v. d. Heyden und Dr. Typke
Chem. Laboratorium der AEG-Transformatorenfabrik, Berlin-Oberschöneweide

Die Verwendungsarten der Öle in der Elektrotechnik — Öle als Isolierstoffe: Transformatoren- und Schalteröle, Kabelisolieröle — Öle als Schmiermittel: Turbinenöle, Elektromotoren- und Dynamoöle, Zähleröle — Die Prüfbedingungen, die Alterung der Öle und ihre Wiederaufbereitung — Ausblick auf die wichtigsten noch auf dem Ölgebiete zu leistenden Arbeiten.

Öle finden in der Elektrotechnik eine umfangreiche Verwendung; man kann zwei Gruppen von Verwendungszwecken unterscheiden, den als Isolierstoff und den als Schmiermittel. Zunächst soll hier die Verwendung als Isolierstoff besprochen werden.

Öle als Isolierstoffe

Transformatoren- und Schalteröle. Die Transformatorenöle dienen zur Isolierung und Kühlung der Transformatoren. Transformatoren, in denen die zu isolierenden Teile unter Öl stehen, können in erheblich gedrängterer Form gebaut werden als Lufttransformatoren, weil gut gereinigtes, getrocknetes Mineralöl eine erheblich höhere Durchschlagfestigkeit hat als Luft. In den Schaltern dient das Öl zum schnellen Löschen des Lichtbogens. Die heute verwendeten Transformatoren- und Schalteröle werden ausschließlich aus Erdöl hergestellt; Harzöle werden, hauptsächlich wohl des höheren Preises wegen, nicht mehr verwendet. Aus Braunkohlen- und Steinkohlenteer haben sich brauchbare Transformatoren- und Schalteröle bisher nicht herstellen lassen; die in der Kriegs- und Nachkriegszeit damit gemachten Erfahrungen waren sehr schlecht. Die Anforderungen, die an neues Transformatoren- und Schalteröl gestellt werden müssen, lassen sich am besten an Hand der Vorschriften für Transformatoren- und Schalteröle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker[1]) besprechen. Diese lauten:

§ 1. Die Vorschriften treten am 1. Oktober 1927 in Kraft.

§ 2. Die Vorschriften der §§ 3 bis 7 beziehen sich sowohl auf neues als auf im Apparat angeliefertes Öl. Die Vorschriften der §§ 8 bis 10 beziehen sich lediglich auf neues Öl, die Vorschrift des § 11 bezieht sich auf ein dem im Betriebe befindlichen Transformator oder Apparat entnommenes Öl.

Unter neuem Öl (§§ 8, 9, 10) ist ein Öl zu verstehen, wie es im Kesselwagen oder Eisenfässern von der Raffinerie angeliefert wird. Die Anlieferung darf nicht in Holzfässern erfolgen.

§ 3. Die Vorschriften beziehen sich nur auf Erdöle, die lediglich als Raffinate geliefert werden müssen.

§ 4. Das spezifische Gewicht darf nicht mehr als 0,92 bei 20 °C betragen.

Bei Transformatoren und Schaltern, deren Kessel von der Außenluft umspült werden und die keine besondere Heizvorrichtung haben, soll Öl verwendet werden, dessen spezifisches Gewicht nicht mehr als 0,895 bei 20 C beträgt.

§ 5. Die Viskosität, bezogen auf Wasser von 20 °C, darf bei einer Temperatur von 20 °C nicht über 8 ° Engler sein.

§ 6. Der Flammpunkt, nach Marcusson im offenen Tiegel bestimmt, darf nicht unter 145 °C liegen (s. jedoch Ausnahmefall in § 7).

§ 7. Der Stockpunkt des Öles darf nicht höher als — 15 °C sein, bei Schaltern, deren Kessel von der Außenluft umspült werden und die keine besondere Heizvorrichtung haben, darf der Stockpunkt des zu verwendenden Öles nicht höher als — 40 °C sein. Der Flammpunkt eines solchen Öles darf nicht unter 120 °C liegen.

§ 8. a) Das neue Öl muß bei 20 °C vollkommen klar sein; es muß frei sein von Mineralsäure.
b) Der Gehalt an organischer Säure darf höchstens 0,05, berechnet als Säurezahl, betragen.
c) Der Gehalt an Asche darf 0,01 vH nicht übersteigen.

§ 9. Das neue Öl muß praktisch frei von mechanischen Beimengungen sein.

§ 10. a) Die Verteerungszahl des neuen ungekochten Öles darf 0,1 vH nicht überschreiten.
b) Das neue ungekochte Öl soll nach 70-stündiger Erhitzung auf 120 °C unter Einleiten von Sauerstoff folgende Bedingungen erfüllen:
1. Es soll nach dem Erkalten vollkommen klar sein.
2. Es darf keinen benzinunlöslichen Schlamm enthalten.
3. Es dürfen beim Erhitzen mit der alkoholisch-wässerigen Natronlauge keine asphaltartigen Ausscheidungen entstehen.

§ 11. Die elektrische Festigkeit des dem im Betrieb befindlichen Transformator oder Apparat entnommenen Öles soll, gemessen nach den Prüfvorschriften, im Mittel 80 kV/cm nicht unterschreiten. Ist die elektrische Festigkeit geringer, so muß das Öl gereinigt oder erneuert werden. Die elektrische Festigkeit des gekochten oder zum Einfüllen vorbereiteten Öles soll 125 kV/cm nicht unterschreiten.

Ergibt das Erhitzen des Öles im Reagenzglase auf rd. 150 °C das Vorhandensein von Wasser durch knackendes Geräusch, so erübrigt sich die Untersuchung der elektrischen Festigkeit, und das Öl muß getrocknet werden.

Zu diesen Vorschriften ist zu bemerken:

Die Vorschrift § 2 ist sehr wichtig, da sich bei dem Trockenverfahren, das die Transformatoren und Schalter durchmachen müssen, Veränderungen nie ganz vermeiden lassen. Insbesondere spielt dies bei der Bestimmung der Verteerungszahl (§ 10) eine Rolle. Anderseits ist es wichtig, daß sich die Vorschriften über die Durchschlagfestigkeit (§ 11) nur auf den gebrauchfertigen Transformator oder Apparat beziehen. Beim Befördern und Umfüllen des Öles läßt es sich nicht immer vermeiden, daß es mit feuchter Luft in Berührung kommt und Wasser anzieht. Da sich jedes Öl, das den Liefervorschriften entspricht, durch Trocknung auf die notwendige Durchschlagfestigkeit bringen läßt, erübrigt sich eine Vorschrift über die Durchschlagfestigkeit des von der Raffinerie angelieferten Öles.

Zu § 3. Die heute verwandten Öle werden ausschließlich aus Erdöl hergestellt. Zu § 4. Bei Freiluftschaltern und Transformatoren darf etwa gebildetes Eis nicht in oder auf dem Öl schwimmen, da sonst Überschläge entstehen können. Niedriges spezifisches Gewicht ist auch aus Wirtschaftlichkeitsgründen günstig, da von einem Öl mit niedrigem spezifischen Gewicht der Gewichtsmenge nach weniger gebraucht wird. Zu § 5. Je dünnflüssiger ein Öl ist, desto schneller kann es umlaufen und so die Wärme ableiten. Bei Schaltern ist Dünnflüssigkeit zur schnellen Ablöschung des Lichtbogens notwendig.

Zu § 6. Ein Flammpunkt von 145 ° (und von 120 ° in dem einen erwähnten Falle) ist für die Betriebsicherheit völlig ausreichend. § 7. Die Herstellung von Ölen mit dem Stockpunkt — 40 ° läßt sich bei vielen Ölarten nur bei einem niedrigeren Flammpunkt als 145 ° erreichen. Aus diesem Grunde ist für solche Öle ein Flammpunkt von 120° zugelassen worden. Zu § 8 und 9. Ein gut raffiniertes und in einem sauberen Kesselwagen oder Eisenfaß versandtes Öl ist klar und frei von mechanischen Verunreinigungen. Die angegebene Säurezahl von 0,05 wird von guten Ölen ohne weiteres erfüllt.

Zu § 10. Die Prüfung auf Schlamm hat den Zweck, Öle, die stark zur Schlammbildung neigen, vom Gebrauch auszuschließen. Ebenso werden durch die Forderung, daß sich beim Behandeln mit der Kißlingschen Lauge keine Ausscheidungen bilden dürfen, Öle, die nicht ausreichend raffiniert sind, vom Gebrauch ausgeschlossen. Zu § 11. Die Durchschlagfestigkeit ist gegenüber den früheren Vorschriften erhöht worden. Die Durchschlagfestigkeit darf

[1]) Die neuen Vorschriften für Transformatoren- und Schalteröle sind mit Genehmigung der Geschäftstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker bereits in diesem Aufsatze wiedergegeben. Vergl. ETZ Bd. 48 (1927) S. 473 und S. 858.



nur an dem dem gebrauchfertigen Transformator oder Apparat entnommenen oder gekochten oder zum Einfüllen vorbereiteten Öl bestimmt werden. Wegen der Ausführung der Prüfungen muß auf die Prüfvorschriften des VDE verwiesen werden[3]).

Die Transformatoren- und Schalteröle verändern sich schon bei dem notwendigen Trockenverfahren, so daß, wie bei der Verteerungszahl bereits ausgeführt wurde, von dem im gebrauchfertigen Transformator oder Apparat befindlichen Öle nicht mehr dieselben Eigenschaften wie von neuem Öl verlangt werden können. Es dürfte sehr schwer sein, zu allgemein anerkannten Vorschriften über die Beschaffenheit dieser Öle zu kommen, da die Eigenschaften bei der verschiedenartigen Behandlung, der sie ausgesetzt sind, stark schwanken. Als Angaben, die das Öl eines unter normalen Umständen getrockneten Transformators oder Apparates aufweisen soll, können etwa gelten: Säurezahl unter 0,2, Teerzahl (Kißling) unter 0,2. Unter schwierigen Umständen, wenn z. B. der Transformator am Aufstellungsort getrocknet wird, oder bei manchen Sonderkonstruktionen lassen sich aber diese Zahlen nicht einhalten.

Im Gebrauch verändern sich die Öle. Der Verderber ist der Sauerstoff, mehrere der im Transformator oder Apparat vorhandenen Werkstoffe üben beschleunigende Wirkung aus; in erster Linie sind das die Metalle Kupfer und Eisen. Auch das elektrische Feld scheint nach Versuchen von Andersen unter Umständen einen Einfluß auf das Öl auszuüben.

Auf die Theorien über die Oxydationsvorgänge soll hier nicht eingegangen werden; wir wissen nur sehr wenig darüber, was für chemische Vorgänge sich bei der Verschlechterung der Öle abspielen. Für denjenigen, der sich damit näher beschäftigen will, sei insbesondere auf die wertvollen Arbeiten von Frank verwiesen[3]).

Als wichtige Schutzmaßnahme für die Erhaltung des Öles ist bei Transformatoren die Anbringung eines Ausdehnungsgefäßes anzusehen, wodurch die unmittelbare Berührung des heißen Öles mit der Luft vermieden wird.

Daneben wird durch Anstrich und Bebändern der Metalle und andre Maßnahmen, wie das Einleiten von Stickstoff in das Öl, eine Verlängerung der Lebensdauer der Öle erreicht. Aber trotz aller Schutzmaßnahmen lassen sich die Veränderungen der Öle niemals ganz verhindern, und das Öl wird im Laufe der Jahre so schlecht, daß es ausgewechselt werden muß. Am einfachsten läßt sich die Notwendigkeit der Auswechslung des Öles an der Säurezahl erkennen; Öle in im Betriebe befindlichen Transformatoren und Schaltern sollten bei Überschreitung der Säurezahl von 1,4 nicht mehr weiter verwendet werden; wenn der Transformator oder Apparat aus irgendeinem Grunde außer Betrieb gesetzt ist, sollte man das Öl schon bei der Säurezahl über 1 erneuern. Die physikalischen Eigenschaften: Zähflüssigkeit, spezifisches Gewicht, Flammpunkt, Stockpunkt, verändern sich im Gebrauche nicht sehr stark (allenfalls kann dies noch bei der Zähigkeit der Fall sein), so daß, wenn die Sicherheit besteht, daß kein ungeeignetes Öl nachgefüllt worden ist, auf die Prüfung dieser Eigenschaften zur Beurteilung der weiteren Brauchbarkeit des Öles, solange die Säurezahl nicht zu hoch geworden ist, verzichtet werden kann.

Die Teerzahl — die Verteerungszahl darf selbstverständlich von gebrauchtem Öl überhaupt nicht bestimmt werden — hat deshalb nicht viel Wert zur Beurteilung eines gebrauchten Öles, weil sich fast regelmäßig Schlammstoffe aus der Kißlingschen Lauge ausscheiden und dadurch die Veränderungsstoffe nicht vollständig erfaßt werden.

Die von Baum[4]) und Baader vorgeschlagene Schwefelsäureprüfung muß nach den im chemischen Laboratorium der AEG-Transformatorenfabrik angestellten Versuchen als zur Beurteilung der Brauchbarkeit von Ölen (auch neuen) ungeeignet bezeichnet werden.

Einerseits hat es sich gezeigt, daß gerade die Öle, die neu die geringste oder gar keine Schwefelsäurereaktion zeigten, während des Gebrauches am meisten schwefelsäurelösliche Stoffe bildeten, anderseits gibt es Öle, die sich beim Gebrauche sehr gut bewährt haben, die aber neu noch stark mit Schwefelsäure reagieren. Tatsächlich dürfen niemals alle schwefelsäurelöslichen Stoffe bei der Aufbereitung eines Öles zu Isolieröl aus dem Öl entfernt werden, die Menge dieser Stoffe ist aber je nach Ursprung des Öles sehr verschieden[5]).

Natürlich ist neben der Säurezahl die Bestimmung der Durchschlagfestigkeit des Öles wichtig; insofern spielt aber dabei der Grad der Veränderung des Öles keine Rolle, als auch sehr weitgehend veränderte Öle, wenn sie sorgfältig von mechanischen Verunreinigungen befreit und getrocknet werden, gute Durchschlagfestigkeiten aufweisen[6]).

Die unbrauchbaren Transformatoren- und Schalteröle können wieder aufbereitet werden. Es scheint angezeigt, an dieser Stelle klarzustellen, was man eigentlich unter einer „Wiederaufbereitung" von Ölen zu verstehen hat.

Bei der Aufbereitung (Raffinierung) eines Rohöles wird das Öl durch chemische oder adsorptive Mittel, die ihm die gelösten schädlichen Stoffe entziehen, für den jeweiligen Verwendungszweck gebrauchfertig gemacht. Bei einem Isolieröl kommt es vor allem dabei darauf an, es gegen Oxydation beständig zu machen, um es vor Versäuerung und Verschlammung zu schützen. Selbst durch sorgfältigstes einfaches Filtern oder Schleudern könnte dies nicht erreicht werden. Gelöste Stoffe lassen sich auf diese Weise — wenigstens im Betriebe nicht, beim wissenschaftlichen Kleinversuch ist dies teilweise möglich — ausscheiden. Man muß das Öl mit Säure und Lauge (chemisch) oder mit Bleicherde (adsorptiv) behandeln.

Ist ein Isolieröl längere Zeit im Gebrauch, so steigt auch seine Neigung zur Versäuerung und Schlammbildung. Durch Filtern oder Schleudern kann man ein solches Öl wohl von Schmutz, Schlamm und auch von suspendiertem Wasser befreien (beim Filtern auch durch die adsorptive Wirkung des Filterpapieres für Wasser von gelöster Feuchtigkeit), nie aber kann man auf diese Weise die Säurezahl herabsetzen oder gar eine Erhöhung dieser Zahl bei weiterem Betriebe verhindern. Und ebenso setzt auch die Schlammbildung in gleicher Stärke wie vorher ein. Schleudern und Filtern allein sind also lediglich Reinigungs- und Trocknungsarten, die die chemischen Eigenschaften der Öle in keiner Weise verändern. Es ist also irreführend, wenn sie zur Wiederaufbereitung von Ölen empfohlen werden.

Von einer Wiederaufbereitung von Altölen kann erst dann gesprochen werden, wenn sie auch chemisch wieder neuwertig gemacht werden. Und das ist nur mit den gleichen Mitteln wie bei der Aufbereitung von Rohölen möglich.

Eine genauere Beschreibung der Verfahren würde hier zu weit führen, deshalb seien nur einige kurze Angaben über die Art und Wirkung der verschiedenen, praktisch ausgeführten Verfahren gemacht. Das Bleicherdeverfahren eignet sich vorzugsweise nur für noch nicht weitgehend veränderte Öle. Bei stark sauren Ölen werden, um ein einigermaßen säurefreies wiederaufbereitetes Öl zu erhalten, sehr große Bleicherdemengen gebraucht. Abgesehen davon ist das Ergebnis nur in seltenen Fällen befriedigend, die Öle neigen noch zu stark zu Veränderungen.

Erheblich wirksamer ist die Raffination mit Schwefelsäure und darauffolgender Behandlung mit Bleicherde. Auch bei stark sauren Ölen lassen sich damit gute Erfolge erreichen; allerdings sei nicht verschwiegen, daß es auch Öle gibt, bei denen so große Schwefelsäuremengen notwendig sind, daß das wiederaufbereitete Öl Übersäuerungserscheinungen zeigt, d. h. bei der Oxydation versäuert oder verschlammt. Am sichersten und einwandfreisten ist die zufriedenstellende Reinigung der gebrauchten Öle mit Lauge, Schwefelsäure und Bleicherde zu erreichen; es hat sich in der Anlage der AEG-Transformatorenfabrik gezeigt, daß sich alle aus Erdöl hergestellten Öle gut reinigen ließen. Auch bei Ölen, die mit Teeröl vermischt waren, war das Ergebnis nicht schlecht.

[2]) ETZ a. a. O.
[3]) „Petroleum" Bd. 17 (1922) S. 568; „Braunkohle" Bd. 23 (1924) Heft 27.
[4]) Z. f. angew. Chemie Bd. 39 (1926) S. 474.
[5]) „Erdöl und Teer" Bd. 2 (1926) S. 451, 731.
[6]) ETZ Bd. 45 (1924) S. 1052; „Petroleum" Bd. 19 (1924) S. 1428.



nur liegt natürlich die Verteerungszahl, entsprechend der geringeren Beständigkeit der Teeröle höher[7]).

Die Anforderungen, die an wiederaufbereitete Öle gestellt werden müssen, sind naturgemäß etwas geringer, als bei neuem Öl, weil sich bei den verhältnismäßig geringen Mengen von wechselnder Beschaffenheit nicht die Gleichmäßigkeit wie bei den großen Mengen gleichbleibenden Öls in den Mineralraffinerien erreichen läßt. Es können folgende Zahlen gelten: Säurezahl unter 0,1, Aschegehalt unter 0,05 vH, Verteerungszahl unter 0,2 vH.

Eine Säurezahl von 0,2 und eine Verteerungszahl von 0,3 sind aber auch noch ausreichend; es gibt noch Öle aus wenig geeigneten Rohstoffen, die sich entweder gar nicht oder nur unter sehr großen Verlusten auf eine niedrigere Verteerungszahl bringen lassen.

Kabelisolieröle sind meist reine Mineralöle oder solche in Mischung mit Harzen oder ähnlichen Stoffen. Die Öle entsprechen im allgemeinen in ihren Eigenschaften den Zylinderölen, insbesondere den Heißdampfzylinderölen. Bei ihren elektrischen Eigenschaften kommt es ebenso sehr auf die elektrische Leitfähigkeit und die dielektrischen Verluste, als auf die Durchschlagfestigkeit an.

Die Leitfähigkeit von Kabelisolierröhren hat Schering[8]) untersucht. Betreffs des von ihm verwandten Prüfgerätes muß auf die Veröffentlichungen verwiesen werden. Auch Holde[9]) macht nähere Angaben über die Leitfähigkeit und ihre Messung. Die dielektrischen Verluste hat Dr. K. W. Birnbaum[10]) eingehend bearbeitet[11]).

Allgemein anerkannte Lieferbedingungen für Kabelisolieröle bestehen noch nicht. Derartige Öle werden auch zur Füllung verschiedener Sorten von Isolatoren verwandt. Mehr über diese Öle zu sagen, erübrigt sich, weil sie ja nur als Füllstoffe für Kabel und Isolatoren, als selbständige Werkstoffe aber dem Verbraucher selbst nie geliefert werden.

Öle als Schmiermittel

Die Turbinenöle werden durchaus nicht ausschließlich in der Elektrotechnik benutzt; da aber ihre Verwendung in Turbinen zur Erzeugung von elektrischem Strom sehr groß ist, müssen doch einige Worte darüber gesagt werden. Die Schmierung neuzeitlicher Dampfturbinen ist eine Umlaufschmierung, das Öl ist in seinem Kreislaufe dem Einfluß von Luft und Dampf ausgesetzt, und es zeigen sich im Gebrauch ähnliche Veränderungserscheinungen wie bei Transformatoren- und Schalterölen[12]). In den Richtlinien für den Einkauf und die Prüfung von Schmiermitteln[13]) sind für Dampfturbinenöle folgende Bedingungen angegeben:

Spez. Gewicht bei 20° nicht über 0,930,
Flammpunkt nicht unter 180 °C,
Stockpunkt nicht über + 5° (im Winter 0 bis — 5 °C zu empfehlen),
Viskosität bei 50 °C 2,5 bis 4,0 (Getriebeturbinen 6 bis 8),
Säurezahl nicht über 0,2,
Asphaltgehalt 0,
Verteerungszahl nicht über 0,3 vH,
Aschengehalt höchstens 0,01 vH,
Emulgierungsprobe: darf nicht emulgieren,
Gehalt an pflanzlichen und tierischen Ölen und Fetten: muß völlig reines unvermischtes Raffinat sein,
Gehalt an mechanischen Beimengungen usw.: muß völlig frei von mechanischen Beimengungen jeder Art und bei 20 °C völlig klar sein.

Zum spezifischen Gewicht, Flammpunkt und Stockpunkt ist nichts zu sagen; bei Getriebeturbinen wird deshalb ein Öl von hoher Zähigkeit verwendet, weil die normalen Turbinenöle für die in den Zahnradübersetzungen auftretenden hohen Drücke zu dünnflüssig sind. Sonst haben dünnflüssigere Öle gegenüber zähflüssigeren den Vorteil, daß das Wasser sich schneller aus dem Öl ausscheidet und auch geringere Reibungsverluste entstehen. Die Säurezahl muß bei Turbinenöl niedrig sein, auch darf das Öl keinen Hartasphaltgehalt haben. Die Bestimmung der Verteerungszahl hat den Zweck, festzustellen, ob das Öl die notwendige Widerstandfähigkeit hat, sie wird in gleicher Weise ausgeführt, wie bei Transformatoren- und Schalterölen. Bei der Bestimmung des Aschengehaltes ist es zu empfehlen, den kohligen Rückstand, den man nach dem Abschwelen des Öles erhält, stets mit destilliertem Wasser auszuziehen, bevor verascht wird, damit ein etwaiger Natronseifengehalt, der bei schlechtem Auswaschen bei der Raffination im Öl verbleiben kann, mit Sicherheit erkannt wird.

Außerordentlich wichtig ist die Emulgierungsprüfung, da im Betrieb Öle, die sich nicht glatt vom Wasser trennen, zu Störungen Anlaß geben. Ein gutes Öl soll sich glatt vom Wasser trennen, höchstens ein dünnes Häutchen an der Trennungsfläche zeigen. Die Ausführung der Emulgierungsprüfung ist in den Richtlinien beschrieben. Ein Dampfturbinenöl darf nicht mit pflanzlichen oder tierischen Ölen und Fetten versetzt und muß frei von mechanischen Beimengungen sein.

Wie schon oben gesagt, verschlechtern sich die Turbinenöle im Gebrauch. Viskosität, Säure und Teerzahl nehmen zu, und das Öl neigt zum Emulgieren (Vermilchen) infolge Bildung von Seifen. Über die zulässige Veränderung des Öles hinsichtlich Zähigkeit, Säurezahl, Teerzahl, Aschengehalt usw. scheinen bisher wenig nähere Feststellungen gemacht worden zu sein; das Öl muß ausgewechselt werden, wenn seine Emulgierungsneigung zu groß wird.

Auch in den Turbinen werden große Mengen von Ölen unbrauchbar, so daß auch hier die Frage der Wiederaufbereitung der gebrauchten Öle sehr wichtig ist. Bei gebrauchten Turbinenölen dürfte sich in noch weniger Fällen als bei Transformatoren- und Schalterölen mit Bleicherde allein eine befriedigende Reinigung erreichen lassen, da es hier besonders wichtig ist, daß das wieder aufbereitete Öl völlig seifenfrei ist, damit es nicht vermilcht. Zumindest sollte man, wenn man schon gebrauchtes Turbinenöl nur mit Bleicherde behandeln will, aktivierte Erden, die eine schwach saure Reaktion zeigen, verwenden, damit die Neubildung von Seifen mit Sicherheit vermieden wird.

Mittels eines regelrechten Raffinationsverfahrens ist es aber möglich, gebrauchtes Turbinenöl wieder so zu reinigen, daß es wieder höchsten Anforderungen entspricht. Die praktischen Erfahrungen in der Wiederaufbereitungsanlage der AEG-Transformatorenfabrik haben gezeigt, daß bei sorgfältigem Arbeiten keinerlei Schwierigkeiten bestehen, aus einem gebrauchten Turbinenöl wieder ein Öl, das nicht vermilcht und gute Verteerungszahl zeigt, herzustellen. Bisher sind anscheinend noch verhältnismäßig selten unbrauchbar gewordene Turbinenöle wieder aufbereitet worden; es können bestimmt durch die Aufbereitung wesentliche Ersparnisse erreicht werden.

Die Prüfung der wieder aufbereiteten Turbinenöle muß sich auf Säurezahl, Verteerungszahl und Emulgierungsprüfung erstrecken. Es können im allgemeinen von einem wiederaufbereiteten Turbinenöl dieselben Werte und Eigenschaften, wie sie bei neuem Öl angeführt worden sind, verlangt werden.

Elektromotoren- und Dynamoöle. Bei Elektromotoren und Dynamomaschinen sind oft schnelllaufende dabei stark belastete Lager zu schmieren. Für ganz besonders sorgfältige Schmierung der Lager ist deshalb Sorge zu tragen, weil durch Abnutzung der Lager eine Senkung der Welle und damit des Ankers eintritt. Dadurch kann es vorkommen, daß der Anker oder das Polrad in der Bohrung des ruhenden Maschinengestelles schleift und sehr kostspielige Ausbesserungen erforderlich werden.

---

[7]) Aus dem Schrifttum über die Wiederaufbereitung sei genannt: v. d. Heyden und Typke, „Elektrizitätswirtschaft" Bd. 25 (1926) S. 149; Bd. 26 (1927) S. 319; „Erdöl und Teer" Bd. 1 (1925) Heft 28, Bd. 2 (1926) S. 139: Z. Bd. 70 (1926) S. 401; Typke, „Seifensiederzeitung" Bd. 53 (1926) S. 803 u. f., „Erdöl und Teer" Bd. 3 (1927) S. 282 u. f.; Evers „Z. f. angew. Chemie" Bd. 38 (1925) S. 661; Wischin, „Allgemeine Oel- und Fett-Ztg." Bd. 23 (1926) S. 487, 512; Z. Bd. 71 (1927) S. 102; „Chem. Ztg." Bd. 51 (1927) S. 181; Baum, „Allg. Oel- und Fett-Zeitung" Bd. 24 (1927) S. 108; Hana, „Elektrizitätswirtschaft" Bd. 25 (1926) S. 251, Bd. 26 (1927) S. 321; Hornstein, „Seifensiederzeitung" Bd. 53 (1926) S. 910; Schendell, „Elektrizitätswirtschaft" Bd. 26 (1927) S. 327; Förster, „Elektrizitätswirtschaft" Bd. 26 (1927) S. 318 u. a.

[8]) Z. f. Instrumentenkunde Bd. 40 (1920) S. 124; Schering, Die Isolierstoffe, Berlin 1924, S. 369; Vergl. auch Eichwald, Mineralöle, Dresden 1925, S. 137.

[9]) Holde, Kohlenwasserstofföle und Fette, 6. Aufl., Berlin 1924, S. 66 u. f. [10]) ETZ Bd. 45 (1924) S. 229.

[11]) Als weiteres Schrifttum über Kabelisolieröle seien genannt: C. J. Beaver, Insulated electric cables, und W. A. Delmar, Electric cables. [12]) Frank a. a. O. [13]) 4. Aufl., Düsseldorf, Verlag Stahleisen.

Die in den Richtlinien für den Einkauf und die Prüfung von Schmierölen (4. Aufl.) für diese Öle angegebenen Bedingungen sind:

Art: Raffinat oder Destillat

Spez. Gewicht bei 20 °	unter 0,950 bei schwer belasteten Lagern unter 0,965
Flammpunkt	nicht unter 160 °
Stockpunkt	+ 5, im Winter mindestens — 5 °C
Viskosität	2,5 bis 6 bei 50 °C, bei schwerbelasteten Lagern höher
Säurezahl	Raffinate: nicht über 0,14 Destillate: nicht über 0,5
Asphaltgehalt	Raffinate: 0 Destillate: nicht über 0,05 vH Hartasphalt
Wassergehalt	nicht über 0,05 vH
Aschengehalt	nicht über 0,01 vH

Gehalt an Braun- und Steinkohlenteerölen 0.

Die Anforderungen sind also hinsichtlich Säurezahl, Asphalt- und Aschengehalt schärfer, als die an gewöhnliche Lagerschmieröle gestellten. Dies hat seine vollständige Berechtigung in der Art der Beanspruchung der Öle. Insbesondere trifft dies für die Lagerkonstruktionen zu, in denen das Öl sehr lange verbleibt, ehe es erneuert wird. Auf die Art der Lagerkonstruktionen und die dadurch bedingten feineren Unterschiede in der Ölverwendung einzugehen, würde hier zu weit führen.

Zähleröle. Ein Anwendungsgebiet, in dem zwar keine großen Ölmengen gebraucht werden, das aber trotzdem in seiner Wichtigkeit nicht unterschätzt werden darf, ist das der Zähleröle[14]). Es besteht das Problem, bei den Elektrizitäts-Motorzählern die senkrecht stehende Achse so zu schmieren, daß nicht nur durch Verminderung der Lagerreibung bei gleichbleibender Belastung ein gleichmäßiger Gang des Zählers gewährleistet wird, sondern auch bei verschiedenen Drehmomenten die Proportionalität zwischen Stromleistung und Umdrehungsgeschwindigkeit praktisch nicht beeinflußt wird. Die Elektrizitäts-Motorzähler haben zwei Lager (Ober- und Unterlager) zur Aufnahme des umlaufenden Ankers, dessen Umdrehungen auf das Zählwerk übertragen werden. Der genaue Gang des Zählers hängt im wesentlichen von der einwandfreien Beschaffenheit der Lager, insbesondere des Unterlagers, ab. Bei manchen Zählern laufen die Lager trocken, bei andern werden die reibenden Teile mit Vaselin eingefettet, oder mit einem Ölhauch überzogen. Außerdem gibt es Konstruktionen, bei denen die reibenden Teile in einem Ölbade laufen; zu diesen gehören die AEG-Zähler. Bei dem AEG-Zähler enthält das Unterlager einen Saphir, auf dem eine Kugel aus härtestem Stahl läuft. Zwischen Stein und Stahlkugel befindet sich stets ein Ölfilm, der verhindert, daß unmittelbar Stein auf Stahl reibt.

Nach den von Holde und Schachenmaier angestellten Versuchen darf die Viskosität des Öles sich während der ganzen Betriebsdauer nur innerhalb solcher Grenzen bewegen, daß keine unzulässige Änderung der Umdrehungsgeschwindigkeit eintritt; die Zähigkeit von 20 Englergraden darf bei keiner Gebrauchstemperatur überschritten werden. Über die zulässige Verdampfbarkeit und Verharzung des Öles ist noch nichts Näheres bekannt; bei fetten Ölen läßt sich die Gefahr des Ranzigwerdens während der langen Betriebsdauer nicht immer genügend ausschalten. Die bisherigen Erfahrungen sprechen mehr für Mineralöle. Die Öle dürfen selbstverständlich keine Stoffe, die die Lager angreifen könnten, wie freie Säure, Hartasphalt, mechanische Verunreinigungen, enthalten. Wesentlichen Einfluß auf die Brauchbarkeit eines Zähleröles haben die Oberflächen-Spannungsverhältnisse. Einerseits muß Lagerzapfen (Stahlkugel) und Lagerfläche (Saphir) gut benetzt sein, anderseits darf das Öl nicht die Neigung haben, wegen zu geringer Oberflächenspannung zwischen Lagermetall oder Achsmetall aus dem Lager zu kriechen. Ob hier durch geeignete Ölauswahl allein alle Forderungen erfüllt werden können, oder außerdem entsprechende Konstruktionswerkstoffe ausgewählt werden müssen, bleibe dahingestellt.

Schlußbetrachtung

Der Rahmen dieses Aufsatzes erlaubt nur einen Überblick aber keine erschöpfende Behandlung des Stoffes zu geben. Darum sei noch kurz ein Ausblick auf die noch zu leistenden Arbeiten gestattet. Das I. E. C.[15]) ist bemüht, für Transformatoren- und Schalteröle zu international anerkannten Prüfbedingungen zu kommen. Mit Hinsicht auf den Überseehandel wäre dies sehr erwünscht, obschon ein Öl, das den neuesten Prüfbedingungen des VDE entspricht, bereits ziemlich das beste darstellt, was man in Transformatoren und Schalter füllen kann. Ebenso dürften die Prüfbedingungen für Schmieröle, insbesondere Turbinenöle, durchaus den Bedürfnissen des Betriebes entsprechen.

Was aber, besonders im Hinblick auf Deutschlands Notlage, unbedingt weiter ausgebaut werden muß, ist die Art, wie man die verbrauchten Isolier- und Schmieröle immer wieder erneuert dem Betriebe zuführen kann, um uns so vom Auslande wieder etwas unabhängiger zu machen. Was der wirklichen Wiederaufbereitung noch hemmend im Wege steht, sind die hohen Frachtkosten. Nur mehrere über ganz Deutschland verteilte Anlagen könnten hier Abhilfe schaffen. [B 716]

[14]) Holde und Schachenmaier „Petroleum" Bd. 21 (1926) S. 161.

[15]) International Electric Comittee.

Versuche mit der Maier-Schiffsform

In der Hamburgischen Schiffbauversuchsanstalt hat man eingehende Versuche mit der sogenannten Maier-Schiffsform durchgeführt. Diese Schiffsform ist vor etwa 20 Jahren von dem österreichischen Ingenieur Maier, Wien, durchgebildet worden; sie zeichnet sich durch eine besondere Form der Spantquerschnitte im Vor- und Hinterschiff aus, die so gestaltet sind, daß die Schwerpunkte der halben Spantflächen auf einer möglichst flach gekrümmten Linie liegen. Dabei ist besonders der untere Teil des Spantquerschnittes dreieckförmig weggeschnitten. Hierdurch ergibt sich eine Verkürzung des Weges des am Schiffskörper entlangströmenden Wassers und im Zusammenhang damit eine Verringerung der Reibung und der Wirbelbildung.

Bei eingehenden Versuchen in der Hamburgischen Schiffbauversuchsanstalt, die im Auftrage der Deutschen Schiffs- und Maschinenbau-A.-G. durchgeführt wurden, ergab sich für einen Fischdampfer mit 573 m³ Wasserverdrängung und 10 Kn Geschwindigkeit eine Verringerung der Antriebleistung um 19 vH. Bei einem kleinen Fahrgastschiff von etwa 300 t Verdrängung und 22 Kn Geschwindigkeit wurde die Antriebleistung um 25 vH verringert. Ein kleiner Frachtdampfer von etwa 4500 t Verdrängung und 10 Kn Geschwindigkeit sowie ein großer Frachtdampfer von 18 300 t Verdrängung und 14 Kn Geschwindigkeit zeigten Ersparnisse von 16,67 und 15,5 vH. Bei einem großen Schnelldampfer von 16 500 t Verdrängung und 27 Kn Geschwindigkeit wurde bei den Versuchen eine Verringerung der Antriebleistung um 11 vH festgestellt.

Die Vergleichschiffe hatten in allen Fällen gute normale Form. Mit der neuen Schiffsform wurden weiter Versuche im Wellengang gemacht, wobei sich zeigte, daß die Maier-Schiffsform im Vergleich zu Modellen mit normaler Form wesentlich ruhiger lag und bei hoher Geschwindigkeit kein Wasser auf das Vorschiff nahm.

Die Deutsche Schiffs- und Maschinenbau-A.-G. beabsichtigt, die im Bau befindlichen Schiffe dieser neuen Form mit Maschinenanlagen der Bauart Bauer-Wach anzutreiben zu lassen, bei der der Abdampf der Kolbenmaschinen in angehängte Abdampfturbinen geleitet wird. Die Ergebnisse der bisherigen Erfahrungen mit diesen Maschinenanlagen haben gezeigt, daß sich durch die Verwendung des Abdampfes und der Abdampfturbine bei gleichem Brennstoffverbrauch eine Erhöhung der Leistung der Maschine um 25 vH erzielen läßt und daß bei gleichbleibender Leistung eine Verringerung des Brennstoffverbrauches um 20 vH möglich ist. [N 819] C.

Wärmeschutz durch Aluminiumfolie

Von Prof. Dr.-Ing. Ernst Schmidt, Danzig-Langfuhr

Es wird ein neues Wärmeisolierverfahren, die „Alfol"-Isolierung beschrieben, bei dem dünne Aluminiumfolie mit Luftzwischenräumen in mehrfachen Lagen um den zu isolierenden Körper angeordnet ist. Die Versuchsergebnisse zeigen, daß auf diese Weise wesentlich günstigere Wärmeleitzahlen erreicht werden als mit irgend einem bisher bekannten Verfahren. Zusätzliche Wärmeverluste durch Wärmespeicherung bei unterbrochenem Betriebe treten fast nicht auf, da das Gewicht sehr gering ist. Praktische Ausführungen beweisen die hohe Wirtschaftlichkeit der neuen Isolierung

Theoretische und experimentelle Unterlagen für den Wärmedurchgang durch Luftschichten

Die Wirkungsweise fast aller Wärmeschutzstoffe beruht auf dem geringen Wärmeleitvermögen der in ihren Poren enthaltenen Luft. Alle dichten festen Körper sind verhältnismäßig gute Wärmeleiter; daher nimmt im allgemeinen die Güte eines Isolierstoffes mit wachsendem Porenvolumen, also mit abnehmendem Raumgewicht zu. Die Wärmeleitzahl der ruhenden Luft, die mit wachsender Temperatur ansteigt, vergl. Zahlentafel 1, ist aber die von keinem andern Isolierstoff erreichbare untere Grenze der Isolierwirkung. Durch besondere Maßnahmen läßt sich allerdings die Wärmeleitzahl ruhender Luft noch unterschreiten, z. B. in weitgehend luftverdünnten Hohlräumen mit spiegelnden Wänden oder bei feinen Pulvern, deren Poren mit verdünnter Luft gefüllt sind. Der erste Gedanke ist bei der Thermosflasche verwirklicht, der zweite, von Smoluchowski herrührende, hat bisher keine technische Verwertung gefunden[1])[2]).

Zahlentafel 1
Wärmeleitzahl der ruhenden Luft

Temperatur °C	0	100	200	300	400	500
Wärmeleitzahl kcal/m h °C	0,0204	0,0259	0,0314	0,0361	0,0412	0,0453

Hoher Luftgehalt und damit niedriges Raumgewicht läßt sich am einfachsten durch große Poren erreichen oder noch leichter durch Auflösung des Isolierstoffes in eine Anzahl von Luftschichten, die nur von dünnen Scheidewänden begrenzt sind. Es zeigt sich aber, daß mit wachsender Porengröße und zunehmendem Abstand der Scheidewände die Wärmeübertragung nicht allein durch reine Wärmeleitung, sondern in wachsendem Maße durch Luftbewegung oder Konvektion und durch Wärmestrahlung erfolgt.

Im folgenden soll der zahlenmäßige Einfluß von Konvektion und Strahlung untersucht werden. Die wirkliche Wärmeleitzahl der ruhenden Luft sei λ. Die Wärmeleitzahl, die ein den Hohlraum ausfüllender fester Körper haben müßte, um ebenso viel Wärme fortzuleiten wie durch Konvektion allein, also ohne Mitrechnung der Wärmeleitung der ruhenden Luft übertragen wird, sei λ_k. In Wirklichkeit sind natürlich Wärmeleitung und Konvektion nicht so scharf getrennt; denn ohne diese ist jene nicht denkbar. Entsprechend sei λ_s die Wärmeleitzahl eines den Hohlraum ausfüllenden festen Körpers, der bei gleicher Temperatur der Begrenzungsflächen ebensoviel Wärme überträgt wie die Strahlung.

Die Summe dieser drei Wärmeleitzahlen ist die „wirksame" Wärmeleitzahl λ_w einer Luftschicht:

$$\lambda_w = \lambda + \lambda_k + \lambda_s \quad \ldots \ldots \ldots (1).$$

Wärmeübertragung durch Konvektion

Die Konvektion wird hervorgerufen durch den Gewichtunterschied der Luft an der kälteren und der wärmeren Seite des Hohlraumes; sie ist am stärksten bei einer wagerechten Wärmeströmung sowie bei Wärmeströmung von unten nach oben und verschwindet ganz in Luftschichten, die von oben nach unten von der Wärme durchströmt werden. Bei sehr dünnen Luftschichten — bis etwa 2 mm Schichtdicke — kann man die Konvektion vernachlässigen, da die Zähigkeit der Luft die Ausbildung von Strömungsbewegungen noch verhindert, mit wachsender Schichtdicke nimmt aber ihr Anteil an der Wärmeübertragung zu. Über die Größe dieser Zunahme liegen leider nur wenige Versuche vor. Nusselt[3]) gibt an, daß in senkrechten ebenen Luftschichten die Wärmeleitzahl der ruhenden Luft durch Konvektion

um $\lambda_k = 0{,}015$ kcal/m h °C bei 1,5 cm Luftschichtdicke,
„ $\lambda_k = 0{,}050$ „ „ „ „ 4 bis 10 cm „

erhöht wird.

Die Genauigkeit der Messungen, auf die sich diese Angaben stützen, ist nicht groß, da die Strahlungszahlen der die Luftschicht begrenzenden Oberflächen nicht genau bekannt waren. Besonders die zweite Angabe einer konstanten Wärmeleitzahl für Schichten von 4 bis 10 cm ist nur als Kennzeichnung der Größenordnung aufzufassen; denn eine gleichbleibende Wärmeleitzahl bei zunehmender Dicke der Luftschicht würde bedeuten, daß die durch Konvektion ausgetauschte Wärmemenge ebenso wie die durch Leitung übertragene der Dicke umgekehrt proportional wäre, während im Gegenteil zu erwarten ist, daß die durch Konvektion übertragene Wärme nahezu konstant bleibt, also die scheinbare Wärmeleitzahl λ_k etwa der Dicke proportional ist.

Um diese Verhältnisse zu klären, habe ich zusammen mit E. Hildenbrand im Forschungsheim für Wärmeschutz Versuche an senkrechten Luftschichten von 16 und 8 cm Dicke vorgenommen, bei denen die Wärmeübertragung genau in ihre Bestandteile zerlegt werden konnte. Die Messungen wurden mit dem großen Versuchshäuschen[4]) des Forschungsheims an Luftschichten von 1 m Breite, 1,5 m Höhe und 16 cm Dicke bei Mitteltemperaturen von 12 bis 15° ausgeführt. Die Luftschichten waren von dünnen Sperrholzplatten begrenzt, die auf der Innenseite mit blanker Aluminiumfolie beklebt waren und von einem Bretterrahmen von 16 cm Höhe gehalten wurden. Beim zweiten Versuch wurden durch Einspannen einer Folienschicht in die Mitte des Luftraumes zwei nacheinander von der Wärme durchströmte Luftschichten von je 8 cm Dicke hergestellt. Die Luftschichten waren außerdem bei beiden Versuchen durch zwei wagerechte Trennwände aus dünnem Papier nochmals unterteilt, so daß drei übereinander liegende Räume von 1 m Breite und 0,5 m Höhe entstanden. Die Strahlungszahl der Aluminiumfolie wurde von mir zu 6 vH der Strahlung des schwarzen Körpers bestimmt. Daraus und aus den gemessenen Temperaturen der Folie wurde λ_s berechnet. Durch Messung wurde ferner unmittelbar die wirksame Wärmeleitzahl λ_w der

Zahlentafel 2
Wärmeleitzahlen von senkrechten, ebenen, von blanken Aluminiumfolien begrenzten Luftschichten

Dicke der Luftschicht . . . . cm	8 + 8	16
Temperatur der warmen Begrenzung . °C	18	23
„ „ kalten „ . „	3,3	6,7
Mittlere Temperatur der Lufträume . „	10,7	14,9
Wirksame Wärmeleitzahl λ_w kcal/m h °C	0,112	0,290
Scheinbare Wärmeleitzahl der Strahlung λ_s . . . . . . „	0,0113	0,0228
Wahre Wärmeleitzahl der ruhenden Luft λ . . . . . „	0,0210	0,0210
Scheinbare Wärmeleitzahl der Konvektion λ_k . . . . . „	0,080	0,246

[1]) Vergl. M. v. Smoluchowski: „Über Wärmeleitung pulverförmiger Körper und ein hieraut gegründetes neues Wärme-Isolierungsverfahren". Bericht über den II. internationalen Kältekongreß Wien 1910, Bd. 2 S. 166. [2]) Vergl. Osc. Knoblauch: „Wärmedurchgang durch pulverförmige Körper in luftverdünntem Raume". Mitteilungen aus dem Forschungsheim für Wärmeschutz, München 1925, Heft 6.

[3]) Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, herausgegeben vom V. d. I. Heft 63 S. 72.

[4]) Wegen der Einzelheiten der Versuchseinrichtung vergl. E. Schmidt und A. Großmann, Untersuchungen über den Wärmeschutz von Baukonstruktionen, Mitteilungen aus dem Forschungsheim für Wärmeschutz, München 1924, Heft 4.

Luftschicht bestimmt. Mit der bekannten Wärmeleitzahl λ der ruhenden Luft ergab sich aus Gleichung (1) die der reinen Konvektion entsprechende scheinbare Wärmeleitzahl λ_k. Die in Zahlentafel 2 zusammengestellten Zahlen sind Mittelwerte aus je fünf Versuchen; die Genauigkeit beträgt etwa $\pm$ 2 vH. Die Strahlungszahl der Aluminiumfolie ist zwar nicht auf 2 vH genau, sie liegt aber sicher zwischen 5 und 7 vH der Strahlung des schwarzen Körpers; selbst weit größere Fehler sind auf das Endergebnis von geringem Einfluß, da der Konvektionsteil der Wärmeübertragung den Strahlungs- und Leitungsanteil weit übersteigt, vergl. Zahlentafel 2.

Ein weiterer Versuch wurde im Plattenapparat von Poensgen[5]) mit zwei wagerechten, hintereinander liegenden Luftschichten von $50 \times 50 \times 2{,}5$ cm³ ausgeführt, die von unten nach oben von der Wärme durchströmt wurden. Dabei waren zwei Heizplatten und Schutzringe übereinander, durch eine Isolierplatte getrennt, angeordnet, die auf gleiche Temperatur gebracht wurden, so daß der Wärmestrom durch die obere und die untere Versuchsplatte je für sich gemessen werden konnte. Eine solche Anordnung wurde zuerst von J. S. Cammerer benutzt. Der Unterschied der Wärmeleitzahlen der oberen und der unteren Versuchsplatte ist dann unmittelbar λ_k, da in der unteren, senkrecht von oben nach unten von der Wärme durchströmten Platte keine Konvektion auftritt. Für 10° Mitteltemperatur und 2,5 cm Dicke der Luftschicht ergab sich $\lambda_k = 0{,}015$. Diese Zahl ist allerdings nur auf etwa $\pm$ 6 vH genau; es ist auch zu beachten, daß bei senkrechter Lage der Luftschichten der Wert vermutlich etwas kleiner ist.

In Abb. 1 sind Nußelts Messung bei 1,5 cm Schichtdicke und die von mir ermittelten Wärmeleitzahlen der Konvektion in Abhängigkeit von der Schichtdicke eingezeichnet.

Weitere Versuchsergebnisse liegen bisher nicht vor. Der Verlauf des ausgezogenen Teiles der Linie (5 bis 17 cm Dicke der Luftschicht) ist aber ziemlich gesichert, im Nullpunkt muß sie, wie theoretische Überlegungen ergeben, eine wagerechte Tangente haben. Zwischen 0,5 und 5 cm Luftschichtdicke ist der Verlauf noch unsicher und möglicherweise nicht so glatt, wie die gestrichelte Linie angibt.

Die Versuche lassen zweifelsfrei erkennen, daß λ_k mit steigender Dicke der Luftschicht stark zunimmt und sich nicht etwa einem konstanten Grenzwert von 0,06 nähert, wie es Nußelt angibt und wie es auch Hencky[6]) seinen Kurventafeln für die Berechnung des Wärmedurchganges durch senkrechte Luftschichten zugrundelegt. Bei 15 cm Dicke der Luftschicht ist z. B. auf Grund meiner Messungen der Konvektionsanteil etwa viermal so groß wie nach Hencky.

Bei Luftschichten zwischen wagerechten Zylinderschalen, wie sie bei der Isolierung von Rohrleitungen vorkommen, ist die Wirkung der Konvektion geringer, da auf einem Teil des Umfanges die Wärme nahezu von oben nach unten strömt. Nach meiner Schätzung dürfte man für solche Fälle etwa mit zwei Drittel der aus Abb. 1 ersichtlichen Werte rechnen.

Über den Einfluß der Temperatur auf den Konvektionsvorgang liegen keine Versuchsergebnisse vor. Begünstigend auf die Wärmeübertragung durch Konvektion wirkt die mit der Temperatur steigende Wärmeleitzahl und spezifische Wärme der Luft; hemmend dagegen die wachsende Zähigkeit und die geringere Dichte; denn mit abnehmender Dichte werden auch die wirksamen Auftriebkräfte bei dem gleichen Temperaturunterschied geringer. Da diese Einflüsse einander entgegenwirken, so wird die Wärmeübertragung durch Konvektion wohl nur wenig von der Temperatur beeinflußt.

Wärmeübertragung durch Strahlung

Die scheinbare Wärmeleitzahl der Strahlung λ_s hängt vom Stoff und der Oberflächenbeschaffenheit der Trennwände ab und wächst mit steigender Temperatur. Die Strahlung aller technisch in Frage kommenden nichtmetallischen Oberflächen, insbesondere von Papier, Holz,

[5]) Vergl. E. Poensgen, „Ein technisches Verfahren zur Ermittlung der Wärmeleitfähigkeit plattenförmiger Stoffe". Z. Bd. 56 (1912) S. 1653.

[6]) K. Hencky, Die Wärmeverluste durch ebene Wände, München 1921, S. 122.

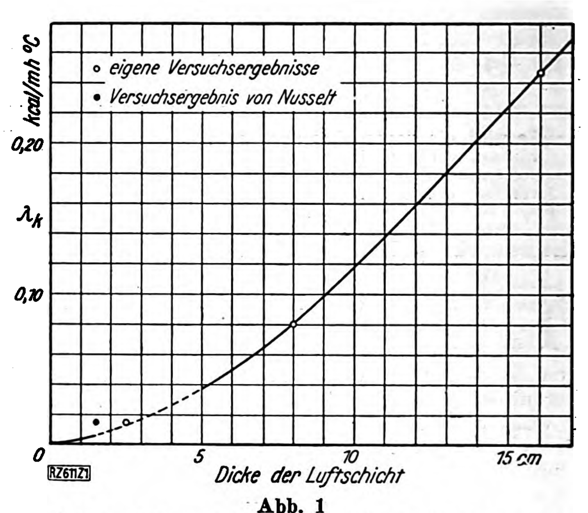


Abb. 1
Scheinbare Wärmeleitzahl der Konvektion in senkrechten Luftschichten in Abhängigkeit von ihrer Dicke

Gips, Quarz, Ton, Porzellan, Glas usw. liegt zwischen 0,85 und 0,95 C_s, wobei C_s die Strahlungszahl des schwarzen Körpers ist.

Niedrige Strahlungszahlen zwischen etwa 0,04 und 0,15 C_s treten nur bei blanken Metalloberflächen auf. Durch Oxydüberzüge wächst die Strahlung der Metalle stark an und erreicht bei dickeren Oxydschichten 0,60 bis 0,80 C_s. Die Strahlung der normalen Oxydhaut des Gußeisens beträgt z. B. etwa 0,80 C_s, die der Walzhaut des Flußeisens etwa 0,65 C_s. Auch durch Aufrauhen der Oberfläche wird die Strahlung der Metalle erhöht: blankes abgeschmirgeltes Eisenblech strahlt z. B. mit etwa 0,25 C_s, abgedrehtes Gußeisen mit 0,44 C_s [7]). Eine besonders niedrige Strahlungszahl von 0,052 C_s, die nur von poliertem Kupfer und Silber mit 0,04 C_s unterschritten wird, fand ich bei poliertem Aluminium. Kupfer und Silber scheiden aber nicht nur des Preises wegen für wärmeschutztechnische Anwendungen aus, sondern auch, weil sie sich in der Luft mit Oxyden oder Schwefelverbindungen überziehen, die das Strahlungsvermögen im Laufe der Zeit auf mehr als das Zehnfache erhöhen. Bei Aluminium tritt zwar auch ein dünner Oxydüberzug auf, der das Metall vor weiteren Angriffen schützt, die Versuche haben aber gezeigt, daß diese Schicht auf die Wärmestrahlung keinen wesentlichen Einfluß hat; die oben genannte Strahlungszahl des Aluminiums bezieht sich schon auf Oberflächen mit einer solchen Oxydhaut. Auch bei rohem handelsüblichem, jahrelang gelagertem Aluminiumblech erreicht die Strahlungszahl nur etwa 0,07 C_s.

Die angegebenen Strahlungszahlen gelten für Oberflächentemperaturen von etwa 30°. Mit steigender Temperatur bleiben die Strahlungszahlen nichtmetallischer Oberflächen ziemlich unverändert, während sie bei den blanken Metallen ansteigen. Bei 100° kann man bei rohem Aluminiumblech etwa mit 0,08 C_s, bei 200° mit 0,09 C_s rechnen; bei poliertem Aluminium sind die entsprechenden Werte 0,06 und 0,07 C_s.

Bei bekannten Strahlungszahlen läßt sich die Wärmeübertragung durch Strahlung in einer ebenen Luftschicht nach der Gleichung berechnen:

$$W_s = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_s}} \left[\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4 \right] \quad . \; . \; . \; (2).$$

Darin bedeuten:

W_s die zwischen den beiden Begrenzungswänden des Hohlraumes durch Strahlung ausgetauschte Wärmemenge in kcal/m²h,
T_1 und T_2 die absoluten Temperaturen in Grad,
C_1 und C_2 die Strahlungszahlen der beiden Oberflächen in kcal/m²h Grad⁴ und
$C_s = 4{,}96$ kcal/m²h Grad⁴ die Strahlungszahl des schwarzen Körpers.

[7]) Weitere Strahlungszahlen vergl. E. Schmidt, Wärmestrahlung technischer Oberflächen bei gewöhnlicher Temperatur. München 1927.



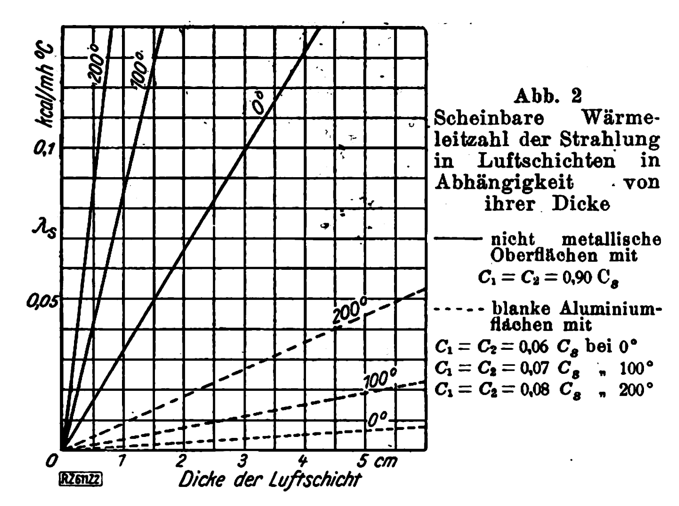


Abb. 2
Scheinbare Wärmeleitzahl der Strahlung in Luftschichten in Abhängigkeit von ihrer Dicke

—— nicht metallische Oberflächen mit $C_1 = C_2 = 0{,}90\ C_s$

- - - - blanke Aluminiumflächen mit
$C_1 = C_2 = 0{,}06\ C_s$ bei 0°
$C_1 = C_2 = 0{,}07\ C_s$ „ 100°
$C_1 = C_2 = 0{,}08\ C_s$ „ 200°

Da wir für die Wärmeübertragung durch Strahlung die scheinbare Wärmeleitzahl λ_s eingeführt hatten, ist auch

$$W_s = \frac{\lambda_s}{\delta}\,(T_1 - T_2) \quad \ldots\ldots\ldots (3),$$

worin δ die Dicke der Luftschicht in m ist.

Aus Gleichung (2) und (3) ergibt sich dann

$$\lambda_s = \frac{\delta}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_s}} \cdot \frac{\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4}{T_1 - T_2} \quad \ldots\ldots (4).$$

Der zweite Faktor von Gleichung (4) hängt nur von der Temperatur ab[8]).

In Abb. 2 ist λ_s für kleine Temperaturunterschiede und für Mitteltemperaturen der beiden begrenzenden Oberflächen von 0°, 100° und 200° in Abhängigkeit von der Dicke der Luftschicht aufgetragen. Man erkennt, daß mit wachsender Dicke der Luftschicht die der Strahlung entsprechende Wärmeleitzahl bei Oberflächen hoher Strahlungszahl stark anwächst, so daß nur sehr dünne Luftschichten brauchbare Isolierwirkungen ergeben. Ganz anders liegen aber die Verhältnisse bei blanken Metallflächen. Hier erhält man bei 2 cm Dicke der Luftschicht die gleiche scheinbare Wärmeleitzahl wie im ersten Falle bei etwa 1 mm. Man erreicht also mit Luftschichten von 1 cm und mehr noch gute Wärmeschutzwirkungen, wenn man sie durch blanke Metalle begrenzt.

Die für den Wärmeschutz in Frage kommende wirksame Wärmeleitzahl λ_w ergibt sich durch Summierung der reinen Wärmeleitung, Konvektion und Strahlung nach der Gleichung (1) und kann unter Benutzung von Zahlentafel 1 sowie von Abb. 1 und 2 leicht ausgerechnet werden.

Aufbau und Anwendung der neuen Isolierung

Die ersten Versuche mit Luftschichten, die von blanken Metallblechen begrenzt sind, wurden von Péclet durchgeführt; er fand eine recht günstige Isolierwirkung, wenn auch die oben ermittelten Werte nicht erreicht wurden.

Der Pécletsche Gedanke hat aber praktisch keine Verwertung gefunden, da die Kosten der mehrfachen Blechmäntel im Vergleich zu pulverförmigen Isolierstoffen zu hoch waren und das Aufbringen der für jeden Rohrdurchmesser besonders anzufertigenden Schalen sehr umständlich war. Außerdem wurde die theoretisch zu erwartende Isolierwirkung in der Praxis nicht erreicht. Bei der wirklichen Ausführung sind nämlich die Blechmäntel nie als genau konzentrische Schalen ausgeführt; es treten vielmehr stets Unregelmäßigkeiten in der Dicke der einzelnen Schichten auf. Die Wärme durchströmt daher die innerste Luftschicht vorzugsweise an der engsten Stelle, breitet sich dann längs des Blechmantels aus und überschreitet den nächsten Luftraum wieder an der engsten Stelle. Ein weiterer Nachteil der Blechmäntel ist die verschiedene Wärmeausdehnung der inneren und äußeren Schichten, wodurch sich die Befestigungen allmählich lockern.

8) Eine Zahlentafel hierfür findet man z. B. in der Hütte Bd. I, 25. Aufl. S. 463.

Die Luftschichtisolierung wird erst wirtschaftlich und praktisch durchführbar, wenn man statt der Bleche papierdünne Aluminiumfolien von etwa 0,005 bis 0,05 mm Dicke verwendet, die zunächst wegen ihrer geringen Steifigkeit ungeeignet erscheinen. Diese von mir ausgebildete Isolierung sei als „Alfol“-Isolierung[9]) bezeichnet. Bei dieser geringen Dicke spielt der Preis des Aluminiums keine wesentliche Rolle mehr, und auch das Aufbringen der Isolierungen ist außerordentlich einfach, da die Folie wie Papier von Rollen entnommen und mit der Hand leicht jeder Form angepaßt werden kann. Zugleich wird die Wärmeleitung längs der Folie wegen ihrer geringen Dicke sehr gering, und es macht praktisch kaum etwas aus, wenn die Folien nicht genau konzentrisch liegen, sogar Berührungen an einzelnen Stellen schaden nichts.

Den Aufbau einer solchen Alfol-Isolierung für Rohrleitungen zeigt Abb. 3. Darin ist *a* das zu isolierende Rohr, auf das zunächst eine Folie *b* gewickelt wird. Dann werden die ringförmigen Stützen *c* aufgebracht, deren Höhe der Luftschichtdicke und deren axialer Abstand der Folienbreite entspricht. Auf diese wird die nächste Folienlage gewickelt, dann kommen wieder Stützen usw. Zum Schluß wird das ganze zum Schutz gegen Beschädigungen mit einem festen Mantel *d* verkleidet. Besonders sauber ist ein Mantel aus Aluminiumblech, dessen Dicke bis auf 0,1 mm herabgesetzt werden kann, wenn keine starken Stöße zu befürchten sind. Sonst nimmt man Mäntel aus verbleitem Eisenblech, die innen zweckmäßig noch

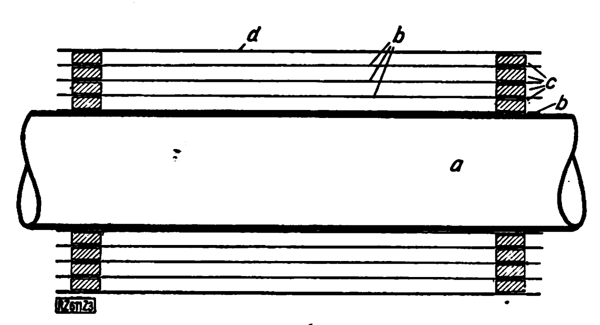


Abb. 3
Aufbau der Alfol-Isolierung
a zu isolierendes Rohr *c* ringförmige Stützen
b Aluminiumfolie *d* fester Mantel

mit einer dünnen Folie auszukleiden sind, damit auch die äußerste Luftschicht von Aluminiumfolien begrenzt wird. Die Mäntel werden miteinander verlötet, durch herumgelegte Bänder oder auf andere Weise befestigt.

Die Stützen, die aus Asbestschnur oder aus festen Isolierkörpern bestehen, haben im allgemeinen ein höheres Wärmeleitvermögen als die Alfol-Isolierung selbst, sie nehmen aber nur einen kleinen Teil der gesamten Isolierfläche ein, so daß ihr Einfluß gering bleibt. Auch die Fugen, die an den Überlappungsstellen der Folie entstehen, sowie kleine Risse oder Löcher der Folie haben auf den Isolierwert keinen großen Einfluß.

Die später mitgeteilten Wärmeleitzahlen gelten jedenfalls für fertige Isolierungen, enthalten also schon den verschlechternden Einfluß von Stützen, Ungenauigkeiten der Herstellung, kleinen Fehlern der Folien usw. Bei sorgfältiger Ausführung ist die Schwankung des Isolierwertes bei der Alfol-Isolierung sogar geringer, als bei den meisten bisher bekannten Isolierverfahren.

Der günstigste Abstand der Folien liegt zwischen 1 und 2 cm. Unter 1 cm herunterzugehen ist kaum zweckmäßig, da sich der Arbeitsaufwand sehr erhöht und sich die unvermeidlichen kleinen Unregelmäßigkeiten in der Lage der Folien dann schon stärker bemerkbar machen. Abstände von mehr als 2 cm können dagegen manchmal wirtschaftlich angebracht sein, besonders bei ebenen Flächen, deren Isolierung im übrigen ganz ähnlich auszuführen ist wie die von Rohren; nur sind in diesem Falle die ringförmigen Stützen durch gerade Leisten zu ersetzen.

9) DRP-Anm. Sch. 74680; DRP Nr. 440728, Engl. Patent 266177 u. a. Auslandspatente. Wortschutz im In- und Auslande.

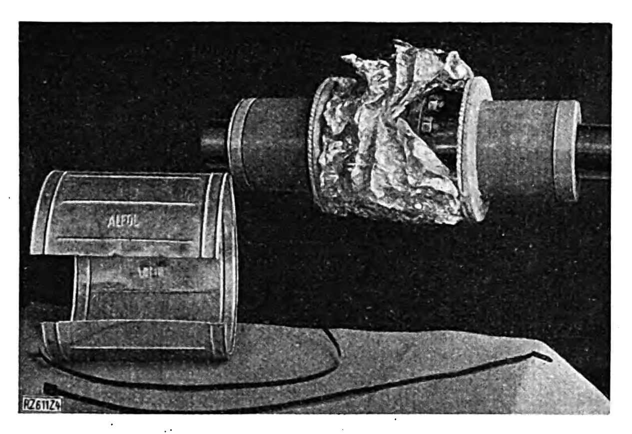


Abb. 4
Modell einer Alfol-Isolierung für eine Flanschverbindung

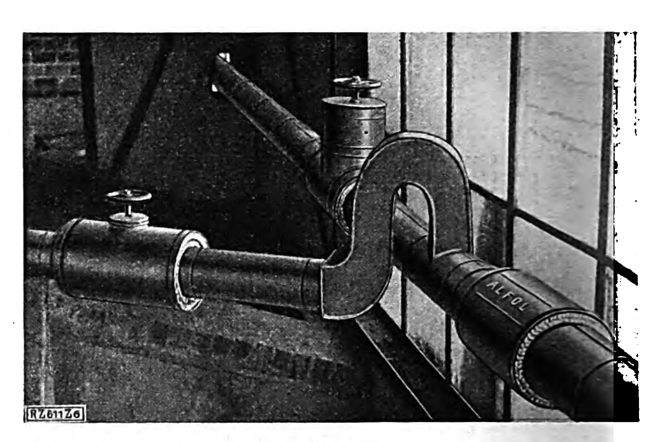


Abb. 6
Alfol-Isolierungen für Armaturen

Die Alfol-Isolierung zeichnet sich vor allen anderen Isolierungen durch besondere Leichtigkeit aus. Bei Verwendung von 0,03 mm-Folie mit 1 cm Abstand wiegt die für 1 m³ Isolierung notwendige Folie nur 8 kg; das Gewicht der Abstandhalter beträgt vielleicht 30 kg, so daß sich ein Raumgewicht von noch nicht 40 kg/m³ ergibt, d. h. nur 1/10 bis 1/20 des Gewichtes der bisher gebräuchlichen Isolierungen. Für Rohre von 60 mm Dmr. ergaben sich z. B. für die fertige Isolierung von 50 mm Dicke mit Einschluß des äußeren Blechmantels Gewichte von 0,5 bis 0,8 kg für 1 m Rohr, d. h. 10 bis 15 vH des Gewichtes des nackten Rohres, während früher das Gewicht der Isolierung das des Rohres meist erheblich überstieg. Die Belastung der Rohre durch die Isolierung ist daher vernachlässigbar klein. Zugleich vermindern sich die Beförderungskosten, zumal auch der Raumbedarf der in gerolltem Zustande verschickten Folie sehr klein ist.

Bei dem geringen Gewicht ist das Wärmespeichervermögen der Isolierung zu vernachlässigen; es beträgt nur etwa 1/10 des bei anderen Isolierungen anzusetzenden Wertes, so daß man zusätzliche Wärmeverluste für das Anwärmen der Isolierung nicht zu berücksichtigen braucht. Diese zusätzlichen Verluste erreichen aber für die üblichen Isolierungen bei täglich 9 h Arbeitzeit 50 bis 100 vH des Wärmeverlustes der Arbeitzeit. Ihre Vermeidung ist daher von erheblicher Bedeutung.

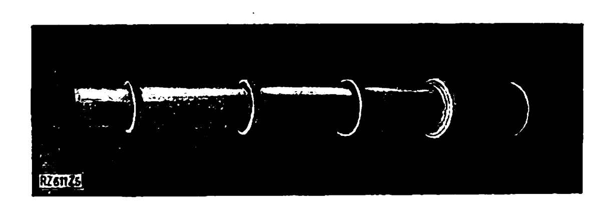


Abb. 5
Alfol-Isolierung für Rohrleitungen:
links das nackte Rohr, rechts die fertige Isolierung

Die Herstellung der Alfol-Isolierung geht ohne jede Staubentwicklung und ohne Verwendung von Wasser vor sich, sie ist also sehr sauber. Dieser Umstand ist insofern wichtig, als man Maschinen und Apparate, denen die Schleifwirkung des scharfen Kieselgurstaubes gefährlich werden könnte, sehr sorgfältig schützen muß. Von noch größerer Bedeutung ist die Staubfreiheit in Lackierereien, in chemischen Fabriken, z. B. bei der Herstellung photographischer Platten und Filme usw., wo man bisher vielfach überhaupt nicht zu isolieren wagte.

Die chemische Widerstandfähigkeit der Aluminiumfolie ist dank ihres unsichtbaren Oxydüberzuges sehr groß; von den üblichen Verunreinigungen der Luft wird sie nicht angegriffen. Auch gegen Temperaturen bis etwa 550 ° ist sie dauernd widerstandfähig; denn der Schmelzpunkt des Aluminiums liegt bei 650 °. Einen praktischen Beweis für die Temperaturbeständigkeit lieferte folgende Beobachtung: Ein Versuchsrohr wurde versehentlich so stark beheizt, daß es sich unter seinem Eigengewicht stark durchbog; obwohl es Temperaturen von mehr als 600 ° erreicht haben mußte, wies die Aluminiumfolie nicht die geringste Veränderung auf.

Überraschend ist das Verhalten dünner Aluminiumfolie bei Temperaturen, die weit über ihrem Schmelzpunkt liegen. Stellt man z. B. einen Bunsenbrenner unter eine Anzahl lose aufeinander gelegter Folien, so vermag die Flamme trotz ihrer Temperatur von vielleicht 1500 ° die Folien nicht zu durchdringen. Die unmittelbar von der Flamme berührte Folie oxydiert zwar vollständig und bildet eine dünne durchsichtige Oxydhaut, behält aber die alte Form bei und verhindert den Durchtritt der Flammgase.

Ein weiterer Vorteil der neuen Isolierung ist ihre Unempfindlichkeit gegen Feuchtigkeit. Die weiten Lufträume füllen sich nur bei einer wirklichen Überschwemmung, und das Wasser läuft ohne Beschädigung wieder heraus. Dagegen saugen die meisten anderen Isolierungen wegen ihrer feinporigen Struktur Wasser, mit dem sie in

Zahlentafel 3. Versuche mit Alfol-Isolierungen

Nr.	Versuch im	Versuchsrohr		Luftschichten		Dicke der Aluminiumfolie	Stützringe		Äußerer Mantel		Gesamtdicke der Isolierung einschl. Mantel
		Länge m	Dmr. mm	Anzahl	Dicke einer Schicht mm	mm	Stoff	axiale Abstände cm	Stoff	Dicke mm	mm
1	Forschungsheim für Wärmeschutz	2	60	4	10	0,03	Isoliergipsmasse	70	dickes Papier	0,5	42,2
2	„	2	60	5	8,5	0,03	Asbestschnur	50	Aluminiumblech	0,1	43,2
3	„	2	60	3	16	0,03	„	50	„	0,1	48,6
4	Maschinenlaboratorium der T. H. Danzig	2	60	2	12,5	0,03	„	50	verzinktes Eisenblech	0,5	26
5	„	2	60	1	26	0,03	„	50	„	0,5	27
6	„	3	108	5	10	0,03	„	33	verzinntes Eisenblech	0,3	53
7	„	2	60	4	5	0,007	„	65	„	0,3	21

[1]) Arithmetischer Mittelwert der Temperaturen des Rohres und des äußeren Mantels der Isolierung.

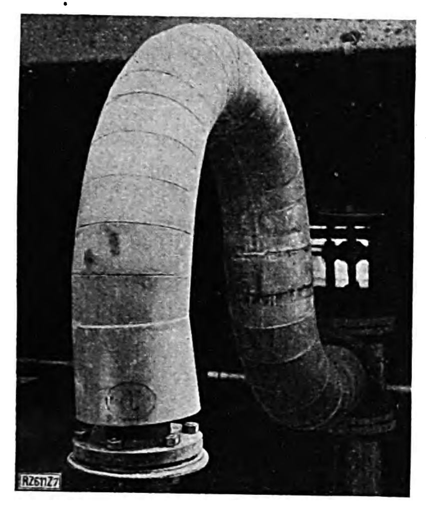


Abb. 7 (links)
Alfol-Isolierung für einen großen Doppelkrümmer



Abb. 9 (rechts)
Modell einer Alfol-Isolierung für eine unterirdische Fernheizleitung. Die Folie ist hier regellos geknittert und füllt den ganzen freien Raum des Kanals aus.

Berührung kommen, durch Kapillarwirkung begierig auf und geben es nur sehr langsam wieder ab, wobei sie aber meist völlig unbrauchbar werden. Dieser Umstand ist besonders für unterirdisch verlegte Fernheizleitungen zu beachten.

Auch gegen Erschütterungen ist die Folie trotz ihrer geringen Dicke durchaus widerstandfähig, wie Versuche beweisen; denn die Massenkräfte, die bei Erschütterungen auftreten, nehmen mit der Dicke der Folie ab, und das Verhältnis zwischen Zerreißfestigkeit und Massenkraft bleibt das gleiche wie bei dickeren Blechen. Außerdem bewirkt die zylindrische Anordnung der Folien eine gute Versteifung.

Bei Flanschen, Ventilen, Turbinengehäusen, Rohrkrümmern und anderen unregelmäßigen Körpern läßt sich die zylindrische Anordnung der Folie schwer durchführen. Jedoch ergaben meine Versuche, daß man schon zu einer guten Isolierwirkung kommt, wenn man den zu isolierenden Körper mit dünner Folie lose umhüllt, etwa in der Weise, wie man bei der Verpackung einen Gegenstand in Papier einwickelt. Dabei entstehen durch die natürlichen Unregelmäßigkeiten des umhüllten Körpers und die beim Herumwickeln entstehenden Knitterungen der Folie die gewünschten Luftabstände. Bringt man mehrere solche Folien übereinander an, so entstehen zwischen ihnen weitere unregelmäßige Lufträume, und die Wirkung nimmt mit der Zahl der Folien zu, es empfiehlt sich aber nicht, den mittleren Abstand der Folien unter 5 mm zu vermindern. Natürlich ist auch hier ein äußerer Mantel zum Schutz erforderlich.

Man kann sogar noch weiter gehen und die Folie in Form einer losen Masse aus geschichteten und geknitterten Folienstücken verwenden.

Da das Herumwickeln loser Folie und die Verwendung von loser, geschichteter Folienmasse in der Ausführung unter Umständen einfacher ist als die Anordnung regelmäßiger Luftschichten nach Abb. 3, so ist dies Verfahren in vielen Fällen auch bei geraden Rohren vorteilhaft, obwohl die Wärmeleitzahl um 50 vH höher ist als bei zylindrischer Anordnung der Schichten.

Ausführungen der Alfol-Isolierung verschiedener Art in der Praxis zeigen Abb. 5 bis 9. Die Isolierung eines Rohrflanschmodells zeigt Abb. 4; dabei ist der äußere Mantel entfernt, und die verschiedenen Folien sind teilweise herausgebogen, so daß die Flanschverschraubung sichtbar wird. Eine solche Flanschisolierung kann man leicht entfernen und wieder aufbringen, falls etwa die Schrauben nachgezogen werden müssen. In gleicher Weise lassen sich Ventilkörper, Krümmer usw. isolieren.

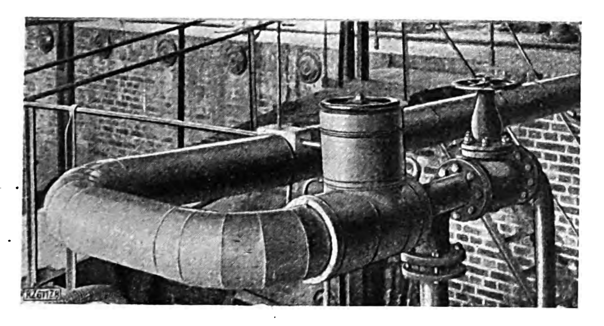


Abb. 8
Ventil und Krümmer, nackt und mit Alfol isoliert

Gesamtgewicht der Isolierung einschl. Mantel für 1 m Rohrlänge kg	Zahl der Messungen	Rohrtemperaturen bis zu °C	Wärmeleitzahl in kcal/m h °C bei Mitteltemperaturen[1]) von				
			0°	50°	100°	200°	300°
—	4	542	0,026	0,030	0,033	0,041	0,048
0,50	5	466	0,027	0,030	0,033	0,042	0,053
0,63	8	487	0,034	0,044	0,054	0,064	0,074
—	15	352	0,030	0,036	0,043	0,051	—
—	7	352	0,057	0,070	0,083	0,097	—
4	16	342	0,0327	0,0365	0,0408	0,050	—
—	7	480	0,041	0,0465	0,052	0,063	0,074

Versuchsergebnisse

Zur Prüfung der Wärmeleitzahl der Alfol-Isolierung wurden im Forschungsheim für Wärmeschutz Versuche an elektrisch beheizten Röhren von 2 m Länge und 60 mm Dmr. ausgeführt. Außerdem habe ich im Maschinenlaboratorium der Technischen Hochschule Danzig gemeinsam mit W. Beckmann Messungen an Rohren gleicher Größe, sowie auch an einem Rohr von 3 m Länge und 108 mm Dmr. vorgenommen. An beiden Stellen wurde nach dem bekannten Meßverfahren von van Rinsum[10]) mit elektrischer Heizung und thermoelektrischer Temperaturmessung gearbeitet.

Die Versuchsbedingungen und Meßergebnisse sind in Zahlentafel 3 zusammengestellt. Die angegebenen Wärmeleitzahlen beziehen sich stets auf die fertige Isolierung, der verschlechternde Einfluß der Stützen und des Mantels ist also berücksichtigt.

Die Folie war bei den Versuchen 1 bis 6 regelmäßig zylindrisch mit gleichmäßigen Abständen angeordnet, bei Versuch 7 dagegen lose und knitterig um das Rohr gewickelt, so daß nur an den Stützstellen der angegebene Abstand erreicht wurde, während sich die Folie sonst vielfach knitterte und die Lufträume unregelmäßig waren, wobei an zahlreichen Stellen Berührungen aufeinanderfolgender Folien vorkamen. An den Überlappungstellen traten stellenweise lange Fugen von mehreren Millimetern Breite auf.

Die Versuche 2 und 3 wurden ohne meine Mitwirkung, nur nach meiner schriftlichen Anweisung ausgeführt.

[10]) Vergl. W. van Rinsum, Z. Bd. 62 (1918) S. 601 sowie Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, herausgegeben vom V. d. I., Heft 228.

Die Ergebnisse von Versuch 1 und 2 stimmen fast genau überein, obwohl bei Versuch 2 eine dünnere Luftschicht gewählt wurde. Daraus geht hervor, daß durch Verringern der Dicke der Luftschicht unter 1 cm die Isolierwirkung nicht mehr so wesentlich verbessert wird, daß sich der Mehraufwand an Folie und Arbeit lohnen würde. Allerdings ist bei Versuch 2 der verschlechternde Einfluß der Stützen wegen ihres geringeren axialen Abstandes etwas größer. Versuch 6 hat, obwohl die Dicke der Luftschicht ebenso wie bei Versuch 1 genau 1 cm betrug, ein etwas ungünstigeres Ergebnis, dies erklärt sich ohne Schwierigkeit aus dem engeren Abstand der Stützen, die aus sehr dichter Asbestschnur von hohem Raumgewicht und der durch besonderen Versuch gemessenen hohen Wärmeleitzahl $\lambda = 0{,}25$ kcal/m h °C bestanden. Durch Wahl von Abstandstützen mit besserer Isolierwirkung würde die Wärmeleitzahl zweifellos auf den bei Versuch 1 und 2 erreichten Wert sinken.

Die Versuche 3, 4 und 5 lassen die Zunahme der Wärmeleitzahl mit wachsendem Abstand der Folie erkennen. Versuch 7 zeigt die Verschlechterung durch unregelmäßige Lage der Folie. Die Wärmeleitzahl ist trotz des geringeren mittleren Abstandes der Folie um etwa 50 vH größer als bei regelmäßig zylindrischer Anordnung mit 1 cm Dicke der Luftschicht.

Zum Vergleich sind in Zahlentafel 4 die Wärmeleitzahlen der besten bisher bekannt gewordenen Rohrisolierungen anderer Art aufgeführt, soweit sie mir durch Veröffentlichungen bekannt geworden sind[11]).

Zahlentafel 4

Günstigste Wärmeleitzahlen gebräuchlicher Rohrisolierungen für hohe Temperaturen[12])

Art der Isolierung	Raumgewicht kg/m³	Wärmeleitzahl in kcal/m h °C bei Mitteltemperaturen von 50°	100°	200°
beste Kieselgurmasse	448	0,062	0,064	0,069
„ gebrannte Kieselgurschale	480	0,061	0,068	0,084
beste Magnesiamasse	214	0,052	0,055	0,063
„ Magnesiaschale	—	0,053	0,057	0,067

Die Alfol-Isolierung hat demnach bei 1 cm Luftschichtdicke eine nur etwa halb so große Wärmeleitzahl wie die besten bisher bekannten Rohrisolierungen für höhere Temperaturen. Hierbei ist noch nicht berücksichtigt, daß die handelsüblichen Isolierstoffe die oben genannten Zahlen meist erheblich überschreiten.

In Zahlentafel 5 sind die günstigsten bisher veröffentlichten Wärmeleitzahlen loser anorganischer Isolierstoffe zusammengestellt. Dabei ist zu beachten, daß diese Stoffe bei der technischen Verwendung äußere Mäntel und Versteifungen erfordern, welche die wirksame Wärmeleitzahl stark erhöhen.

In Zahlentafel 6 sind die günstigsten Werte für Isolierplatten aus organischen Stoffen aufgeführt, die bekanntlich nur bis etwa 100° verwendbar sind.

Der Vergleich der Zahlentafeln 5 und 6 mit 3 zeigt, daß selbst die günstigsten bisher jemals festgestellten Wärmeleitzahlen der besten Isolierstoffe und organischen Isolierplatten durch die Alfol-Isolierung noch unterschritten werden.

[11]) Die Werte der Zahlentafeln 4 bis 6 sind fast alle dem Heft 5 der Mitteilungen aus dem Forschungsheim für Wärmeschutz, E. Schmidt, „Die Wärmeleitzahlen von Stoffen auf Grund von Meßergebnissen" entnommen. Es wurden nur Versuche benutzt, die bei mehreren Temperaturen ausgeführt wurden und als zuverlässig anzusehen sind.

[12]) Die Zahlen für 0° sind nicht aufgeführt, da sie im Schrifttum fehlen; Isolierungen dieser Art kommen für niedrige Temperaturen nicht in Frage.

Zahlentafel 5

Günstigste Wärmeleitzahlen loser anorganischer Isolierstoffe[13])

Art des Isolierstoffes	Raumgewicht kg/m³	Wärmeleitzahl in kcal/m h °C bei Mitteltemperaturen von 0°	50°	100°	200°	300°
Kieselgur, lose kalziniert	245	0,046	0,048	0,052	0,058	—
Magnesia, lose	150	0,032	0,035	0,040	0,050	0,060
Schlackenwolle	360	0,042	0,046	0,050	0,059	—
Glaswolle, Lage der Fasern senkrecht zum Wärmestrom	219	0,030	0,037	0,043	0,057	—

Zahlentafel 6

Günstigste Wärmeleitzahlen von Isolierungen aus organischen Stoffen[14])

Art des Isolierstoffes	Raumgewicht kg/m³	Wärmeleitzahl in kcal/m h °C bei Mitteltemperaturen von 0°	50°
Korkplatten, aufgebläht	119	0,0306	0,035
Torfoleumplatten	163	0,0335	0,041

Wirtschaftliche Aussichten

Es wurde gezeigt, daß mit der neuen Aluminiumfolien-Isolierung eine wesentlich höhere, bei Dampfrohr-Isolierungen sogar die doppelte Isolierwirkung erzielt werden kann als mit den besten bisher bekannten Isolierstoffen. Dabei hat die neue Isolierung ein sehr niedriges Raumgewicht (etwa ein Zehntel der bisher bekannten Isolierstoffe) und ein verschwindend kleines Wärmespeichervermögen.

Es bleibt noch die Frage zu beantworten, ob die neue Isolierung auch wirtschaftliche Aussichten hat. Zu diesem Zwecke wurden eingehend Zeitstudien gemacht, die gezeigt haben, daß die Alfol-Isolierung auf den meisten Anwendungsgebieten, besonders im Bereich höherer Temperaturen, den alten Verfahren an Wirtschaftlichkeit gleichkommt und sie häufig übertrifft, auch wenn man ihre besonderen Vorteile des geringen Gewichts, der vernachlässigbaren Wärmespeicherung und der Staubfreiheit nicht bewertet.

Diese wirtschaftlichen Überlegunoen werden vollauf bestätigt durch die Erfahrungen an inzwischen ausgeführten großen Anlagen. Das Alfol-Isolierverfahren ist deshalb nicht nur technisch interessant, sondern es hat auch erhebliche wirtschaftliche Bedeutung. [B 611]

[13]) Die Zahlen gelten für die losen Isolierstoffe allein, berücksichtigen also nicht den verschlechternden Einfluß der bei der praktischen Anwendung notwendigen Mäntel und Abstützungen.

[14]) Die Zahlen gelten für die Isolierplatten allein, berücksichtigen also nicht den verschlechternden Einfluß der äußeren Mäntel, die zum Schutze gegen Feuchtigkeit und Beschädigungen erforderlich sind.

Einfluß der Wärmebehandlung auf Schweißstellen

Um den Einfluß der Wärmebehandlung auf eine Schweißstelle zu ermitteln, hat man aus den geschweißten Platten die üblichen Versuchsstreifen herausgeschnitten. Man erwärmte sie in 90 min bis auf 880 °C und ließ sie während 1 h auf dieser Temperatur. Dann kühlte man langsam auf 445 °C ab und schließlich nach dem Herausnehmen aus dem Ofen auf Zimmertemperatur. Danach ergab sich die Elastizitätsgrenze zu 2210 kg/cm² (vorher 2050 kg/cm²) und die Zugfestigkeit zu 3590 kg/cm² (vorher 3130 kg/cm²) bei 22,65 vH Dehnung (vorher 9,3 vH) bei 203 mm Länge. Fast alle Brüche traten in der Schweißstelle auf. („The Iron Age" Bd. 120 (1917) S. 474) [N 850 d] Th.

Mechanische Weißwäschereien

Von Ing. Paul Liske, Düsseldorf-Rath

(Schluß von S. 1352)

Wäschereianlage und Wäschereibetrieb

Der Gang durch die Wäscherei ist, kurz gesagt, wie folgt:

Die schmutzigen Wäschestücke werden in der Annahme gesammelt und dort eingeteilt und gezeichnet. Dieses Zeichnen muß sehr sorgfältig vorgenommen werden, da der Bestand einer Wäscherei sehr davon abhängt, daß man der Kundschaft wieder die richtige Wäsche abliefert. Für das Zeichnen gibt es verschiedene Verfahren, die den verschiedenen Wäschearten angepaßt sind. Kragen z. B. zeichnet man sehr gern mit unverwaschbarer Tinte, indem man die Stücke mit Nummern versieht. Betttücher, Taschentücher usw. zeichnet man meist mit bunten Fäden, indem jeder Kunde eine bestimmte Farbe erhält. Um möglichst viel Spielarten zu erhalten, werden die Fäden auch mehrfarbig in verschiedenen Zusammenstellungen hergestellt. Selbstverständlich trachtet man auch danach, die nicht einfache Arbeit maschinell zu bewerkstelligen, und man hat zu diesem Zweck Stempelmaschinen hergestellt, mit denen man Zahlen und Buchstaben auf die Stücke druckt.

Von der Annahme wird die Wäsche in die Waschküche gebracht und dort ganz nach Bedarf eingeweicht und in dem Kochfaß vorgekocht. Das Einweichen und Vorkochen wird nicht in allen Wäschereien vorgenommen, ist jedoch immerhin zu empfehlen. Besonders schmutzige und fettige Wäsche, wie Küchenwäsche, wird sicher zweckmäßig vorgekocht, damit die Waschmaschine entlastet und sauber gehalten wird. Nach diesen Vorarbeiten gelangt die Wäsche in die Waschmaschine. Hier wird sie gewaschen, gekocht und gespült. Wie schon gesagt, gibt es aber zum Spülen auch besondere Spülmaschinen. In gewerblichen Wäschereien werden jedoch Spülmaschinen fast gar nicht gebraucht, sondern hauptsächlich in Krankenhäusern, Klöstern usw. Die gewaschene Wäsche wird dann in die Schleuder gepackt und darin handtrocken ausgeschleudert. Darauf wird die Leibwäsche von der glatten Wäsche gesondert. Die glatten Stücke kommen unmittelbar auf die Dampfmangel; sie werden dort fertig getrocknet und geplättet, so daß sie dann nach der Ausgabe gebracht und gelagert werden können. Die andern Stücke werden zum Teil in der Trockenkammer vollständig getrocknet, zum Teil ohne die Vortrocknung auf den verschiedenen Plättmaschinen fertiggestellt. Die Stärkewäsche ist vorher noch zu stärken. Dies geschieht in dem Stärkefaß, das neben den Schleudern aufgestellt ist. Man vermeidet das Stärken im Plättraum, um Behandlung mit Wasser, also Naßarbeit, aus dem Bügelraum fernzuhalten. Gelangen mehrere Stärkereimaschinen zur Aufstellung, so kann man auch im Bügelraum einen besonderen Raum hierfür abgrenzen.

Die Plättwäsche ist in Kragen und Hemden zu trennen. Die Maschinen hierfür sind ebenfalls den Wäschesorten entsprechend getrennt der Reihe nach anzuordnen. Für Kragen dienen zum Vorplätten die Tischbügelmaschine und die Walzenplättmaschine, während man auf der kleinen Muldenmangel fertigplättet und trocknet. Natürlich gibt es auch hierin Abweichungen, indem z. B. verschiedene Wäschereien nur mit der Tischbügelmaschine oder auch nur mit der Muldenmangel arbeiten. Wie die Wirkung dieser einzelnen Maschinen ist, geht aus den früheren Beschreibungen hervor. Die geplätteten und getrockneten Kragen werden dann auf Sondermaschinen vollständig gerundet, während für die Eckenkragen eine besondere Presse zum Umbiegen und Plätten dieser Ecken Verwendung findet. Kleine Wäschereien verzichten meist auf diese Hilfsmaschinen und erledigen diese Arbeiten mit der Hand.

Bei der Hemdenplätterei beginnt man zunächst mit dem Pressen des Nackens, darauf werden die Manschetten und dann das Bündchen bearbeitet. Das soweit fertig-

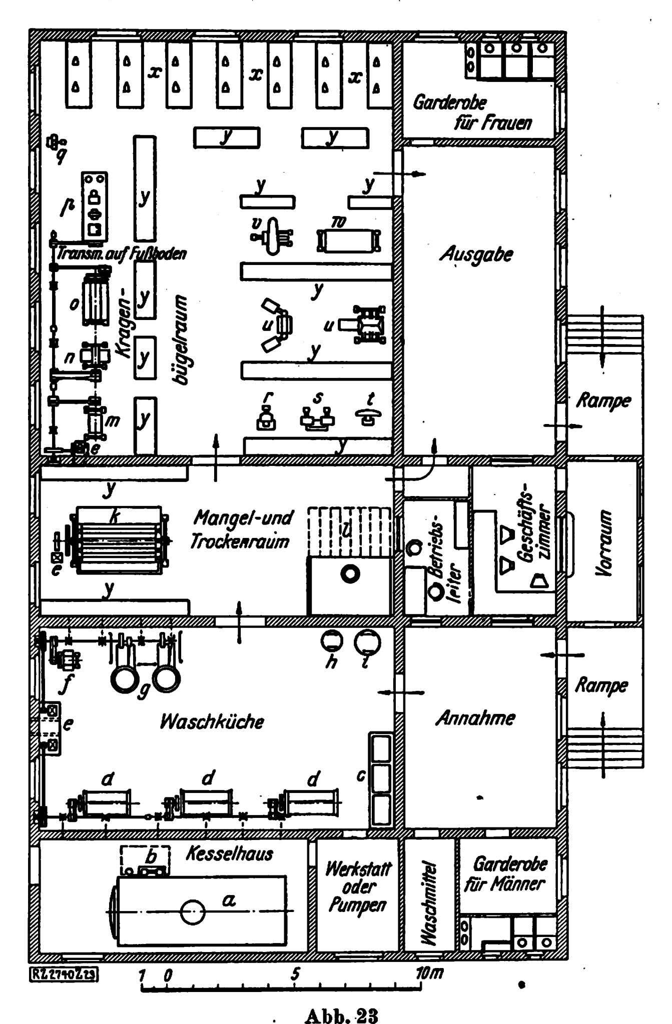


Abb. 23
Mittelgroße Wäscherei
Tägliche Leistung rd. 1500 bis 2000 kg trockene Wäsche

a Kessel
b Kesselspeisegrube
c Einweichbottiche
d Waschmaschinen
e Motoren
f Stärkefaß
g Schleudern
h Laugenfaß
i Kochfaß
k Dampfmangel
l Trockner
m Kragen-Bügelmaschine (Zweiwalzen)
n Kragen-Bügelmaschine (Schlitten)
o Kragen-Bügelmaschine (Mulde)
p Kragen-Rundmaschinen
q Kragen-Eckenpresse
r Hemden-Nackenpresse
s „ -Manschettenpresse
t „ -Bündchenpresse
u „ -Brustpresse
v „ -Rumpfpresse
w Gardinenspanner
x Bügeltische
y Ablegetische

gestellte Hemd kommt dann auf die Brustpresse; der ganze Rumpf wird auf der großen Wäschepresse fertiggestellt. Einzelne kleine Nacharbeiten, wie z. B. das Plätten der Fältchen über den Manschetten, werden mit dem Handbügeleisen vorgenommen. Sind diese Stücke fertiggestellt, so werden sie ebenfalls zum Lagern und Abholen nach der Ausgabe gebracht.

Abb. 23 stellt eine neuzeitliche mittlere bis größere Wäscherei dar. Daraus ersieht man, daß die Räume und Maschinen dem eben geschilderten Waschvorgang entsprechend aufgestellt sind. Der Annahmeraum stößt unmittelbar an die Waschküche. Von der Waschküche gelangt man in den Mangel- und Trockenraum. Von da aus führt eine unmittelbare Verbindung nach der Ausgabe, um die Beförderung der Mangelwäsche durch den Bügelraum zu vermeiden. An den Mangelraum schließt sich der Bügelraum, von wo aus wiederum ein besonderer

Zugang zur Ausgabe vorgesehen ist. An der Fensterseite links befindet sich die Kragenplätterei und an der Wand nach der Ausgabe hin die Hemdenplätterei. Hinten sind die Bügeltische mit den Handeisen angeordnet; dort geht das letzte Nacharbeiten und das Aufplätten vor sich.

Was die Räume anbelangt, so ist berücksichtigt, daß Annahme und Ausgabe in einer Flucht liegen, also die Beförderung sich von ein und derselben Seite aus ermöglichen läßt. In der Zeichnung ist eine Rampe angedeutet, die die gleiche Höhe wie die Plattform der Wagen hat, damit die Wäschekörbe ohne Hebearbeit be- und entladen werden können. Natürlich muß dann das ganze Gebäude in gleicher Höhe ausgeführt werden. Gegebenenfalls kann man den unteren Raum unterkellern und dadurch noch Lagerräume und dergl. schaffen. Eine Wäscherei wirkt auch sehr angenehm, wenn Transmissionen und Rohrleitungen in den Keller gelegt werden. Zwischen Annahme und Ausgabe sind die Geschäftzimmer gelegt. Es ist auf diese Weise möglich, von einer Hauptstelle aus die ein- und ausgehende Wäsche und auch das Personal zu beaufsichtigen. Die Aufenthaltsräume für das Personal sind ebenfalls so angeordnet, daß man vom Bureau aus eine bequeme Übersicht hat. Das Kesselhaus muß neben der Waschküche liegen und von der Waschküche aus zugänglich sein, damit eine leichte Verständigung mit dem Heizer möglich ist.

Am günstigsten ist es, sämtliche Betriebsräume in einem Stockwerk anzuordnen, weil dabei die Übersicht am leichtesten ist und auch Wäschetransporte nach höheren Stockwerken fortfallen. Man wählt dann einstöckige Gebäude mit Sheddach, um auch Oberlicht zu erhalten, da es bei großen Räumen nicht mehr möglich ist, durchweg mit Seitenlicht die genügende Helligkeit zu schaffen.

Erfordern es die Umstände, wie z. B. Platzmangel oder kostspielige Grundstücke, so kann man auch ein zwei- und mehrstöckiges Gebäude ausführen und ordnet im Untergeschoß Annahme, Ausgabe, Bureau, Waschküche und Mangelraum an. Im Obergeschoß werden Trockner und Plättmaschinen untergebracht. Möglicherweise kann man dort auch die Aufenthaltsräume vorsehen. Das Kesselhaus bleibt natürlich im Untergeschoß und wird möglichst nicht überbaut.

In der Hauptsache findet man in der Wäscherei elektromotorischen Antrieb oder Dampfantrieb. Am billigsten stellt sich der Dampfantrieb, weil der Abdampf der Maschine restlos wieder Verwendung finden kann. Ein Nachteil des Dampfmaschinenantriebes ist allerdings wieder der, daß die Transmission sehr umfangreich wird, daß die Wellen parallel gelegt werden müssen und somit in der Anordnung der Maschinen weniger Bewegungsfreiheit besteht, und daß ziemlich lange Übertragungsriemen angeordnet werden müssen. Große Anlagen haben häufig eigene Stromerzeuger, durch Dampfmaschine getrieben, und elektrischen Antrieb. In neuerer Zeit wird viel der Einzelantrieb verlangt, der allerdings teilweise noch keine ganz befriedigende Lösung gefunden hat. Besonders bei Waschmaschinen stößt der Einzelantrieb auf Schwierigkeiten, weil einerseits die Drehzahl des Motors stark gemindert werden muß und anderseits die Innentrommel nach 5 bis 6 Umläufen ihre Drehrichtung ändert. Die Umsteuereinrichtungen, die gleichzeitig die Drehzahl vermindern, sind noch verhältnismäßig verwickelt. Man findet daher auch häufig elektrische Wendeschalter. Am meisten trifft man noch, für Waschmaschinen den Antrieb durch Transmission an. Da in der Regel die Schleudern neben den Waschmaschinen angeordnet sind und diese beiden Maschinen wohl ständig zusammen arbeiten, schließt man auch die Schleuder an die Transmission an, obwohl sich hier der unmittelbare Antrieb immer mehr durchsetzt.

Dampfmangeln treibt man am besten durch einen besonderen Motor an. Diese Maschine braucht verhältnismäßig wenig Kraft und hat nur eine Drehrichtung. Allerdings muß die Geschwindigkeit des Motors herabgesetzt werden, was man entweder durch Zwischenschaltung eines Schneckengetriebes oder bei langsam laufendem Motor durch Riemenübersetzung ermöglicht. Die Kragenplätterei mit den umlaufenden Maschinen wird am besten durch Transmission angetrieben. Dieser Antrieb ist insofern zweckmäßig, weil die Maschinen langsam laufen und zum Teil auch ihre Drehrichtung ändern. Wenn möglich, verlegt man jedoch die Transmissionen in den Keller oder auf den Fußboden hinter den Maschinen, wie in Abb. 23, weil durch die Riemen sehr leicht Schmutz auf die Wäschestücke fällt, was gerade bei Plättwäsche ganz besonders vermieden werden muß.

Pressen werden gewöhnlich mit der Hand oder dem Fuß betätigt. Größere und schwerere Pressen bewegt man in neuerer Zeit auch durch motorische Kraft, wobei der Motor in die Maschine eingebaut ist.

Zur Beheizung wird in den allermeisten Fällen Dampf verwendet. Niederdruckdampf von rd. 0,25 bis 0,5 at und Dampf von etwa 3 bis 8 at. Manche Arten von Plättmaschinen werden mit Gas oder elektrisch beheizt. Die Dampfheizung wird hauptsächlich für Waschmaschine, Kochfaß, Laugenfaß, Dampfmangel, Trockner und einige Pressen angewendet. Gasheizung läßt sich bei den kleinen Hilfsmaschinen zum Runden der Kragen, bei den umlaufenden Plättmaschinen und den Bügeleisen kaum umgehen. Meist wird in größeren und neueren Wäschereien Preßgas benutzt. Ist das Gas nicht vorhanden, so heizt man auch die umlaufenden Plättmaschinen mit Hochdruckdampf von etwa 6 at. Die Bügeleisen müssen dann elektrisch beheizt werden.

Einen wichtigen Umstand in derartigen Betrieben bildet das Wasser. Die Wäscherei ist in großem Vorteil, der weiches Wasser zur Verfügung steht. Hartes Wasser muß enthärtet werden, weil sonst erst die Härtegrade durch die Seife vermindert werden müssen, was die Betriebskosten erhöht. Das weiche Wasser wird zum Kochen, Waschen und zur Bereitung der Lauge verwendet. Dagegen ist wieder zum Spülen hartes Wasser gut geeignet. Wer Wasser enthärten muß, verwendet also hartes und weiches Wasser für seinen Betrieb.

Bei kleineren Wäschereien und in Städten wird meist das Wasser der städtischen Druckleitung entnommen. Wäschereien in Landgegenden fördern häufig selbst das Wasser aus Bächen, Teichen usw. Der Vorteil ist dabei, daß dieses Wasser meist weich ist; andernfalls sind Brunnen vorzusehen. Dasselbe empfiehlt sich bei großen Wäschereien, weil die eigene Wasserförderung selbstverständlich den Betrieb verbilligt. Bei eigener Wasserförderung muß außer der Pumpe noch ein Hochbehälter vorgesehen werden. Je höher der Wasserdruck ist, desto schneller und gründlicher geht das Spülen vor sich.

Das Wasser wird am besten in einem Wärmkessel (Boiler) mittels Heizschlange erwärmt, der unter dem Druck der Wasserleitung steht, oder bei Selbstförderung des Wassers in einem offenen Behälter, der neben dem Kaltwasserbehälter aufgestellt wird und damit verbunden ist. Die Heizschlange ist so zu bemessen, daß die erforderliche stündliche Wassermenge von rd. 10 auf rd. 50 °C erwärmt wird. Der Warmwasserbereiter soll etwa $\frac{2}{3}$ des stündlichen Wasserverbrauches fassen.

Zur Durcharbeitung eines Entwurfes sei nachstehendes Beispiel angeführt:

Man kann allgemein zugrundelegen, daß bei achtstündiger täglicher Arbeitzeit die Waschmaschinen fünfmal gefüllt werden. Der Inhalt der Maschinen ist also danach zu berechnen. Die Schleuder kann man in 1 h etwa dreimal füllen. Legt man eine Wäscherei zugrunde, die täglich 1500 kg trockene Wäsche bewältigen soll, so müssen die Waschmaschinen 1500 : 5 = 300 kg Wäsche fassen. Die Stundenleistung beträgt 1500 : 8 = 190 kg/h. Die Schleuder muß demnach 190 : 3 = 60 kg fassen. Man rechnet im Mittel von dem gesamten Wäschegewicht $\frac{2}{3}$ auf Mangelwäsche und $\frac{1}{3}$ auf Plättwäsche. Die Mangel hat demnach $\frac{190 \cdot 2}{3}$ = rd. 125 kg/h zu leisten, während für Trockeneinrichtung und Plätterei rd. 65 kg/h zu berücksichtigen sind. Für eine solche Anlage sind 3 bis 4 Waschmaschinen, 2 bis 3 Schleudern, 1 Mangel, 1 Trockeneinrichtung und die nötigen Plättmaschinen zu empfehlen.

Bei Badewäsche, die nicht schmutzig ist, kann man damit rechnen, daß die Waschmaschinen jede Stunde gefüllt werden, wodurch sich also das Bild ziemlich verändert.

Ganz roh kann man für den Kraftbedarf rechnen, daß für 100 kg trockene Wäsche 1 PS erforderlich ist. Im vorliegenden Beispiel ist also mit ungefähr 15 PS zu rechnen.

Im Mittel gebraucht man zum Kochen und Trocknen etwa 200 kg Dampf für 100 kg Wäsche. Wenn also stündlich 190 kg Wäsche zu liefern sind, so beträgt der Dampfverbrauch rd. $\frac{190 \cdot 200}{100}$ = rd. 380 kg/h. Hierzu kommt noch der Dampf für die Warmwasserbereitung. Man rechnet für 1 kg Wäsche etwa 40 l Gesamtwasser, davon $^3/_5$ Kaltwasser und $^2/_5$ Warmwasser. Als Warmwassertemperatur hat man 40 bis 50 °C zugrunde zu legen. Bei 19 kg stündlicher Wäscheleistung ergibt sich ein Kaltwasserverbrauch von $\frac{190 \cdot 3 \cdot 40}{5}$ = rd. 4560 l und ein Warmwasserverbrauch von $\frac{190 \cdot 2 \cdot 40}{5}$ = rd. 3040 l. Wird diese Wassermenge um 40° erwärmt, so sind rd. 121 600 kcal/h zum Warmwasserbereiten erforderlich. Bei 6 at Spannung werden von 1 kg Dampf etwa 610 kcal abgegeben. Demnach sind zur Warmwasserbereitung in 1 h 121 600 : 610 = rd. 200 kg erforderlich. Der Gesamtdampfverbrauch beträgt demnach rd. 380 + 200 = 580 kg/h.

Die Dampfmaschine, die rd. 15 PS leisten muß und für 1 PSh etwa 15 kg Dampf braucht, nimmt rd. 225 kg Dampf in 1 h auf. Rechnet man mit 13 kg Abdampf für 1 PSh, so gewinnt man durch den Abdampf etwa 195 kg Dampf. Diese Menge deckt annähernd den Bedarf für die Warmwasserbereitung. Somit beträgt der stündliche Dampfverbrauch rd. 380 + 225 = 605 kg. Man braucht also in diesem Falle gegenüber Motorantrieb stündlich etwa 25 kg Dampf mehr. Dafür fallen jedoch die Kosten für den Stromverbrauch bei einer Leistung von 15 PS fort. Dampfmaschinenantrieb stellt sich also wesentlich billiger. Allerdings muß man wieder die Nachteile einer Dampfmaschine wie Wartung, Schmierung, Platzbedarf, ungünstige Transmissionsanlage usw. in Betracht ziehen.

Wird ein Warmwasserbereiter gewählt, so muß dieser ungefähr rd. 2000 l fassen. Zur Berechnung der Heizschlange nimmt man bei Hochdruckdampf rd. 80 000 kcal/h, bei Niederdruckdampf rd. 50 000 kcal/h als Wärmeabgabe von 1 m² Außenoberfläche der Schlange an.

Wie aus der Berechnung hervorgeht, werden die Größen der Maschinen nach dem Wäschebedarf, in kg Trockengewicht ausgedrückt, festgelegt. Man muß also beim Entwurf zunächst das täglich zu reinigende Wäschegewicht kennen. Man hat Erfahrungswerte, wieviel Wäsche die verschiedenen Anstalten wöchentlich verbrauchen. Als Anhalt kann nachstehende Aufstellung dienen: Bei Krankenhäusern rechnet man je Bett und Woche 5 bis 8 kg, im Mittel 6 kg, für das Personal je Kopf rd. 4 kg, in Klöstern je Kopf und Woche rd. 4 kg, in Irrenanstalten je Bett rd. 7 kg, in Hotels je Fremdenbett und Woche rd. 5 kg, in Ledigenheimen rd. 2 bis 3 kg, in Badeanstalten je Wannenbad rd. 1 kg, je Brausebad rd 0,15 kg.

Bei gewerblichen Wäschereien kann man jede beliebige Tagesleistung annehmen, ganz nach dem vom Unternehmer gedachten Umfang, der sich häufig nach den geldlichen Verhältnissen richtet. Am besten ist es, man fängt klein an, und baut entsprechend der Inanspruchnahme und Wirtschaftlichkeit die Anlage weiter aus. Im allgemeinen kann man annehmen, daß bei gewerblichen Wäschereien 5 vH der Einwohner eines Ortes rd. 2 bis 3 kg je Kopf und Woche in die Wäscherei schicken.

Zur Raumbestimmung kann man ungefähr annehmen, daß für 100 kg Wäsche rd. 30 bis 50 m² Flächenraum gebraucht werden. Unkosten verursacht für 100 kg Wäsche noch die Beschaffung von 3,5 kg Seife und 3 kg Soda.

Zum Schluß sei noch darauf aufmerksam gemacht, daß man aus Sparsamkeitsgründen auch die Lauge strecken kann. In der Regel wird beim Waschen zweimal Lauge angesetzt, wobei natürlich die erste Lauge den größten Schmutz wegnimmt und am meisten verunreinigt wird. Diese Lauge läßt man wegfließen. Die zweite Lauge, die dann beim Sauberwaschen wirkt, fängt man auf und benutzt sie wieder als erste Lauge oder auch zum Einweichen. Zu diesem Zweck stattet man die Maschine am besten mit zwei Ablaßhähnen aus, einen in den Abflußkanal auslaufend und einen in eine besondere Leitung nach einer Laugensammelgrube abfließend. Von dieser Laugensammelgrube, die vertieft anzuordnen ist, pumpt man die Lauge in ein höher liegendes Gefäß, von wo aus man sie abzapfen oder unmittelbar den Maschinen wieder zufließen lassen kann. Es empfiehlt sich, in den Hochbehälter eine Heizschlange einzubauen, um die Lauge warm und dünnflüssig halten zu können.

[2740]

Das Dornier-Großflugboot „Superwal“

Das Großflugboot, Baumuster Superwal, Abb. 1, der Firma Dornier Metallbauten G. m. b. H., Friedrichshafen a. B., ist unter Vergrößerung der Abmessung für höhere Anforderung im Luftverkehr aus dem Flugboot, Bauart Wal[1]), entstanden. Die Konstruktionsteile des Superwal sind ausschließlich aus Metall, die hochbeanspruchten aus Stahl, die sonstigen aus Duralumin hergestellt. Die einzelnen Teile sind miteinander durch Nieten verbunden; wichtige Anschlußstellen und Teile, die leicht zugänglich sein müssen, sind miteinander verschraubt.

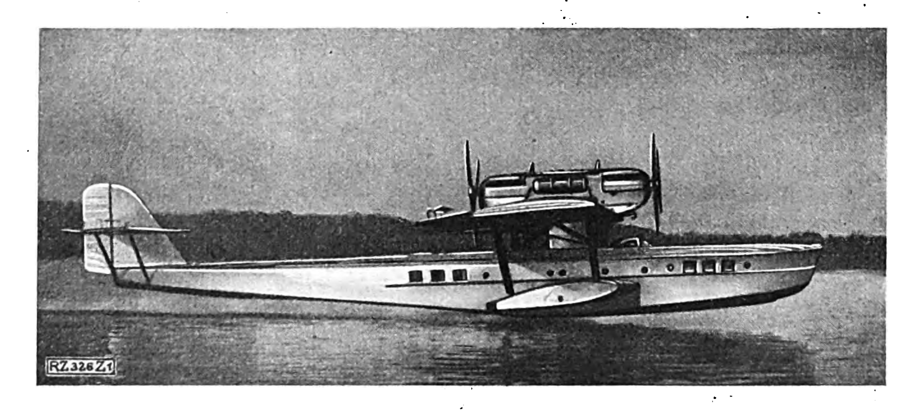


Abb. 1
Das Dornier-Großflugboot „Superwal“

Länge über alles .	24,6 m	Spannweite . . .	28,5 m	Flügelfläche . . .	143 m²
Höhe „ „ .	5,2 „	Flügeltiefe . .	5,3 „		

Der Lasten und Leitwerk tragende Rumpf (Länge 24,6 m) ist als Stufenboot ausgebildet, dessen seitliche Stabilität mit Rücksicht auf die hohe Schwerpunktlage durch das über dem Flügel liegende Triebwerk und die große Spannweite des Flügels (28,5 m, Flügelfläche 143 m²) durch seitlich angesetzte Flossen vergrößert wird. Der über dem Boot liegende Flügel hat auf seiner ganzen Länge einen mäßig dicken aerodynamisch günstigen Querschnitt von unveränderlicher Abmessung. Jede Flügelhälfte ist etwa in der Mitte ihrer Tragweite durch ein an den Holmen angreifendes Strebenpaar gegen die Flossen abgestützt. Tragfläche und Triebwerk sind vor Seegang geschützt.

Jede Flügelhälfte besteht aus drei Teilen: dem Mittelstück, Abb. 2, dessen Gerüst aus den beiden Stahlholmen und den sie verbindenden Kastenrippen zusammengesetzt ist, der Nasenleiste und dem Flügelhinterteil. Nasenleiste und Mittelstück sind mit Blech bekleidet, das Flügelhinterteil ist mit Stoff bespannt. Seitensteuer und Höhensteuer sind zu einem Flächenkreuz vereinigt, das hoch über dem Wasser hinten auf das Rumpfende aufgesetzt und gegen dessen Unterkante durch schräg nach unten führende Strebenpaare abgestützt wird. Der Einstellwinkel der Höhenflosse ist im Stande verstellbar. Zum Anlandrollen des

[1]) Z. Bd. 71 (1927) S. 625.

Flugbootes mit eigener Kraft können schwimmfähige Aufschleppräder von 1 bis 2 Mann durch Einschieben ihrer Achse in die Flossenstummel angebracht werden.

Das Boot und die angesetzten Flossen hat man durch Schottwände in wasserdichte Räume unterteilt, Abb. 3; jeder Raum ist von außen durch verschließbare Mannlöcher

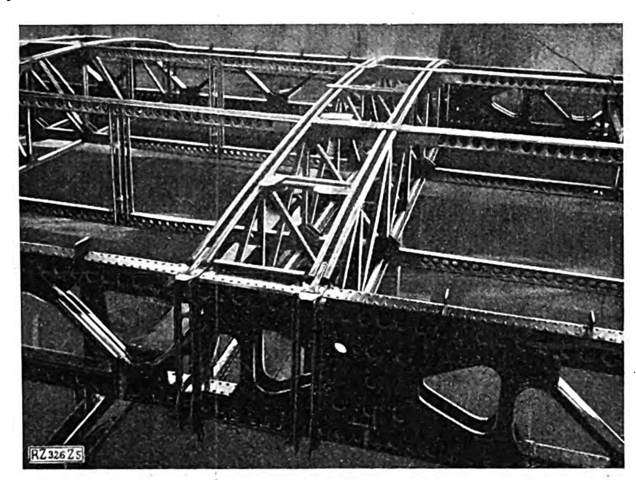


Abb. 2. Mittelstück einer Tragfläche

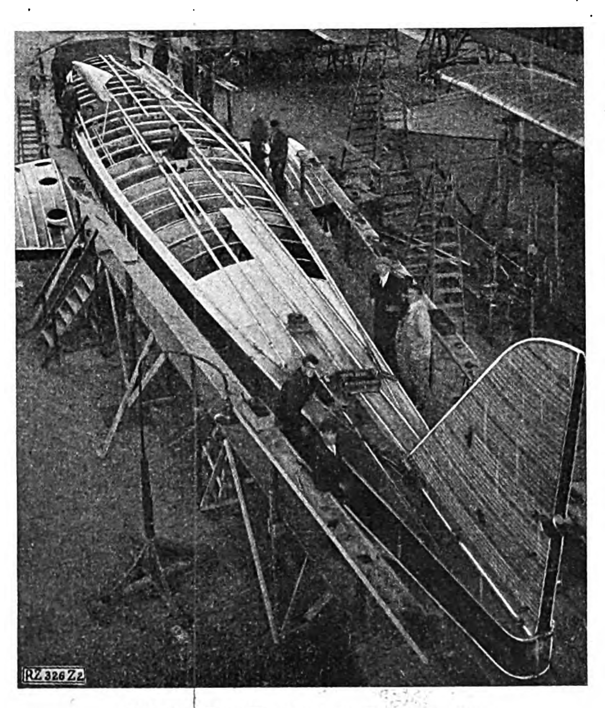


Abb. 3. Das Flugboot im Zusammenbau

zugänglich. Die einzelnen Schottwände des Bootes haben wasserdicht verschließbare Türen. Das Flugzeug bleibt daher schwimmfähig, wenn es auch an mehreren Stellen leck ist. Außerdem hat man die Ober- und Unterseite des Bootes zum Schutz gegen Beschädigungen und zur Aufnahme der Biegekräfte durch aufgesetzte Profile verstärkt. Das vorn mäßig gekielte Boot läuft bis zur Mitte in eine fast ebene Gleitfläche aus, die jedoch nach beiden Seiten je eine Stufe aufweist. Die hintere Gleitfläche schließt sich mit einer Querstufe an und ist mit einem kielartigen Sporn versehen, der das Landen auf dem Wasser erleichtert. Die Ausbildung der Spanten des Bootes zeigen Abb. 4 und 5.

Für die Raumeinteilung des Bootes war maßgebend, daß der Verbrauch des beträchtlichen Brennstoffvorrates auf die Gleichgewichtlage keinen Einfluß übt, der Schwerpunkt des Tankraumes also möglichst nahe am Schwerpunkt des Flugzeuges liegt.

Dadurch war man mit der Anordnung des Tankraumes an den Raum zwischen den beiden Hauptspanten gebunden, an die die Flügelauftriebkräfte durch Holme und Streben übertragen werden. Die Nutzlast mußte also auf die Räume vor und hinter diesem Raum verteilt werden; die Gasträume kann man unmittelbar an den Tankraum anschließen und den Führerraum vor dem vorderen Gastraum, den Gepäckraum hinter dem hinteren Gastraum anordnen, oder Führerraum und Gepäckraum unmittelbar an den Tankraum legen und die beiden Gasträume an den Enden des nutzbaren Raumes anordnen. Bei dem in Abb. 1 dargestellten Flugzeug ist diese Anordnung gewählt worden. Bei einer größeren Entfernung des Führerraumes vom Triebwerk ergäbe sich zwar eine bessere Sicht, man müßte aber die Bedienungsleitungen verlängern.

In dem vorderen Gastraum können 11 bis 13 Personen, im hinteren etwa acht untergebracht werden. Neben dem Führerraum ist der Haupteinstieg, ein Funkraum und der Abort angeordnet, während in den hinteren Gastraum ein Noteinstieg eingebaut ist. Den Kühler des hinteren Motors hat man in den Steigschacht eingebaut und kann mit der Kühlluft, die nach Durchströmen des Kühlers sich erwärmt hat, die Gasträume heizen.

Im Tankraum liegen vier Brennstoffässer von je 600 l und hängen vier kleinere Behälter von je 285 l. Dem gesamten Fassungsvermögen von 3540 l entspricht bei 40 vH Benzolzusatz ein Brennstoffvorrat im Gewicht von 2760 kg, der für 2000 bis 2200 km Sparflug ausreicht.

Infolge der vom Motor getrennten Unterbringung des Brennstoffes ist die Brandgefahr, die an und für sich bei Metallflugzeugen schon erheblich herabgesetzt ist, weiter verringert. Der Brennstoff wird aus Tankfässern durch eine vom Fahrtwinde getriebene Zahnradpumpe in einen Falltank gepumpt, von wo aus er den Vergasern unter natürlichem Gefälle zufließt.

Zwei 650 PS-Motoren (Rolls-Royce) sind hintereinander oberhalb des Flügels in einer Gondel vereinigt. Die beiden Motoren treiben je eine Druck- und Zugschraube an. Der Kühler des vorderen Motors ist vorn auf dem Motorrumpf aufgesetzt, der des hinteren im Steigschacht eingebaut. An den Bordwänden des Motorrumpfes sind die Ölbehälter für je 80 l angeordnet. Die auf die Behälter aufgesetzten Ölkühler können im Winter ausgeschaltet werden. Das Öl wird gefiltert, bevor es durch die Pumpen zu den Motoren zurückbefördert wird.

Die normale Besatzung besteht aus zwei Führern, einem Mechaniker und einem Funker. [M 326] Gw.

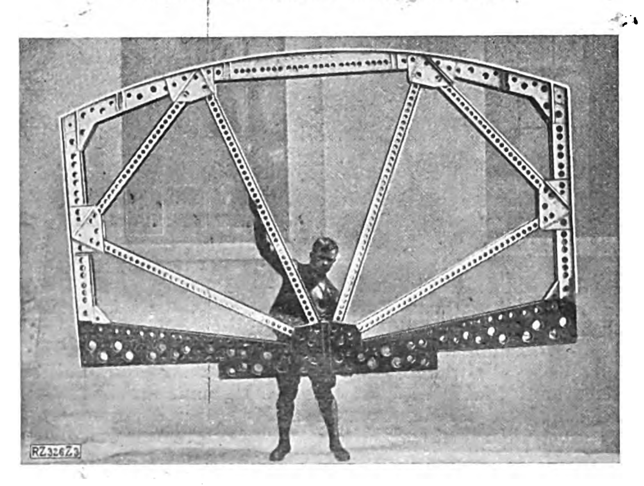


Abb. 4. Spant des Flugbootes

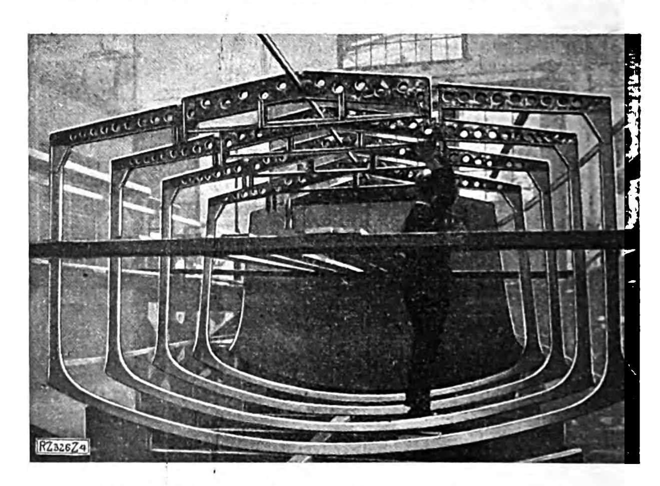


Abb. 5. Zusammenbau der Spanten des Flugbootes



RUNDSCHAU

Gas- und Wasserversorgung

Deutscher Verein von Gas- und Wasserfachmännern

Die 68. Jahresversammlung fand vom 15. bis 17. Juni in Kassel statt. Zwei besondere Spannung auslösende Verhandlungsgegenstände: Stand der Ferngasversorgungsfrage und Zusammenhang von Trinkwasser und Typhusepidemien, hatten 1200 Teilnehmer zusammengeführt. Die höchste Auszeichnung des Vereines, die Bunsen-Pettenkofer-Ehrentafel, wurde Prof. Dr. Bruns, Gelsenkirchen, in Anerkennung seiner großen Verdienste um die Wasserversorgung des weiteren Ruhrgebietes verliehen.

Als erster Redner sprach Dir. Schumacher, Frankfurt a. M., über Erzeugungs- und Verteilkosten des Gases[1]). Die Erfassung der Erzeugungskosten, und zwar technisch-wirtschaftlich gegliedert in Erzeugungskosten vom Ofenhaus ab, Kosten der Wassergaserzeugung, Kosten der nassen Reinigung, der NH_3-Fabrik, der Benzolfabrik, Kosten der Trockenreinigung, des Aufwandes für Gasmessung, der Gasspeicherung und Druckregelung, ist für die Beurteilung des Selbstkostenpreises von größtem Wert. Unter der Voraussetzung, daß das in Frage kommende Werk gut arbeitet, besteht jedoch die Möglichkeit, durch straffe Ordnung des Außendienstes wesentliche Ersparnisse zu machen. Auch im Außendienst ist eine Einteilung der Gesamtausgaben erforderlich, z. B. nach Rohrnetz, Laternen, Gasmesser, Automaten usw., damit auch hier Maßnahmen zur Besserung planmäßig ergriffen werden können. Wesentlich im Außendienst ist die genaue Erfassung der geleisteten Arbeit und des aufgewendeten Materials.

Dir. Dr.-Ing. R. Biel, Berlin, berichtete über den Fortleitungswiderstand in Gasrohrleitungen[2]). Nach Ableitung der Widerstandsformel für sich ausdehnende Gase oder Dämpfe sowie für den Sonderfall der volumenbeständigen Fortleitung von Gasen, Dämpfen oder tropfbaren Flüssigkeiten wurde auf Grund einer unmittelbar auf Versuchen beruhenden Formel eine zur praktischen Verwendung geeignete Gebrauchsformel für die Bestimmung des Widerstandsbeiwertes bei Rohrleitungen aus Stahl angegeben und mit den Ergebnissen neuer Versuche verglichen. Sie liegen teils oberhalb, teils unterhalb der nach der vorgeschlagenen Gebrauchsformel berechneten Werte, im ganzen damit auf gleicher Höhe. Der Sonderausschuß für Röhrenleitungen empfiehlt, die Formel vorläufig zu verwenden. Auf Grund der Formel ist eine Kurventafel gezeichnet worden, aus der man die gesuchten Größen bei Fortleitung von Stadtgas mittlerer Eigenschaft in Rohrleitungen aus Stahl ablesen kann.

Dann erörterte Prof. Dr. Bunte, Karlsruhe, die

Anforderungen an die Gleichmäßigkeit des Gases

in den einzelnen Versorgungsgebieten[3]). Nach den Jahren der Brennstoffnot 1919 bis 1921 kehrten die Gaswerke zu einem geregelten Betriebe zurück. Zu dieser Zeit stellte der Deutsche Verein von Gas- und Wasserfachmännern Richtlinien für die Gasbeschaffenheit auf. Er legte fest, daß der Übergang vom kohlenwasserstoffreichen Leuchtgas zum Heizgas von hoher Flammentemperatur planmäßig und einheitlich durchgeführt werden sollte, und daß als normal ein Gemisch von Steinkohlengas und Wassergas mit einem Heizwert von 4200 kcal/m³ anzustreben sei. Der Gehalt des Gases an unbrennbaren Bestandteilen (Stickstoff und Kohlensäure) dürfe 15 vH und die Dichte 0,5 nicht übersteigen. Mit der Vereinheitlichung der Gasbeschaffenheit ist erreicht worden, daß gut durchkonstruierte Gasgeräte ohne eingreifende Änderungen in allen Versorgungsgebieten anwendbar sind.

Auf Grund statistischer Erhebungen zeigte der Vortragende, wie weit die deutschen Gaswerke sich dem Übergang vom Leuchtgas zum Heizgas angeschlossen oder genähert haben, und daß die größten Gaswerke mit dieser Gasbeschaffenheit die besten Erfahrungen gemacht haben. Den Richtlinien für die Vereinheitlichung der Gasbeschaffenheit sind aber auch Richtlinien für die Gleichmäßigkeit von Tag zu Tag im einzelnen Versorgungsgebiet an die Seite zu stellen. Auf Grund von Erfahrungen wies Bunte nach, wie weit technisch vollkommen ausgestattete Werke die Gleichmäßigkeit erreicht haben. Die andern Werke sollten nach Gleichmäßigkeit im Rahmen ihrer technischen und wirtschaftlichen Mittel streben. Für eine Gasfernversorgung muß aber gefordert werden, daß die Gleichmäßigkeit des Gases hinter dem Erreichten nicht zurückstehen dürfe.

Dir. Müller, Hamburg, gab eine Übersicht über den

Stand der Ferngasversorgung[4])

Infolge der Erfindung auf dem Gebiete der chemischen Kohlenveredelung, wegen der Frage der Großgasversorgung und der Bestrebungen zur Erreichung höchster Wirtschaftlichkeit bei der Verarbeitung der Kohle steht die deutsche Gasindustrie gegenwärtig an einem Wendepunkt ihrer Entwicklung. Unbestritten ist die Behauptung, daß die Kohle nur in großen, gut geleiteten Werken wirtschaftlich verarbeitet werden kann; heiß umstritten ist die Frage, wie viel solcher Werke sich an der Verarbeitung der Kohle und der Gaslieferung beteiligen sollen. Die überaus wichtige Aufgabe, Deutschland im größten Maßstabe vom Ruhrgebiet aus mit Gas zu versorgen, wobei die Kohlenzechen und Kokereien des Ruhrgebietes die Lieferer und die deutschen Städte die Abnehmer sind, wobei ferner die vollständige Stillegung der günstig zum Ruhrgebiet gelegenen deutschen Gaswerke Voraussetzung ist, kann als gelöst gelten. Unter Ferngas oder Zechenferngas soll nur das unter sehr hohem Druck von den Zechen und Kokereien des Ruhrgebietes an die Städte gelieferte Gas verstanden werden.

Dir. Müller behandelte dann folgende Punkte: die Wirtschaftlichkeit der Ferngasversorgung, die technische Durchführbarkeit der Gasversorgung vom Ruhrgebiet aus unter Berücksichtigung der Arbeiten der A.-G. für Kohleverwertung, Essen, die Gaslieferung aus andern Steinkohlen- oder Braunkohlengebieten Deutschlands, die Wirtschaftlichkeit der Ferngasversorgung für das Ruhrgebiet, die Stellung der deutschen Gaswerke zur Fernversorgung vom Ruhrgebiet aus, die Auswirkung der Ferngasversorgung auf die Gesamtwirtschaft Deutschlands.

Die Gaswerke sind sich bewußt, daß höchste Wirtschaftlichkeit bei der Verarbeitung der Kohle ihr Endziel sein muß. Sie sehen die Lösung dieser Aufgabe in der Gruppen-Gasfernversorgung. Diese will die einzelnen Gegenden Deutschlands ohne Rücksicht auf politische Grenzen in Wirtschaftsgebiete zusammenfassen, die sodann durch Großgaswerke beliefert werden.

Auf den Vortrag von Dir. Müller, der ein heute so besonders wichtiges Thema behandelt, werden wir noch ausführlich zurückkommen. Einleitend erklärte der Vorsitzende des Vereines, Dir. Kühne, Berlin, zu dem Vortrage von Müller, daß der Bericht die vorläufige Stellungnahme des Deutschen Vereines sei. Im Anschluß an den Vortrag von Müller sprach Dipl.-Ing. Ph. Borchardt, Solln bei München, über die Zerlegung des Koksofengases mit Bezugnahme auf die Probleme der Ferngasversorgung[5]); hierüber ist vor kurzem in dieser Zeitschrift berichtet worden[6]).

Ing. Bessin, Berlin, berichtete über die Normung der Gasmesser und der Gasmesseranschlüsse[7]). Vereinfachung der Ersatzteilbeschaffung und Vereinfachung des Austausches bei der Installation haben zu Einheitsmaßen für die Gasmesser geführt. Berichtet wurde über einen Ausschnitt aus den Arbeiten des Gasmesser-Ausschusses, die sich auf die Normung der Anschlußgewinde, auf die Reihen der einzelnen Bauarten und die Vereinheitlichung der Einbaumaße erstrecken.

Dir. P. Spalek, Dessau, behandelte in seinem Vortrage[8])

die Abgase der Gasgeräte und ihre Abführung.

Bei gewerblichen Feuerstätten sind die mit der Abführung der Verbrennungserzeugnisse verbundenen Schwierigkeiten im allgemeinen verhältnismäßig leicht zu beheben: die Schaffung besonderer Abzugvorrichtungen macht im allgemeinen keine Schwierigkeiten. Bei Gasfeuerstätten im Wohnhause liegen die Verhältnisse viel schwieriger.

Das Gebiet der Abgasführung ist aber hinsichtlich der physikalischen Grundlagen wenig geklärt. Selbst in Fachkreisen sind vielfach noch recht unklare Vorstellungen über die Vorgänge im Schornstein vorhanden. Eine weitere Verbreitung des Gases für die Wärmewirtschaft im Haushalt,

[1]) „Das Gas- und Wasserfach" Bd. 70 (1927) S. 568.
[2]) „Das Gas- und Wasserfach" Bd. 70 (1927) S. 547.
[3]) „Das Gas- und Wasserfach" Bd. 70 (1927) S. 797.
[4]) „Das Gas- und Wasserfach" Bd. 70 (1927) S. 701; vergl. VDI-Nachrichten Nr. 25 vom 22. Juni 1927.
[5]) „Das Gas- und Wasserfach" Bd. 70 (1927) S. 562.
[6]) R. Linde, Neues auf dem Gebiete der Gaszerlegung mit Hilfe von Tieftemperaturtechnik, Z. Bd. 71 (1927) S. 1305.
[7]) „Das Gas- und Wasserfach" Bd. 70 (1927) S. 544.
[8]) „Das Gas- und Wasserfach" Bd. 70 (1927) S. 554.



insbesondere für Warmwasserbereitung und Raumheizung, ist in erster Linie abhängig von der guten Lösung der Abzugfrage. Bei Beheizung von bewohnten Räumen muß man jedes Austreten von Heizgasen in die Räume unbedingt vermeiden, wie dies für jeden Kohlenofen selbstverständlich ist. Bei Badeöfen ist die sichere Abführung der Abgase gleichfalls von größter Wichtigkeit, weil der Luftverbrauch und die Menge der erzeugten Abgase im Vergleich zum Rauminhalt außerordentlich groß sind.

Bei der Gasfeuerstätte hat der Schornstein lediglich die Aufgabe, die Abgase abzuführen. Er soll keinerlei Einfluß auf den Verbrennungsvorgang im Ofen haben. Wichtige Beziehungen bestehen zwischen der dem Schornstein in den Abgasen zugeführten Wärmemenge, den Abkühlungsverlusten des Schornsteins, dem Schornsteinzug und den Reibungswiderständen. Der Schornstein muß, wenn er sonst keine fremde Wärmezufuhr als die von den einzuleitenden Abgasen hat, oder wenn er nicht noch gewisse Wärmereste von der letzten Heizung enthält, zuglos sein; die Temperatur im Schornstein ist dann mit der der Außenluft gleich hoch. Beim Inbetriebsetzen der Feuerstätte ist daher eine gewisse, auf die Luftsäule im Schornstein wirkende Auftriebkraft notwendig, um die Luftsäule in Bewegung zu bringen und damit den Eintritt der Abgase in den Schornstein und die Einleitung des Zuges zu bewerkstelligen. Der gemauerte Schornstein ist daher im allgemeinen für Gasöfen, die nicht in Dauerbetrieb sind, nicht günstig; für die Erhaltung der Temperatur des Zuges und zum Vermeiden zu großer Abkühlung sind andre Schornsteinarten besser, selbst der Blechschornstein. Um die Abgase sicher abzuführen, muß der Schornsteinzug größer sein als der für die Abführung der Abgase sich ergebende Widerstand. Unter normalen Verhältnissen werden also durch den Schornstein größere Luftmengen angesogen, als der Gasofen an Verbrennungsstoffen liefert.

Der Schornstein soll aber die Verbrennungsvorgänge im Ofen nicht beeinflussen. Alle Gasgeräte müssen daher eine Zugunterbrechung haben, die so ausgebildet ist, daß auch bei starkem Zuge der Verbrennungsvorgang im Ofen nicht beeinflußt wird.

Von besonderer Bedeutung sind die Untersuchungen über den Anschluß von Gasöfen an Schornsteine für Kohlenöfen, die von der Firma Junkers & Co., München, durchgeführt wurden. Ein Einfluß auf den Schornsteinzug ist vorhanden, wenn durch den Abgasanschluß eines Gasbadeofens Falschluft in den Schornstein eintritt. Der Schornsteinzug wird abgeschwächt. An angeschlossenen und in Betrieb befindlichen Kohlenöfen durchgeführte Messungen haben aber gezeigt, daß dieser Einfluß die Verbrennung des Kohlenofens nicht gefährdet.

Trinkwasser und Typhusepidemien

behandelte Prof. Dr. Bruns, Gelsenkirchen[9]). Nach kurzen geschichtlichen Angaben über Typhusepidemien, der Erklärung ihrer Ursachen, berichtete der Vortragende über den Erreger des Unterleibtyphus, den Typhusbazillus, sein Entstehen und seinen verschiedenartigen Einfluß auf den menschlichen Körper.

Das Zustandekommen einer Typhusepidemie ist durch eine Menge von Ereignissen, die in ihren Ursachen und Wirkungen schwer gegeneinander abzuschätzen sind, bedingt, so daß im allgemeinen nur mit einer mehr oder weniger großen Wahrscheinlichkeit ein Urteil abgegeben werden kann. Da die Typhusbazillen, um im Körper sich anzusiedeln, durch den Mund eingeführt werden müssen, muß man annehmen, daß eine Typhusepidemie so entsteht, daß die Erreger in ein von einer großen Anzahl von Menschen gleichzeitig genossenes Nahrungsmittel durch einen Zufall hineingelangen, und daß nun die Menschen ziemlich gleichzeitig an Typhus erkranken. Solche Nahrungsmittel können verhältnismäßig oft Wasser und Milch, seltener Mineralwasser, Salate, Gemüse, Früchte und Fleisch sein. Bei den übrigen Nahrungsmitteln wird man meist eine unmittelbare Verseuchung durch irgendeinen Typhusbazillenträger oder Typhuskranken anzunehmen haben. In Wasser können die Typhusbazillen aus Aborten, aus der Abwässerung oder aus dem Flußlauf, der die Abwässer aufgenommen hat, hineingelangen.

Aus Laboratoriumsversuchen geht hervor, daß sich Typhusbazillen im Wasser nur bei Vorhandensein ganz besonderer Bedingungen vermehren. Im allgemeinen sterben sie schnell ab. Von den eingebrachten Bakterien waren nach 8 bis 10 h rd. 10 vH, nach einigen Tagen nur noch 1 vH am Leben. Im Trinkwasser sind Typhusbazillen nur selten gefunden worden. Wird eine Wasserleitungsepidemie festgestellt, so zieht sie sich meist über zwei bis drei Monate hin. Bruns besprach dann die Maßnahmen zur einwandfreien Feststellung solcher Epidemien; er behandelte in Zusammenstellungen die Zahl der Erkrankungen in den einzelnen Wochen vom ersten Anzeichen bis zum letzten Ausläufer der Epidemien in den verschiedenen Gegenden Deutschlands. Die Zahl der Erkrankungen bei Wasserleitungsepidemien ist aber ganz verschieden; sie macht etwa 0,5 bis 2 oder 4 vH der versorgten Bevölkerung aus. Im allgemeinen deckt sich das Feld der Typhusverbreitung mit dem Wasserfeld und kann von der Jahreszeit und örtlichen Verhältnissen beeinflußt werden.

Den letzten Vortrag hielt Dr. Wahl, Trier, über den

Stand der Normung für das Gas- und Wasserfach[10]).

Aus dem Bedürfnis heraus, viele Erzeugnisse einheitlich durchzubilden, ist am 22. Dezember 1917 der Normenausschuß der Deutschen Industrie, heute Deutscher Normenausschuß, entstanden. Bei der Normung arbeiten Erzeuger, Händler, Wissenschaftler, Behörden und Verbraucher mit. Von diesen Berufskreisen werden die Normen in Ausschüssen aufgestellt. Die Arbeiten der Ausschüsse laufen bei der Normenprüfstelle des Deutschen Normenausschusses zusammen und werden in Normblättern festgelegt.

Bereits im Jahre 1882 hat der Deutsche Verein von Gas- und Wasserfachmännern in Gemeinschaft mit dem Verein deutscher Ingenieure die Normaltabelle für gußeiserne Muffen- und Flanschenröhren aufgestellt, die nach Umarbeitung durch den Normenausschuß auch heute noch im wesentlichen gilt.

Im Jahre 1899, gelegentlich der auch in Kassel tagenden Jahresversammlung des Deutschen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern, legte man Normalien der Baulängen, Anschlußweiten und Verschraubungen sowie von Zählwerken, Zifferblättern und Paßstücken von Flügelrad-Wassermessern fest, die heute noch gelten, aber leider von vielen Wasserwerken noch nicht eingeführt sind.

Die jetzigen Wassermessernormen haben sich gut bewährt. Eine Änderung erscheint keinesfalls geboten. Alle Wasserwerke sollten daher nur genormte Wassermesser verwenden. Wahl behandelte dann die Normung der Schieber, der Über- und Unterflurhydranten für die Rohrnetze, der handelsüblichen Gasrohre, der gußeisernen Rohrstücke für Rohrleitungen, der von den Gas- und Wasserwerken benutzten Feinarmaturen usw. [N 821]

Berlin Gossow

[9]) „Das Gas- und Wasserfach" Bd. 70 (1927) S. 525.

[10]) „Das Gas- und Wasserfach" Bd. 70 (1927) S. 531.

Forschungswesen

Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt im Jahre 1926[1])

Arbeiten der Präsidialabteilung

Zwei Laboratorien der Präsidialabteilung befassen sich vorzugsweise mit Fragen der theoretischen Physik, nämlich das des Präsidenten mit spektroskopischen Untersuchungen, das Laboratorium für Radioaktivität mit Strahlungsvorgängen. Hier können nur die Forschungen über Höhenstrahlung erwähnt werden, die auf dem Mönchsgipfel in 4100 m Höhe fortgesetzt wurden und wiederum die tägliche Periode dieser Strahlungen ergaben.

Im chemischen Laboratorium wurden die Untersuchungen von Gläsern für chemische und medizinische Zwecke weitergeführt. Bei Gläsern für bakteriologische Zwecke kommt auch das Verhalten beim Sterilisieren in Autoklaven unter 6 bis 7 at in Frage. Es wurde ermittelt, daß jetzt auch eine Lausitzer Hütte hierfür geeignetes Glas herstellt, das bedeutend billiger sein soll als das bisher vorzugsweise benutzte amerikanische. Weiter hat sich das Laboratorium mit der Untersuchung reinen Nickels befaßt, besonders mit Rücksicht auf die Hämmerbarkeit. Die Arbeiten über die 1925 zuerst aufgefundenen Elemente Masurium und Rhenium wurden fortgesetzt. Aus Norwegen konnten Mineralien von besonders günstigem Ekamangangehalt (der immerhin erst 0,001 vT beträgt) mitgebracht werden, mit denen man jetzt schon Rheniumverbindungen von 10 bis 20 vH Reingehalt hat; mit der Reindarstellung des Rheniums wurde infolgedessen begonnen.

Im Laboratorium für Feinmechanik und Akustik wurden Vergleichsmessungen der Flankendurchmesser von Gewinden mit dem Gerät der Reichsanstalt und einer Zeißschen Vorrichtung ausgeführt, ebenso wurde ein Zeißscher Steigungsmesser für Leitspindeln mit dem Komparator der Reichsanstalt verglichen. Auf Veranlassung des DNA[2]) befaßt sich das Laboratorium auch mit der Stabilisierung der akustischen Normal-Schwingungszahl von

[1]) Auszug aus dem Bericht über die Tätigkeit der Anstalt, Z. f Instrumentenkunde Bd. 47 (1927) S. 217, 269 u. 321.

[2]) Deutscher Normen-Ausschuß.



870 bei 15 °C, die zwar bei einer Wiener Konferenz im Jahre 1885 bereits festgesetzt wurde, von der aber im praktischen Betrieb unsrer großen Orchester Abweichungen bis über 2 vH vorkommen. Zunächst wird der Einfluß der Temperatur der Orchesterräume auf die Stimmung untersucht werden.

Die Prüfungen der Abteilungen erstreckten sich auf etwa 160 radioaktive Stoffe, 80 Glassorten und 310 Gewinde, Leitspindeln, Lehren und Stimmgabeln.

Arbeiten der Abteilung I (Maß und Gewicht)

Eine der wissenschaftlichen Hauptaufgaben der Abteilung, der Anschluß des Metermaßes an Lichtwellenlängen, wurde nach verschiedenen Richtungen gefördert. Es wurden fünf Helium-Spektrallinien, eine Neon- und eine Kryptonlinie als geeignet gefunden. Der für den Anschluß bestimmte Interferenz-Komparator ist bei der Firma Zeiß bestellt. Er soll später auch für Endmaße größter Länge verwendet werden. Zur Zeit können in der Anstalt Endmaße bis zu 200 mm Länge nach dem Wellenlängenverfahren geeicht werden. Für diese Messungen ist es wichtig, die Dicke der Zwischenschichten zwischen zwei aneinandergesprengten Endmaßen zu kennen. Sie ist kleiner als 0,01 μ. Auch über die „Anschubberichtigung", d. i. der Unterschied der optisch gemessenen Länge eines Endmaßes, einerseits wenn es auf einer Quarzplatte, anderseits wenn es auf einer Stahlfläche angeschoben ist, wurden genaue Untersuchungen angestellt, auf Grund deren dem DNA eine neue Definition der Endmaßlänge vorgeschlagen wurde. — Die Untersuchungen über Gleis-, Schaltgewichts- und Fuhrwerkwagen, Greiferwagen für Schiffslasten und selbsttätige Wagen wurden fortgesetzt.

Die Abteilung prüfte 580 Längenmaße, 160 Gewichtsätze und Wagen, 160 Aräometer, 230 andre Glasgeräte und 20 Flüssigkeitsmesser und ließ verschiedene neue Wagensysteme, 43 Gasmessersysteme sowie probeweise 39 Ölmessersysteme zur Eichung zu.

Arbeiten der Abteilung II (Elektrizität und Magnetismus)

Im Temperaturgebiet des flüssigen Heliums (zwischen — 268,9 und — 271,8 °) wurde die Supraleitfähigkeit der Metalle an Einkristallen aus Gold, Zink und Kadmium und an polykristallinen Drähten aus Kadmium, Platin, Eisen, Nickel und Silber gemessen mit dem Ergebnis, daß höchstwahrscheinlich nur eine bestimmte Gruppe von Metallen supraleitfähig werden kann. Ferner wurden bei den gleichen Temperaturen die Thermokräfte verschiedener andrer Metalle und Legierungen untersucht und das Verhältnis der elektrischen und thermischen Leitung von Ein- und Vielkristallen bestimmt. Eines der Ergebnisse der letztgenannten Untersuchung besagt, daß bei sehr tiefer Temperatur, bei der der elektrische Widerstand verschwindet, noch ein Rest von Wärmewiderstand vorhanden zu sein scheint. Zieht man diesen vom gesamten Widerstand ab, so bleibt für den Unterschied das Gesetz von Wiedemann-Franz-Lorenz auch bei tiefer Temperatur erhalten.

Die Verbrennungswärme der Benzoesäure wurde an zwei Proben untersucht, nämlich der Normalsubstanz des Bureau of Standards in Washington und an einem von Kahlbaum hergestellten Präparat und stimmte auf 0,01 vH überein.

In ähnlicher Weise wie vor dem Krieg für Kupfer sollen jetzt für Aluminiumleitungen Normalien auf Grund internationaler Vereinbarungen geschaffen werden. Eine vorbereitende Besprechung zwischen Vertretern von Amerika, Deutschland und England fand im Berichtjahr in New York statt. Die Reichsanstalt hat auf Wunsch des Ausschusses für Aluminiumleitungsnormen mit den Vorarbeiten durch Untersuchung des Widerstandes von 83 Proben hartgezogenen Aluminiums von drei verschiedenen Firmen begonnen. Die Messungen zeigten, daß es der deutschen Aluminiumindustrie gelungen ist, Aluminium herzustellen, das im Mittel einen spezifischen Widerstand von 0,0286 Ω mm²/m bei 20 °C hat.

Die im Jahre 1924 zuerst ausgeführten internationalen Frequenzmessungen für elektrische Wellen sind wieder aufgenommen worden. Eine große Anzahl von leuchtenden piezo-elektrischen Resonatoren[3]) wurden als Hochfrequenznormalien montiert. Mit ihrer Hilfe kann ein beliebiger Sender auf eine größere Anzahl von Normalwellen mit einer Genauigkeit von mindestens 0,1 vT eingestellt werden.

Eine Meßbrücke wurde gebaut, die Induktivitäten in wenigen Sekunden mit der Genauigkeit von einigen Hundertsteln zu messen gestattet. Ferner wurden Brückenanordnungen für dielektrische Verlustmessungen und für Pupinspulen geschaffen. Eine Wechselstrombrücke war auch für die in Angriff genommene neue Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit zu bauen. Zu den Vorbereitungen für diese Untersuchung gehört u. a. die Herstellung eines Schutzring-Kondensators mit höchster Genauigkeit in der Werkstatt der Reichsanstalt.

Verschiedene Verfahren der Röntgen-Dosismessung wurden miteinander verglichen, mit dem Ergebnis, daß die Dosiseinheit 1 Röntgen sich zur Zeit auf 1 bis 2 vH genau darstellen läßt. Der Glimmlicht-Oszillograph wurde in eine für technische Zwecke verwendbare Form gebracht. Die damit aufgenommenen Kurven von Vokalen und Konsonanten wurden mittels lichtelektrischer Zelle und Telephon in akustische Schwingungen zurückverwandelt und mit den im Schrifttum bisher bekannten Tonkurven verglichen.

Die Lagermessungen zeitigten verschiedene neue Ergebnisse. Vor allem wurde ein Verfahren ausgearbeitet, nach dem die Stellung der Welle im Lager durch elektrische Kapazitätsmessungen bestimmt wird; das für gewöhnliche Lager sehr einfache Verfahren wurde auch auf Kugellager übertragen. Ferner wurde ein Verfahren zur versuchsmäßigen Vorführung des Ölfilms ausgebildet. Die Vergleichversuche an Gleit- und Kugellagern wurden abgeschlossen.

Der magnetische Differentialapparat von Siemens & Halske und der Epstein-Apparat wurden durch Vergleichsmessungen kritisch untersucht. Zum Schmelzen ferromagnetischer Legierungen wurde ein elektrodenloser Vakuumofen mit Hochfrequenzerhitzung von 5 kW hergestellt, der außerordentlich einfach im Bau und bequem in der Handhabung ist. Der Wechselstrom des Kraftwerkes wird auf 6000 V transformiert, lädt eine Kondensatorbatterie von 180 000 cm auf, die sich mit einer Frequenz von 100 000 Hertz über die Ofenspule und eine rotierende Funkenstrecke etwa 800 mal in der Sekunde entlädt. Der Eisenschmelzpunkt wird mit diesem Ofen in 5 bis 10 min erreicht.

Die Prüfungen der Abteilung betrafen 470 Widerstände und Normalelemente, 1640 Wechselstrom-Normalgeräte, 80 Röntgengeräte, 420 Gleichstrom-Meßgeräte, 340 Wechselstrom-Meßgeräte, 50 Wechselstromgrößen, 320 Isolations- und Installationsstoffe, 40 technische Apparate, 20 Machinen, 180 magnetische Stoffe und Geräte. Ferner sind 22 Elektrizitätszählersysteme neu oder abgeändert zugelassen worden. Zwei neue elektrische Prüfämter in Königsberg und in Kaiserslautern wurden eingerichtet. Durch die acht Prüfämter wurden rd. 234 000 Gegenstände geprüft.

Arbeiten der Abteilung III (Wärme und Druck)

Die Messungen der Isothermen von Helium, Wasserstoff und Neon wurden unterhalb — 200 ° fortgesetzt. Es sind nun im Druckbereich von 20 bis 100 at die Isothermen folgender Gase gemessen: Helium von — 258 ° bis + 400 °, Wasserstoff von — 208 ° bis + 200 °, Neon von — 208 ° bis + 400 °, Stickstoff von — 130 ° bis + 400 °, Argon von — 100 ° bis + 400 °, Sauerstoff von 0 ° bis + 100 ° und Luft von 0 ° bis + 200 °. Messungen bis 200 at sind bisher nur an Neon und Stickstoff bei 0 ° und 100 ° ausgeführt worden. Da bei der Heliumverflüssigung mehr als dreimal so viel Flüssigkeit entsteht, als nach dem Gesetz der korrespondierenden Zustände zu erwarten wäre, wird die Entartung einatomiger Gase, auf der dies beruhen kann, durch Versuche geprüft werden.

Die gesetzliche Temperaturskala ist bisher bis herab zu — 193 ° festgelegt. Um für tiefere Temperaturen sichere Grundlagen zu gewinnen, wurden mehrere Platin-Widerstandsthermometer sowie mit reinem Stickstoff oder Wasserstoff gefüllte Tensions-Thermometer zwischen — 193 ° und — 212 ° und zwischen — 253 ° und — 259 ° an das Heliumgasthermometer angeschlossen. Für Temperaturen zwischen — 210 ° und — 253 ° wurde ein Metallthermostat aus Aluminium gebaut, der nach Abkühlung durch flüssigen Wasserstoff von dem Kältebad durch einen evakuierbaren Zwischenraum thermisch isoliert und dann elektrisch auf die gewünschte Temperatur geheizt wird. Zur Feststellung der internationalen Skala wurden zwei Platin-Platinrhodium-Elemente des amerikanischen Bureau of Standards zwischen 400 und 1100 ° an die deutsche Temperaturskala angeschlossen und dann an das englische Staatsinstitut weitergegeben. Die Brauchbarkeit von Wolfram-Bandlampen zur Darstellung der optischen Temperaturskala bis zu 2100 ° wurde erneut geprüft und bestätigt gefunden.

Für die Bestimmung der Temperatur nicht leuchtender sehr heißer Flammen, insbesondere der Flamme des Azetylen-Sauerstoff-Gebläse, haben die Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft und der Verein deutscher Ingenieure auf Veranlassung des Fachausschusses für Schweiß-

[3]) Mitschwinger; s. Z. Bd. 70 (1926) S. 204.



technik Mittel zur Verfügung gestellt. Die Temperatur wird sowohl aus der Umkehr der Spektrallinien von Salzdämpfen, die in die Flamme eingeführt werden, als auch aus der Emissionsenergie und dem Absorptionsvermögen im Bereich der langwelligen Kohlensäure- und Wasserdampfbanden gemessen. Die Theorie der Spektral-Photometer für thermometrische Zwecke wurde weiter ausgebaut. Eine Farbtemperaturskala wurde aufgestellt und die Farbtemperatur von Flammennormalien damit bestimmt. An den gebräuchlichen Temperaturgläsern wurden durch Ausdehnungsmessungen günstige Bedingungen für die künstliche Alterung dieser Gläser gefunden und veröffentlicht.

Das Despretzsche Verfahren zur Bestimmung der Wärmeleitzahl von Metallen ist in der Anstalt verbessert worden, indem die Wärmeabgabe der Stäbe nach Nußelt berücksichtigt wurde. Die Versuche zur Bestimmung des Wärmeübergangs bei Kondensation von Heißdampf und Sattdampf wurden weitergeführt. Diese wurden von der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft unterstützt, ebenso wie die Versuche über die Verdampfungswärme des Wassers, die zunächst bis 210° durchgeführt wurden. Das zugehörige spezifische Volumen des Dampfes wurde berechnet.

Die Versuche zur Messung großer Gasmengen haben bei Staurändern für 125 bis 600 mm weite Rohre einen bedeutenden Einfluß des Rohrdurchmessers auf die Durchflußzahl ergeben und wurden daher, wiederum gemeinsam mit Dr.-Ing. Kretzschmer, in den Röchlingschen Eisen- und Stahlwerken in Völklingen a. d. Saar auf Rohre von 1 m Dmr. ausgedehnt. Die Untersuchung wurde vom Verein deutscher Ingenieure und von andern Stellen unterstützt. Mit einem Absolut-Zähigkeitsmesser wurden verschiedene Öle auf Zähigkeit untersucht, von denen nun einige als Normalflüssigkeiten für die Prüfung technischer Zähigkeitsmesser dienen. Die Untersuchung der Zähigkeitsmesser nach Engler, Vogel-Ossag und Lawaczeck wurde abgeschlossen.

Zur Messung der Wärmeausdehnung wurden Versuchseinrichtungen geschaffen, die bis —253° brauchbar sind. Die Ausdehnung des Glimmers wurde von —253° bis +500° gemessen, die verschiedener Gläser, Porzellane und Metalle von —253° bis +100°. Die grundlegenden Feuchtigkeitsmessungen wurden bis 90° durchgeführt und sollen bis 120° fortgesetzt werden.

Im Berichtsjahr wurden etwa 400 Liter flüssigen Wasserstoffes hergestellt. Mit der Einrichtung zur Heliumverflüssigung wurde die Temperatur von —271,8° erreicht. Die Kälteforschung wird von der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft unterstützt, deren Einfluß auch der Bau eines neuen Kältelaboratoriums mit Einrichtungen zur Verflüssigung von Stickstoff und Sauerstoff und zur Herstellung von 10 l/h flüssigem Wasserstoff zu verdanken ist.

Die Prüfungen der Abteilung erstreckten sich auf 5440 Ausdehnungsthermometer (ohne Fieberthermometer), 220 elektrische und optische Thermometer, 460 Druckmeßgeräte, 440 Erdölmeßgeräte, 140 verschiedene Geräte und Stoffe, sowie 576 490 Fieberthermometer. Das unter der technischen Aufsicht der Reichsanstalt stehende Thüringische Landesamt für Maß und Gewicht hat 4700 verschiedene Thermometer und 3 946 170 Fieberthermometer geprüft, das Anhaltische Staatsprüfamt 777 305. Insgesamt sind also 5,3 Millionen Fieberthermometer untersucht worden.

Arbeiten der Abteilung IV (Optik)

Auf die umfangreichen Spektraluntersuchungen der Abteilung kann hier nur hingewiesen werden.

Mit Rücksicht auf die im Gang befindlichen Kugellageruntersuchungen wurden vier Sätze von Kugeln von 3 bis 12 mm Dmr. auf die Genauigkeit der Durchmesser untersucht. Es ergaben sich bei den kleinsten Kugeln Abweichungen bis 0,0013 mm, bei den größten bis 0,0019 mm vom mittleren Durchmesser, abgesehen von einigen Kugeln mit groben Fehlern.

Der von Warburg stammende Plan einer auf die Hohlraumstrahlung gegründeten Lichteinheit erfordert für die nacheinander vorgesehenen photometrischen, bolometrischen und spektral-photometrischen Messungen während der Gesamtheit dieser Messungen eine überaus genaue Konstanz der Ofentemperatur (auf ⅓° bei 2100° und 2800° abs). Um dies erreichen zu können, wird die Ofenstrahlung unter Benutzung eines schwingenden verschiebbaren Doppelsektors mit spiegelnden Vorderflächen dreifach gespalten, so daß die genannten drei Messungen gleichzeitig erfolgen können. Die aufzeichnende Photometrierung von Lampen wurde mit Erfolg weiter ausgebaut. Mit dünnen Metallfolien wurden Thermoelemente von 0,02 mm Breite und 0,0005 mm Dicke hergestellt. Die Folien werden neuerdings in einem privaten Laboratorium für die Technik hergestellt.

Die Abteilung hatte 120 Prüfungen der Planparallelität, 250 Photometrierungen, 10 Absorptionsmessungen, 110 dioptrische und spektroskopische und 490 photometrische Prüfungen durchzuführen.

Aus der Anstalt sind im Berichtsjahr 154 Veröffentlichungen hervorgegangen. [N 787]

Charlottenburg Max Jakob

Technische Mechanik

Eine neue Breitstrahldüse

Ausgehend von den Versuchen von Weißbach über die Strahlbildung bei Ausfluß aus dünner Wand mit teilweiser Einschnürung, ist diese Einschnürung zwangläufig durch konvergierende ebene Flächen bewirkt worden[1]). Dies führte dazu, die Verformung eines rechteckigen Strahles durch zwei konvergierende ebene Flächen zu untersuchen und die freien Randflächen zu bestimmen. Diese Randflächen sind im wesentlichen einfache Hyperbelflächen. Nur die Flüssigkeitsschichten in unmittelbarer Nähe der Konvergenzflächen werden stärker verformt und haben eine abweichende Randkurve.

Die Grundform der neuen Breitstrahldüse, Abb. 1 bis 3, besteht nun aus zwei konvergenten ebenen und zwei divergenten, nach den Randflächen gekrümmten Wänden. Die Abrundungen vor den Divergenzwänden leiten einen größeren Rohrquerschnitt auf die Düse über.

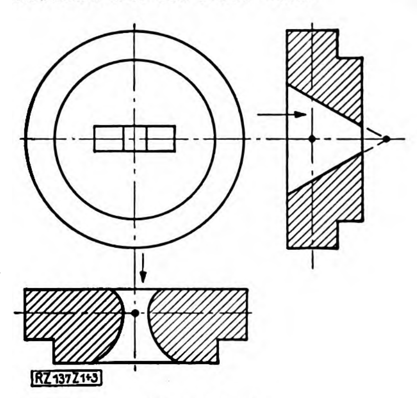


Abb. 1 bis 3
Breitstrahldüse

Die Düse bewirkt mit geringem äußeren Zwang die gewünschte Formänderung der Flüssigkeit. Bei kleinen Strömungsgeschwindigkeiten tritt der freie Strahl als dünne, zusammenhängende Flüssigkeitsschicht, Abb. 4, aus. Hierbei ist die Wirkung der Oberflächenspannung deutlich zu erkennen. Bei größerer Geschwindigkeit zerreißt diese Schicht schon kurz nach ihrem freien Austritt, und die Flüssigkeit wird wegen der Divergenz der Stromfäden völlig zerstäubt, Abb. 5. Ein Leuchtgasstrahl hat dieselbe Form wie ein Wasserstrahl.

Der aus der Düse austretende freie Strahl zeigt, daß die Oberflächenspannung die Strahlbildung nicht so beeinflußt, wie man bisher annahm. Man erklärte z. B. die eigentümliche Strahlform, Abb. 6 und 7, beim Austritt einer Flüssigkeit aus einer quadratischen Öffnung in dünner Wand wie folgt[2]): „Die Oberflächenspannung stumpft die Ecken zunächst ab und zieht dann den Umrißpunkt über die Gleichgewichtlage hinaus ein."

Diese Ansicht über die Ursache der Ausbreitung der vier Strahlrippen ist sicher irrtümlich. Das Rippenkreuz entsteht infolge der konvergenten Strömung, welche sich im Innern des Gefäßes ausbildet. Der Strahl breitet sich an den Stellen aus, wo die Neigung der Stromfäden zum mittelsten Stromfaden am geringsten ist. An sich ist der Austrittwinkel der Stromfäden in bezug auf die Kante an den Oberflächen des Strahles überall gleich. Betrachtet man aber in Abb. 8 zwei Teilchen a und a' nahe der Ecke des Auflaufquerschnittes, so müssen diese beiden Teilchen sehr bald infolge ihrer verschiedenen Strömrichtung aufeinandertreffen. Ihre Bewegungskomponenten vereinigen sich zu einer resultierenden Bewegungsrichtung, die zum mittelsten Stromfaden stärker geneigt ist als die Richtung eines Teilchens, das von der Mitte einer Seite abläuft und nur diejenige Konvergenz hat, die es vom Innern des Gefäßes her mitbringt.

Die Flüssigkeit breitet sich nach den Punkten der schwächsten Konvergenz hin aus. Die Oberflächenspannung wirkt höchstens der Ausbreitung entgegen, kann sie aber

[1]) Auszug aus der gleichnamigen Dissertation des Verfassers.
[2]) Vergl. Philipp Forchheimer, Hydraulik, S. 175.



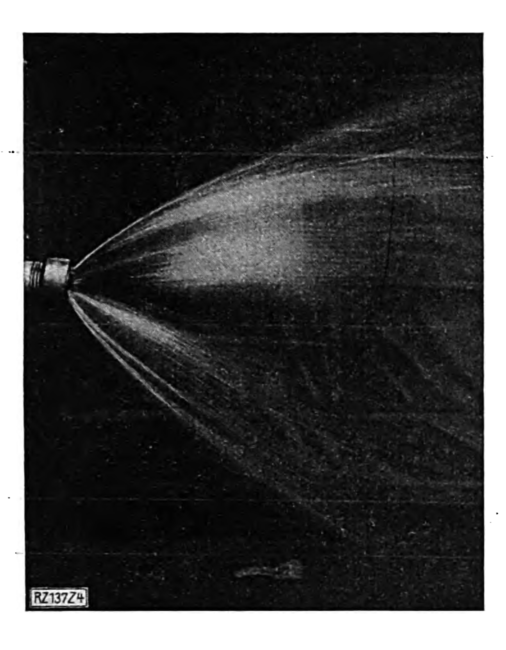


Abb. 4 (links)
Austritt des freien Strahles aus der Breitstrahldüse mit kleiner Strömungsgeschwindigkeit als dünne zusammenhängende Schicht

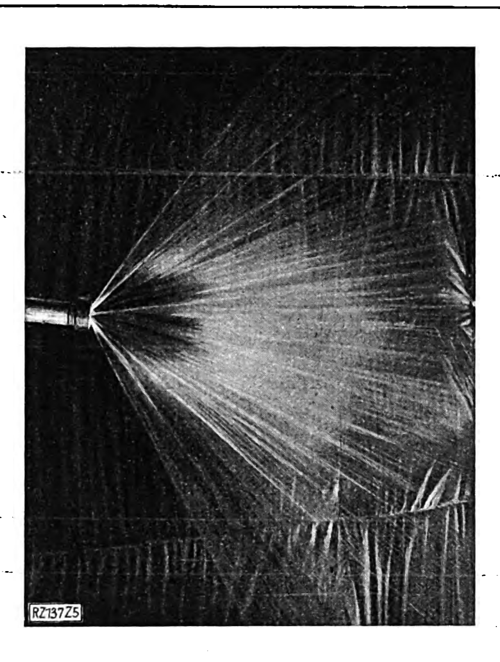


Abb. 5 (rechts)
Austritt des freien Strahles aus der Breitstrahldüse mit größerer Geschwindigkeit; die Schicht zerreißt kurz nach dem freien Austritt, und die Flüssigkeit wird zerstäubt.

nicht verursachen. Sie beeinflußt den Strahl aus der Breitstrahldüse, Abb. 5, schon von 1 at Überdruck an praktisch nicht mehr. Die Strahlbildung ist vielmehr beherrscht von der Konvergenz und Divergenz der Stromlinien.

Unter den vielen Anwendungsmöglichkeiten dieser Düse ist besonders ihre Verwendbarkeit für Feldberegnung untersucht worden. Sie ermöglicht gegenüber den „Runddüsen" die einseitige Beregnung von einem Regnerzug aus[3]). Ein Bild der Flüssigkeitsverteilung und des Streubereichs gibt Abb. 9; der Streuwinkel beträgt 120°. Bei einem Wagerechtwinkel der Düse von 45° und einem Senkrechtwinkel von 30° zur Achse des Regenrohres erhält man als beregnete Fläche nahezu ein Viereck mit 8 m Seitenlänge, dessen eine Seite an dem Regenrohr anliegt. Bei einem normalen Düsenabstand von 6 m an einem Regnerzug erhält man gute Überdeckung der Düsenbereiche. Infolge ihres großen lichten Durchgangs eignen sich die Düsen auch zur Verregnung von Abwasser, das auf eine Korngröße von 2 mm grob vorgereinigt ist. Die Düsen werden entweder als Rohrstück mit einem zweimal gequetschten Ende oder als Hahn ausgeführt, wobei die Düse teils durch das Hahngehäuse und teils durch das Kücken gebildet wird, Abb. 10 und 11. [M 137]

München Studienrat Dr.-Ing. F. Stritter

[3]) Vergl. Z. Bd. 64 (1920) S. 319.

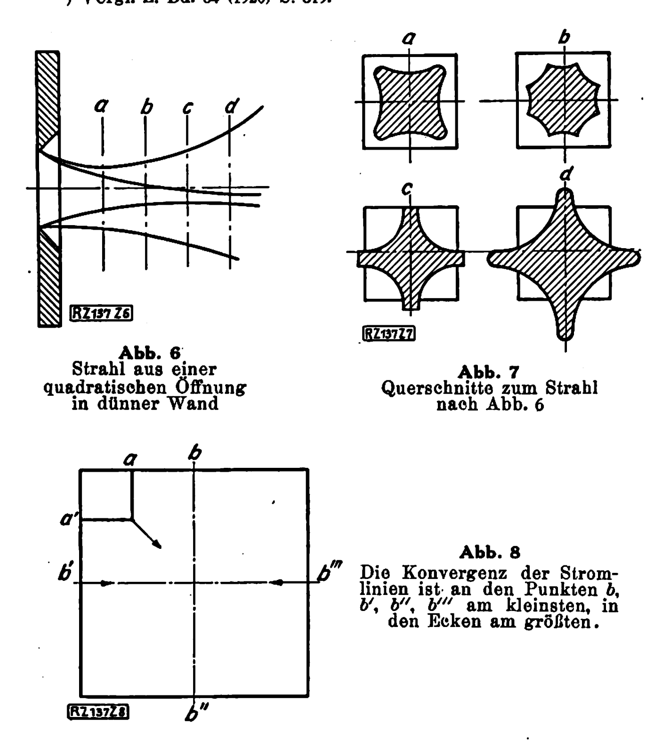


Abb. 6
Strahl aus einer quadratischen Öffnung in dünner Wand

Abb. 7
Querschnitte zum Strahl nach Abb. 6

Abb. 8
Die Konvergenz der Stromlinien ist an den Punkten b, b', b'', b''' am kleinsten, in den Ecken am größten.

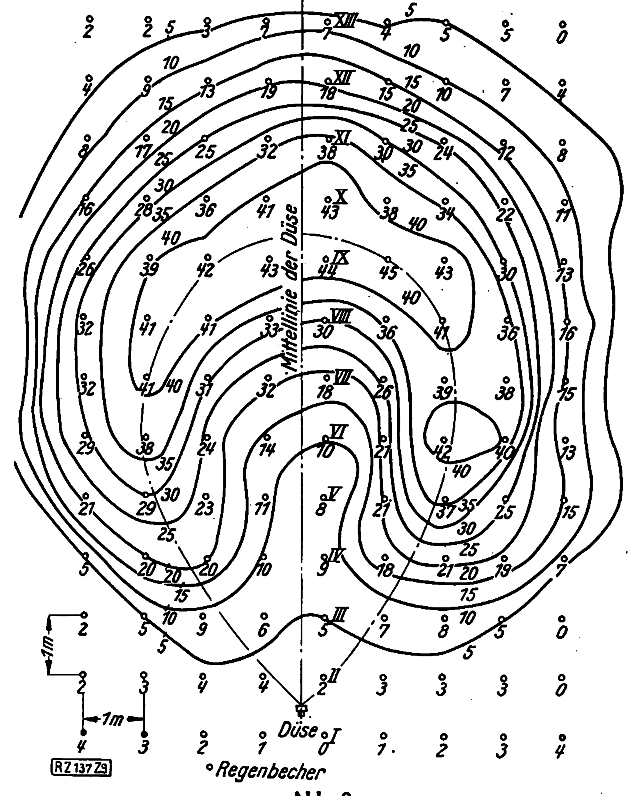


Abb. 9
Flüssigkeitsverteilung und Streubereich der neuen Breitstrahldüse
Regenhöhe in mm — Dauer der Beregnung 5 min — Neigung der Düsenmitte rd. 30° gegen die Wagerechte.

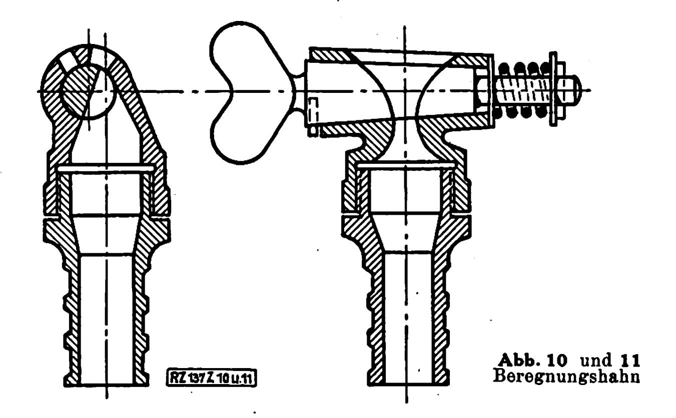


Abb. 10 und **11**
Beregnungshahn



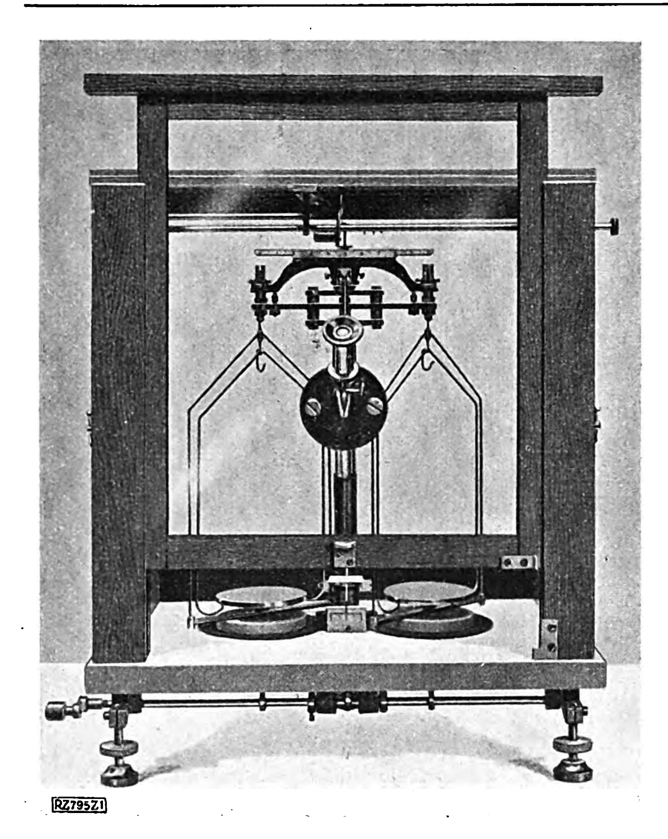


Abb. 12. Analysenwage mit Luftdämpfung

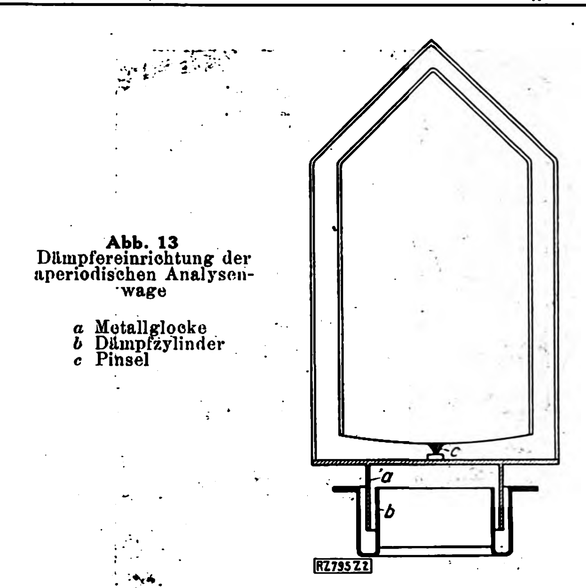


Abb. 13 Dämpfereinrichtung der aperiodischen Analysenwage

a Metallglocke
b Dämpfzylinder
c Pinsel

Chemische Apparate

Analysenwage mit Luftdämpfung

Anläßlich der Achema V (Fünfte Ausstellung für chemisches Apparatewesen) in Essen 1927 wurde eine Analysenwage mit Luftdämpfung, Abb. 12, gezeigt, die von der Firma Kurt Retsch, Düsseldorf, hergestellt wird. Der Vorteil bei der Benutzung einer derartigen Wägevorrichtung besteht darin, daß alsbald nach dem Auflegen des annähernd richtigen Gewichtes und dem Auslösen der Wage der Zeiger zum Stillstand kommt. Mittels Mikroskopes kann man dann an der Skala sofort bis auf 1/100 mg Genauigkeit den Berichtigungswert ablesen.

Folgendes Beispiel wird angegeben: Der Gegenstand wiege 72,86473 g. Auf die rechte Schale setzt man 72,86 g. Das Fadenkreuz des Mikroskops zeigt auf 4,73 links, wobei die Ziffer 7 noch an einem Teilstrich abgelesen werden kann, während die Ziffer 3 auf Schätzung beruht. Der Eichung gemäß entsprechen die abgelesenen 47,3 Teilstriche 4,73 mg, die man im vorliegenden Falle der Gewichtangabe zuzuzählen hätte. Das richtige Gewicht beträgt also 72,86473 g. Die Wage gibt also den richtigen Wert ohne Interpolation und ohne Reiterverschiebungen in kürzester Zeit an.

Die Dämpfeinrichtung, Abb. 13, besteht im wesentlichen aus einer Metallglocke *a*, die in einen Luftzylinder *b* taucht. Der Pinsel *c* dient zur Beruhigung der eigentlichen Wagschale. [M 795] Gsl.

Kleine Mitteilungen

Der Wirkungsgrad von Verbrennungsmaschinen

Gelegentlich der Versammlung der British Association in Leeds hat Prof. David darauf hingewiesen, daß die zum Vergleich benutzten Ideal-Wirkungsgrade, die auf Grund bekannter Werte der spezifischen Wärme und des Dissoziationsgrades berechnet werden, zu niedrig sind, hauptsächlich weil die übliche Bestimmung der spezifischen Wärme der Verbrennungsgase auf Grund der Bombenversuche auf der Annahme beruht, daß die Verbrennung in dem Augenblick beendet ist, wo in der Bombe der höchste Druck auftritt. Wird bei solchen Messungen die unvollständige Verbrennung des Bombeninhalts berücksichtigt, so liefert der Versuch zu hohe Werte für die spezifische Wärme der Verbrennungsgase sowie für den Dissoziationsgrad. Ferner erwähnte David, daß auf Grund vorliegender Versuche der Wirkungsgrad von Verbrennungsmaschinen mit zunehmendem Verdichtungsgrade schneller zunimmt, als theoretisch zu erwarten wäre. Tizard und Pye fanden z. B., daß der Wirkungsgrad beim wirklichen Versuch beim Verdichtungsgrad 1 : 4 82 vH, dagegen beim Verdichtungsgrad 1 : 7 85 vH des Wirkungsgrades des entsprechenden Luftkreisprozeses betragen hat. Dabei sollte man wegen der höheren Verbrennungstemperaturen und des ungünstigeren Verhältnisses von Oberfläche zu Rauminhalt gerade das Umgekehrte erwarten. („Engineering“ 16. September 1927 S. 371*) [N 850 a] H.

Kreiselpumpen mit hohem Wirkungsgrad

Die Worthington Pump and Machinery Corp. hat für ein amerikanisches Wasserwerk zwei Kreiselpumpen geliefert, deren eine in 24 h rd. 265 000 m³, die zweite rd. 190 000 m³ bei der gleichen Förderhöhe von rd. 52 m fördern. Die Pumpen haben gleich große Gehäuse, so daß man die kleinere Pumpe durch einfaches Auswechseln des Läufers auf die Leistung der größeren bringen kann. Die Abnahmeversuche ergaben für die größere Pumpe bei 52,5 m Förderhöhe 86 vH, für die kleinere bei 53,2 m Förderhöhe 88,5 vH Pumpenwirkungsgrad. Zum Antrieb der Pumpen dienen zwei Synchronmotoren von 2600 und 2050 PS. Die zum Erzeugen des beim Anlaufen erforderlichen Unterdrucks eingebauten beiden Luftpumpen werden durch je einen Motor von 5 PS angetrieben. („The Engineer“ 9. September 1927 S. 290*) [N 850 b] Sd.

Selbsttätige Formschneidemaschine mit Sauerstoff-Schneidbrenner

In der Ausstellung für Schiffbau, Ingenieur- und Maschinenwesen in Olympia zeigte die Firma Haucock & Co., Ltd., Aurelia Road, Croydon, eine selbsttätige Maschine zum Formschneiden mittels Sauerstoffbrenners. Ein Tisch trägt zwei Längsschienen, auf denen ein Wagen läuft, der Querschienen hat; auf diesem läuft der Träger für den Schneidbrenner. Die Schablone, die die Umrißform angibt, besteht aus Band-Aluminium, das mit der Hand leicht gebogen werden kann; sie wird mit kleinen Tragstücken auf einer Holzplatte auf dem Tisch befestigt. Das hochkantig stehende Aluminiumband der Schablone wird von zwei am Brennerträger auf dem Wagen befestigten gezähnten Rädern umfaßt, die von einem kleinen Elektromotor angetrieben werden und an der ganzen Schablone entlang laufen, wobei der Schneidbrenner den gleichen Weg über dem Werkstück neben dem Tisch beschreibt; die Geschwindigkeit kann geregelt werden. 6 mm dicke Bleche können mit einer Geschwindigkeit von 38 cm/min geschnitten werden. („American Machinist“ 17. September 1927 S. 62E) [N 850 c] Pa.

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Neue Wilhelmstr. 4, bezogen werden. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 3501)

Handbücher für Motoren- und Fahrzeugbau, Bd. 5a: **Automobilbau.** Von P. M. Heldt. 4. Bd.: Vergaser und Brennstoffe. Deutsche Bearb. von H. Dechamps. Berlin 1927, Richard Carl Schmidt & Co. 200 S. m. 155 Abb. Preis 14 *M*.

Das als Bd. 4 des Sammelwerkes „Automobilbau" herausgegebene Buch bringt in 18 Abschnitten eine gedrängte Übersicht über alle Fragen, die mit der Behandlung des Brennstoffes im Kraftwagen in Zusammenhang stehen. Ausgehend von den Eigenschaften des Benzins und einigen Mitteilungen über seine Gewinnung, behandelt der Verfasser die älteren und neueren Bauarten der Vergaser und ihre Einzelteile an der Hand zahlreicher Abbildungen, die recht gut wiedergegeben sind. Im Anschluß hieran werden Brennstoffbehälter, Fördereinrichtungen für Brennstoffe, Betriebsstörungen an der Brennstoffanlage und die Anwendung der Auspuffgas-Analyse zum richtigen Einstellen der Vergaser besprochen. Den Abschluß bilden Betrachtungen über Petroleum, Benzol und andre Ersatzbrennstoffe sowie ein kurzer Abschnitt über das Klopfen und seine Verhinderung.
[E 664] H.

Automobilreifen. Von Gabriel Becker. Berlin 1927, M. Krayn. 95 S. m. 97 Abb. Preis 4,50 *M*.

Mit Unterstützung des Reiches und der Allgemeinen Berliner Omnibus A.-G., die Wagen zur Verfügung stellte, hat der Verfasser vergleichende Untersuchungen über die Federwirkung von Vollgummireifen, Kissenreifen, Hochdruckluftreifen und Niederdruck- oder Ballonreifen für schwere Kraftwagen durchgeführt, deren Ergebnisse in sehr anschaulicher Weise gestatten, eine beliebige Reifenart auf ihre elastischen Eigenarten hin zu werten. Als Vergleichsmaß dient hierbei das unter bestimmten Verhältnissen für je 1000 kg Mehrbelastung aufgenommene Arbeitsvermögen, eine Kennzahl, die sich nur mit der ruhenden Anfangslast des Reifens ändert, und zwar bei steigender Anfangslast kleiner wird. Nach dieser Wertung fallen Reifen mit 4 bis 8 mkg Aufnahmevermögen in die Gruppe der Vollgummireifen, solche von 8 bis 12 mkg in die Gruppe der Kissenreifen, solche von 15 bis 23 mkg in die Gruppe der Hochdruckluftreifen und solche von 23 bis 60 mkg in die Gruppe der Ballonreifen.

Wertvoll sind auch die allgemeinen Schlußfolgerungen, die der Verfasser aus den bisherigen Ergebnissen mit Bezug auf den Angriff der Straßendecke zieht. Danach eignen sich Vollgummireifen nicht für Fahrzeuge, die Geschwindigkeiten über 15 km/h erreichen können, weil bei dieser Reifenart die Drücke auf die Straßendecke durch Unebenheiten auf ein Mehrfaches gesteigert werden können. Anderseits schonen die weicheren Reifenarten die Straßendecke in so hohem Grade, daß man daran denken könnte, Fahrzeugen, die solche Reifen verwenden, Steuerermäßigungen bis zu 36 vH zu gewähren.

Die Versuche wurden sinngemäß auch auf Reifen für Personenwagen und für Schlepper ausgedehnt, wobei sich keine grundsätzlich neuen Gesichtspunkte ergeben haben. Wertvoll wäre noch eine Ausdehnung der Untersuchungen auf das wirtschaftliche Gebiet, weil man dann den Kennzahlen über das elastische Verhalten auch solche über die Kosten gegenüberstellen könnte. [E 808] Dr. Heller

Werkstattbücher, 29. H.: **Kugel- und Rollenlager.** Von H. Behr. Berlin 1927, Julius Springer. 64 S. m. 197 Abb. Preis 1,80 *M*.

Werkstattbücher, 30. H.: **Gesunder Guß.** Von Dr. Erdmann Kothny. Berlin 1927, Julius Springer. 70 S. m. 125 Abb. u. 14 Tab. Preis 1,80 *M*.

Heft 29 der Werkstattbücher behandelt die Kugel- und Rollenlager unter besonderer Berücksichtigung des Einbauens. Beachtet man, daß nach Untersuchungen rd. 70 vH aller frühzeitig zerstörten Lager durch falschen Einbau und unrichtige Behandlung verdorben wurden, so wird man zugeben, daß gerade die in diesem Heft gegebenen Anweisungen über richtigen und fehlerhaften Einbau dazu beitragen können, eine große Verlustquelle auszumerzen.

Dem gleichen Zweck dient auch Heft 30, das eine Anleitung für Konstrukteure und Gießer darstellt, um Fehlguß zu verhindern. Ein Guß ist erst dann als „gesund" anzusprechen, wenn er nach jeder Richtung hin seiner Güte nach einwandfrei ist und sich auf die billigste Art erzeugen läßt. Das Heft gibt nun in knapper, sachlicher Form für Grau-, Temper- und Stahlguß Richtlinien, die sowohl vom Konstrukteur wie vom Gießer beachtet werden müssen. Die große Zahl der Abbildungen, namentlich die Gegenüberstellungen von „Falsch" und „Richtig", geben dem Heft den Charakter eines Betriebs- und Lehrbuches.
[E 641] W. Wiedemann

Schweißen, Schneiden und Metallspritzen mittels Azetylen. Von J. H. Vogel. Halle a. d. S. 1927, Carl Marhold. 129 S. m. 98 Abb. Preis 4,50 *M*.

Neun Vorträge, die am 17. und 18. September 1926 auf der Hauptversammlung des Deutschen Azetylenvereins in Eisenach gehalten wurden, sind durch wörtliche Wiedergabe der in der Aussprache vorgebrachten Ergänzungen vervollständigt. Das Gebiet der Azetylenexplosionen, ihre Ursache, Wirkung und Verhinderung wird allein in vier Vorträgen und einem besonderen Bericht über „tote Räume und Lufttaschen in Azetylen-Entwicklern" sehr ausgiebig behandelt. Über die physikalischen Eigenschaften der mittels Azetylen-Sauerstoff oder auf elektrischem Wege geschweißten Erzeugnisse werden in einem Vortrag eingehende Untersuchungen gebracht mit dem Ergebnis, daß jedes der beiden Schweißverfahren seine bestimmten Vorteile hat, so daß sich auch in Zukunft beide weiter entwickeln werden, ohne daß das eine das andere verdrängen kann. Neue Gesichtspunkte bringt die Untersuchung der Schweißflamme, die in einem sehr umfangreichen Vortrage behandelt wird. Besonders der Flugzeugbau und das Metallspritzverfahren sind neue Anwendungsgebiete der Gasschmelzschweißung.

Das Buch zeigt, daß das Gebiet der autogenen Metallbearbeitung noch lange nicht erschöpft ist und immer wieder neue Aufgaben stellt. Es zeigt aber auch, daß deutsche Wissenschaft und deutsche Gründlichkeit hier eine Arbeit geleistet haben, die weit über die Grenzen unseres Landes hinaus Beachtung und Anerkennung finden wird.
[E 790] Dipl.-Ing. Kalisch

Die Wassersperrarbeiten bei Bohrungen auf Erdöl. Von B. Schwaiger. Berlin 1927, Julius Springer. 107 S. m. 53 Abb. Preis 9 *M*.

Das vorliegende Buch bereichert in erfreulicher Weise das sonst so magere deutsche Schrifttum über Bohrungen auf Erdöl. Der Verfasser gibt nicht nur seine eigenen Erfahrungen und Vorschläge hinsichtlich Bekämpfung der schädlichen Verwässerung der Bohrlöcher bekannt, sondern bringt auch verschiedene Angaben über amerikanische Verfahren, die man sich sonst aus den Zeitschriften mühsam zusammensuchen müßte. Auf diese Weise erhält der mit der Ausführung der Bohrungen betraute Fachmann wertvolle Fingerzeige über die zahlreichen, der Wasserabsperrung dienenden Verfahren, die Art, Behandlung und Verwendung der Dichtungsstoffe bei verschiedenen Gebirgsverhältnissen. Die Ausführungen werden durch die Schilderung der Überwachungsmaßnahmen und Prüfungen vollzogener Sperren ergänzt und durch klare bildliche Darstellungen erläutert. [E 810] Steiner

Handbuch der Physik. Herausgeg. von H. Geiger und Karl Scheel. 9. Bd.: Theorien der Wärme. Red. von F. Henning. Berlin 1926, Julius Springer. 616 S. m. 61 Abb. Preis 49,20 *M*.

In einem für Physiker bestimmten Band über die Theorie der Wärme kann der Ingenieur mit durchschnittlicher mathematischer und physikalischer Vorbildung nicht erwarten, etwas für ihn Genießbares zu finden. Aber mit Genugtuung wird er nach Durchsicht dieses Buches, wie der Kandidat Jobs von einer guten Predigt, sagen können:

„Den einen Theil Niemand verstehen kann,
Den andern Theil aber verstehet man."

In der Tat erstrecken sich die viel mathematische Vorkenntnisse verlangenden fünf ersten Kapitel von K. F. Herzfeld, Bennewitz, Smekal, Landé und Byk fast genau bis in die Mitte des Buches. Dann aber folgen drei Kapitel, die ohne besondere Schwierigkeit auch dem Ingenieur zugänglich sind. In Kapitel 6 behandelt G. Jäger die kinetische Theorie der Gase und Flüssigkeiten so einfach und klar, daß auch jemand, der noch gar nichts von der kinetischen Theorie weiß, ein sehr vollständiges Bild von ihr gewinnt. Kapitel 7, bearbeitet von W. Jaeger, enthält eine äußerst lesenswerte Darstellung der Erzeugung von Wärme aus andern Energieformen mit starker Betonung der Versuchsverfahren. Acht Arten der Energieumwandlung in Wärme sind darin behandelt, nämlich die aus mechanischer, aus elektrischer und aus magnetischer

Energie, beim Atomzerfall, bei Aggregatänderungen und -umwandlungen, bei Strahlung, bei Dissoziation und aus chemischer Energie. Im Schlußkapitel endlich unterrichtet uns Henning über Temperaturmessung. Da wohl fast jeder Ingenieur sich gelegentlich mit Fragen der Temperaturmessung zu befassen hat, so kann das Studium dieses Kapitels, das die theoretischen und experimentellen Grundlagen aller Verfahren besonders klar und systematisch erörtert, nicht eindringlich genug empfohlen werden. Noch wertvoller wäre es freilich für den Ingenieur, wenn in dem Abschnitt „Spezielle Probleme" auch einige praktische Aufgaben, wie die der Temperaturmessung strömender Stoffe, kurz erörtert wären, während sich der Verfasser bezüglich solcher Aufgaben mit dem Hinweis auf das Buch von Knoblauch und Hencky begnügt. Aber die beiden letzten Kapitel des Bandes entfernen sich schon so weit von dem Haupttitel „Theorie der Wärme", daß man die Zurückhaltung des Verfassers in dieser Hinsicht verstehen kann.

Bei dem ganzen Band fällt besonders auf, wie glücklich der Stoff an die Bearbeiter verteilt ist. Jedes einzelne Kapitel atmet den Geist der Originalität und der Persönlichkeit eines Meisters des behandelten Sondergebietes.

[E 809] Max Jakob

Essays on the art and principles of chemistry. Von Henry E. Armstrong. London 1927, Ernest Benn. 276 S. Preis 15 sh 10 d.

Mit diesen Beiträgen zur angewandten Chemie will der Verfasser die Notwendigkeit der wissenschaftlichen Ausgestaltung der praktischen Chemie betonen. Er möchte den Leser zum selbständigen Denken anregen und vermeiden, daß man „das Knie vor der Autorität beugt". Er bringt zum Ausdruck, daß alles, auch die Wissenschaft, kritisch betrachtet werden soll. Unter den verschiedenen Beiträgen befindet sich auch die erste Rudolph Messel-Gedächtnis-Vorlesung aus dem Jahre 1922. [E 637] Ks.

Techniker und Juristen. Erinnerungen und Betrachtungen. Dem Reichspatentamt zum 50jähr. Jubiläum von ehemaligen Mitgliedern. Berlin 1927, Carl Heymann. 169 S. Preis 5 ℳ.

Abhandlungen zum Arbeitsgebiet des Reichspatentamts. Festgabe zur Feier des 50jähr. Bestehens des Reichspatentamts. Herausgeg. von Hermann Isay. Berlin 1927, Carl Heymann. 224 S. Preis 15 ℳ.

Das Reichspatentamt 1877—1927. Rückblick auf sein Werden und Wirken. Herausgeg. vom Reichspatentamt. Berlin 1927, Carl Heymann. 129 S. Preis 9 ℳ.

In dem ersten Buch, „Techniker und Juristen", geben 18 Techniker und Juristen, die an maßgebenden Stellen im Patentamt an der ungewöhnlich raschen Entwicklung mitgearbeitet haben, Erinnerungen persönlicher Art, meist in humorvollem Plauderton, zum besten.

Die von Isay herausgegebenen „Abhandlungen" sollen den Dank der deutschen Rechtswissenschaft für die fruchtbaren Anregungen darstellen, die vom Patentamt in den 50 Jahren seines Bestehens ausgegangen sind. Elf Juristen und ein Patentanwalt beschäftigen sich eingehend mit aktuellen Fragen aus dem Patentrecht und Warenzeichenrecht, die auch für den Techniker von hohem Wert sind.

Der dritte Band, „Das Reichspatentamt", ist vom Patentamt als Denkschrift zum 50jährigen Bestehen herausgegeben; er gibt einen Überblick über die Entwicklung und einen Einblick in die Tätigkeit des Amtes. Nach einer allgemeinen Betrachtung über das Patentwesen und die Behörde werden kurz die Gebiete behandelt, auf denen bedeutende Erfindungen gemacht und wichtige Patente erteilt worden sind.

Allen drei Büchern ist in den Kreisen der Technik und Industrie weiteste Verbreitung zu wünschen.

[E 781] W. G.-B.

Werkstofftagung Berlin, 22. Oktober bis 13. November 1927. Zweck und Ziel, Organisation, Vorträge (WT 4). Verlag der Werkstofftagung, Berlin 1927, Ingenieurhaus. 38 S. Kostenlos.

Rationeller Dieselmaschinenbetrieb. Anleitung für Betrieb, Instandhaltung und Reparatur ortfester Viertakt-Dieselmaschinen. Von Josef Schwarzböck. Berlin 1927, Julius Springer. 143 S. m. 62 Abb. Preis 9 ℳ.

Wärmetechnische Berechnung der Feuerungs- und Dampfkesselanlagen. Von Fr. Nuber. 4. Aufl. München und Berlin 1927, R. Oldenbourg. 116 S. m. 10 Abb. Preis 4,20 ℳ.

Brennstoffuntersuchungen 1926 der Thermochemischen Versuchsanstalt. Von Prof. Dr. Aufhäuser. Hamburg 1927, Selbstverlag. 23 S. Preis 3 ℳ.

Die deutsche Braunkohlenindustrie, 3. Bd.: **Die Chemie der Braunkohle.** Herausgeg. von E. Erdmann und M. Dolch. 2. Aufl. Halle a. d. S. 1927, Wilhelm Knapp. 321 S. m. 191 Abb. Preis 42 ℳ.

Report on tabulating the results of heat engine trials 1927. London 1927, William Clowes and Sons, Ltd. 330 S. Preis 5 sh.

Motor Vehicles and their engines. Von Edward S. Fraser und Ralph B. Jones. 3. Aufl. New York 1927, D. van Nostrand Co. 434 S. m. 367 Abb. Preis 3 $.

Erläuterungen zu den Vorschriften für elektrische Bahnen. (Gültig ab 1. Januar 1926.) Herausgeg von H. Uhlig. Berlin 1927, Julius Springer. 79 S. Preis 5 ℳ.

Flugzeugbau und Luftfahrt, 7. H.: **Der Flugmotor.** Von W. Möller. 1. T.: Grundlagen. Berlin-Charlottenburg 1927, C. J. E. Volckmann Nachf. 71 S. m. 46 Abb. Preis 2,50 ℳ.

Taschenbuch der Luftflotten Jg. 1927. Herausgeg. von Werner von Langsdorff. Frankfurt a. M. 1927, H. Bechhold. 556 S. m. 824 Abb. Preis 12 ℳ.

Die Lehre vom Trocknen in graphischer Darstellung. Von Karl Reyscher. 2. Aufl. Berlin 1927, Julius Springer. 74 S. m. 34 Abb. Preis 4,50 ℳ.

Haeders Hilfstabellen für technische Berechnungen und Konstruktionen. Von Walter Haeder. 10. Aufl. Wiesbaden 1927, Otto Haeder. 132 S. m. zahlr. Abb. Preis 1,80 ℳ.

Anlagensammlung zu den Technischen Vorschriften für Bauleistungen. Normen, Vorschriften, Erlasse. Bearb. von Ob.-Reg.-Baurat Voß und Reg.-Oberinsp. Beerhold. Berlin 1927, Bauwelt-Verlag. 490 S. m. Abb. Preis 8 ℳ.

Erprobte Bauanweisungen. Von Curt Jauer. Berlin 1927, Rothgiesser & Diesing. 100 S. m. 141 Abb. Preis 3 ℳ.

Die Tagesbeleuchtung von Innenräumen. Vier Vorträge, gehalten auf der 14. Jahresversammlung der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft, E. V., in Essen am 17. September 1926. Berlin 1927, Selbstverlag der Gesellschaft. 76 S. m. Abb. Preis 1,50 ℳ.

Die Abwasserreinigung. Von H. Bach. München und Berlin 1927, R. Oldenbourg. 183 S. m. 64 Abb. Preis 9,60 ℳ.

Bund der Elektrizitätswerke der neuen Gebiete Rumäniens: **Statistik der Elektrizitätswerke Rumäniens 1926.** Hermannstadt-Sibiu, Geschäftstelle des Bundes. 98 S. Preis 11 ℳ.

Technisch-Physikalische Rundblicke. Von Dr. J. Gelfert. Leipzig und Berlin 1927, B. G. Teubner. 178 S. m. 196 Abb. Preis 4,80 ℳ.

Numerische Infinitesimalrechnung. Von Martin Lindow. Berlin und Bonn 1927, Ferd. Dümmler. 176 S. m. 17 Figuren. Preis 15 ℳ.

Die Radio-Reihe, 22. Bd.: **Transformatorenverstärker.** Von Ludwig Müller und Manfred von Ardenne. Berlin 1927, Richard Karl Schmidt & Co. 137 S. m. 66 Abb. Preis 4 ℳ.

Schweizer Schriften für Rationelles Wirtschaften. Nr. 3: **Zur Psychologie der Arbeit.** I. Die Psychologische Seite der Arbeit von J. Suter. II. Zur Psychologie der Führung von A. Carrard. Zürich 1927, Mühlesteg, Hofer & Co. A.-G. 100 S. Preis 5 ℳ.

Welthandels-Atlas, 25. Bd.: Erdöl und Benzin. Produktion, Handel und Konsum. Von Walther Schmidt und Georg Heise. Berlin-Lichterfelde 1927, Columbus-Verlag G. m. b. H. (Paul Oestergaard). Preis 3,50 ℳ.

Neuere monopolistische Tendenzen in Industrie und Handel. Von Gustav Cassel. Berlin 1927, Julius Springer. 78 S. Preis 3,90 ℳ.

Tatsachen und Zahlen aus der Kraftfahrzeug-Industrie 1927. Zusammengestellt vom Reichsverband der Automobil-Industrie, E. V. Berlin. 77 S. m. Abb. Preis 0,75 ℳ.

Festschrift anläßlich des 30jährigen Bestehens der Deutschen Gewerbeschule und des 25jährigen Bestehens der Staatsgewerbeschule in Mähr.-Schönberg. 1927, Verlag der Staatsgewerbeschule. Preis 2,50 ℳ.

Der Arbeitsnachweis Dresden im Dienste der Wirtschaft. Aus seiner Tätigkeit im Jahre 1926/27. Von Dr. Nerschmann. 52 S. Preis 1 ℳ.

Carlswerk - Rundschau. Herausgeg. von Felten & Guilleaume-Carlswerk, A.-G., Köln-Mülheim. 1. H. Juli 1927. 32 S. m. Abb. Preis 1 ℳ.

Sammlung Göschen. 102. Bd. **Geodäsie** (Landesvermessung und Erdmessung. Von Gustav Förster. Berlin und Leipzig 1927, Walter de Gruyter & Co. 121 S. m. 33. Abb. Preis 1,50 ℳ.



Die erste deutsche Werkstofftagung

Sonnabend, den 22. Oktober, bis Sonntag, den 13. November 1927, Berlin

Die vom Verein deutscher Ingenieure, dem Verein deutscher Eisenhüttenleute, der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde, dem Zentralverband der Deutschen Elektrotechnischen Industrie und zahlreichen andern Verbänden der Erzeuger und Verbraucher sowie dem Ausstellungs-, Messe- und Verkehrsamt der Stadt Berlin veranstaltete Werkstofftagung hat die Aufgabe, die breiten Schichten der Werkstofferzeuger mit den noch viel größeren Kreisen der Werkstoffverbraucher zu enger Gemeinschaftsarbeit zusammenzuführen[1]. Die Werkstoffe haben eine solche Bedeutung für die Weiterentwicklung der Technik und der Industrie, daß von ihren Eigenschaften und ihrer Güte Wirtschaftlichkeit und Betriebsicherheit in hohem Grad abhängen. Deutschland ist mehr als viele andre Länder in seiner heutigen Lage darauf angewiesen, in der Güte seiner gewerblichen und industriellen Erzeugnisse führend voranzugehen. Der Wert jedes Erzeugnisses aber ist in hohem Maß bedingt durch die Güte des Werkstoffes und seiner zweckmäßigen Verwendung. Diese Erkenntnis soll die Werkstofftagung den breitesten Schichten des deutschen Volkes vermitteln und dadurch Mitarbeiter in allen Kreisen der Industrie, des Handwerks und des Gewerbes gewinnen in dem Bestreben, Güte und Wert unsrer Waren zu steigern[2].

Die Werkstoffe und ihre Verwendungsgebiete in der Technik sind heute viel zu zahlreich und verschiedenartig, als daß sie in der zur Verfügung stehenden Zeit und mit den verfügbaren Mitteln in einer einzigen Tagung auch nur annähernd vollständig behandelt werden könnten. Die veranstaltenden Verbände haben sich daher entschlossen, im Herbst 1927 nur drei große Gruppen von Werkstoffen: Stahl und Eisen, die Nichteisenmetalle und die elektrotechnischen Isolierstoffe zu behandeln. In einer späteren Tagung sollen die übrigen, nicht weniger wichtigen Werkstoffe und auch die Verbrauchs- und Betriebstoffe vorgeführt werden.

[1]) Anmeldebogen liegt dieser Nummer sowie den VDI-Nachrichten Nr. 39 vom 28. September 1927 bei.

[2]) In dem gleichen Bestreben und gewissermaßen als Vorarbeit für die Werkstofftagung hat auch die VDI-Zeitschrift das Fachgebiet „Werkstoffe" in den letzten Jahren planmäßig besonders berücksichtigt.

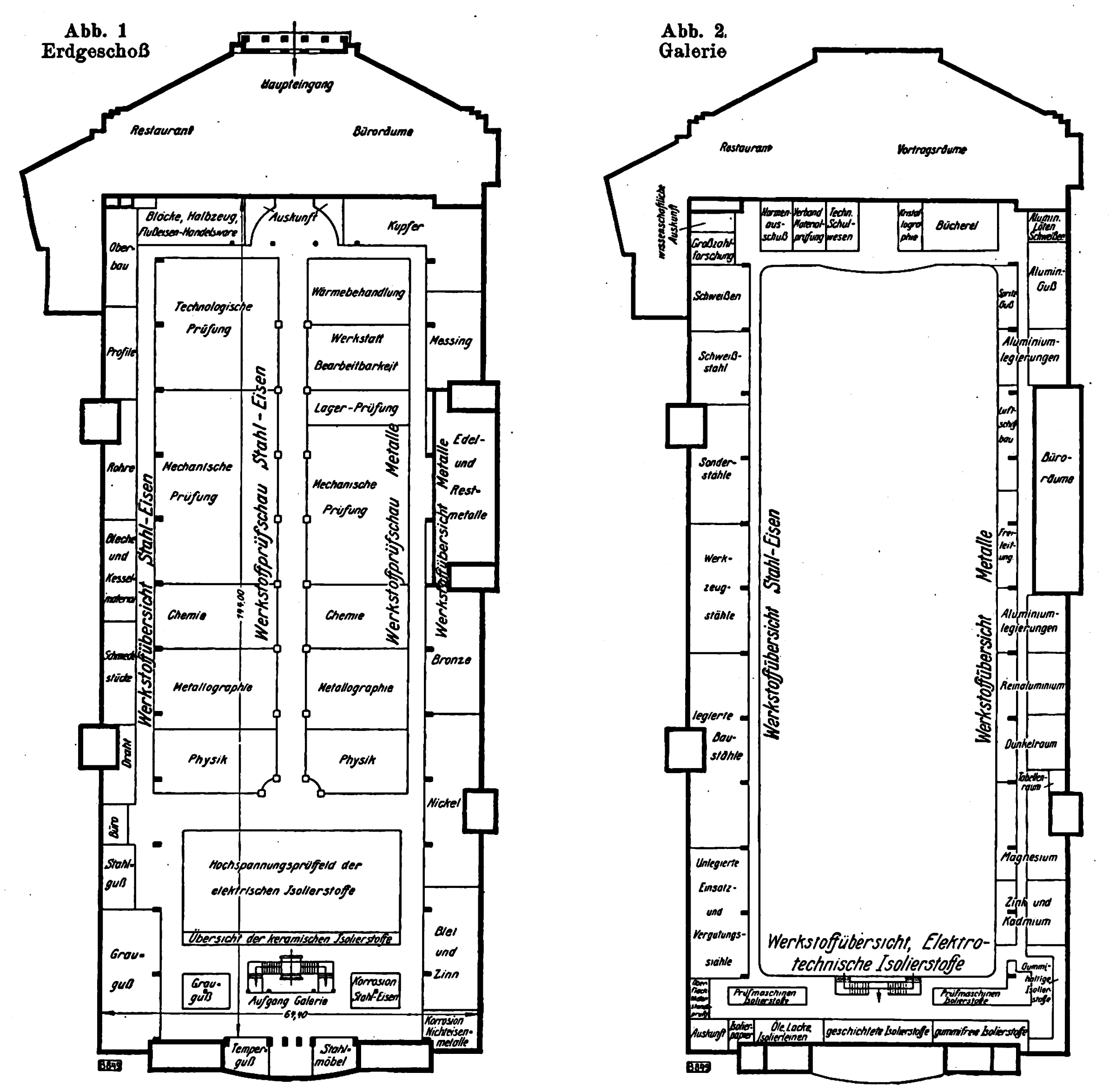


Abb. 1 und 2
Verteilung der Werkstoffschau in der Ausstellungshalle

Die gesamte Veranstaltung gliedert sich in die Werkstoffschau und die Werkstoffvorträge. Die Werkstoffschau findet in der neuen Ausstellungshalle am Kaiserdamm in der Zeit vom 22. Oktober bis 13. November statt. Die Werkstoffvorträge werden zum größten Teil in der Technischen Hochschule Charlottenburg in der Zeit vom 24. Oktober bis 5. November gehalten.

Die Werkstoffschau

In der Ausstellungshalle sollen einerseits die Prüfverfahren zur Ermittlung der Werkstoffeigenschaften, anderseits aber auch die Werkstoffe selbst und ihre Verwendungsmöglichkeiten gezeigt werden; daher gliedert sich die Werkstoffschau in eine Werkstoffprüfschau und eine Werkstoffübersicht. Diese beiden Hauptabteilungen sind wieder gegliedert nach den drei Stoffgruppen: Stahl und Eisen, Nichteisenmetalle und elektrotechnische Isolierstoffe. Einen Überblick über die gesamte Werkstoffschau geben Abb. 1 und 2, während Abb. 3 im vergrößerten Maßstabe die Anordnung der Werkstoffprüfschau im Erdgeschoß der Ausstellungshalle zeigt.

Die Werkstoffprüfschau umfaßt bei der Gruppe Stahl und Eisen die technologische, mechanische, chemische, metallographische und physikalische Abteilung sowie die Abteilung für Wärmebehandlung. In der technologischen Abteilung werden Werkstoffeigenschaften geprüft, die weniger mit genauen Meßvorrichtungen vorgenommen werden, als vielmehr auf Grund der Beurteilung des erfahrenen Werkstoffprüfers, z. B. die Bearbeitbarkeit durch spanabhebende Werkzeuge, die Prüfung der Widerstandfähigkeit gegen Abnutzung, die Warm- und Kaltverformung, die Schweißbarkeit, die Funkenprobe usw. In der mechanischen Abteilung werden Zugversuche mit Zerreißmaschinen der verschiedenen Bauarten, Druck- und Knickversuche, Härteprüfungen, Biege-, Kerbschlag-, Ermüdungs-, Schwingungsversuche usw. durchgeführt, ferner Versuche mit Sondermaschinen, z. B. Draht-, Ketten- und Seilprüfungen. In der chemischen Abteilung werden die verschiedenen Arten der Probenahme und die analytischen Verfahren zur Ermittlung der chemischen Zusammensetzung gezeigt.

Die metallographische Prüfung umfaßt die thermische Analyse und die Gefügeuntersuchung. Auf Schleif- und Poliereinrichtungen verschiedener Bauart werden die Schliffe vorbereitet, sodann geätzt und schließlich mit Mikroskopen untersucht. Zur Fertigstellung von Schliffbildern ist eine Dunkelkammer vorgesehen. In einem besonderen Raume können Lichtbilder vorgeführt werden, von denen eine umfassende Sammlung vorhanden ist.

Die physikalische Abteilung ist nicht in zwei parallele Untergruppen für Stahl und Eisen und Nichteisenmetalle zerlegt, da die Versuchsverfahren für alle metallischen Werkstoffe gleich sind. Auf der Seite der Gruppe Stahl und Eisen, vergl. Abb. 3, werden die Temperaturmessung mit Thermoelementen und optischen Pyrometern, die Überwachung und Eichung der Meßgeräte, die Messung der Wärmeausdehnung, die Bestimmung der Umwandlungspunkte im Stahl und die magnetische Prüfung der Werkstoffe, z. B. für Magneträder, vorgeführt; auf der Seite der Nichteisenmetalle befinden sich die Prüfgeräte zur Längenmessung, zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes, des spezifischen elektrischen Widerstandes, der Temperaturzahl usw.

Die Abteilung Wärmebehandlung der Gruppe Stahl und Eisen ist ebenfalls bei den Nichteisenmetallen untergebracht. Hier stehen Gasöfen sowie elektrische Muffel- und Salzbadöfen mit Einrichtungen zum Prüfen und Überwachen der Temperatur. Alle Arten der Wärmebehandlung, wie Glühen, Härten, Vergüten, Einsatzhärten usw., werden an Kohlenstoffstählen und legierten Stahlsorten vorgeführt. Die der Wärmebehandlung unterzogenen Werkstoffe können sofort durch Festigkeits-, Härte- und Oberflächenuntersuchungen usw. geprüft werden, damit sich die Besucher von den Erfolgen der Wärmebehandlung überzeugen können.

Die Prüfschau der Nichteisenmetalle hat fast genau die gleiche Gliederung wie die Prüfschau der Gruppe Stahl und Eisen; auch sie umfaßt eine technologische, mechanische, chemische, metallographische und physikalische Abteilung. Der technologischen Abteilung, die wieder zwei Unterabteilungen: Werkstatt und Bearbeitbarkeit, hat, ist noch eine weitere Abteilung angegliedert, in der die verschiedenen Lagermetalle und auch fertige Lager betriebsmäßig untersucht werden.

Bei der Gruppe der elektrotechnischen Isolierstoffe hat man von einer Einteilung in mechanische, technologische Prüfungen usw. abgesehen, da die kleineren Prüfmaschinen zum größten Teil auf der Galerie bei den einzelnen Stoffgruppen aufgestellt werden konnten. Das elektrische Prüffeld, das am Ende der Ausstellungshalle im Erdgeschoß aufgebaut ist, vergl. Abb. 3, umfaßt vorzugsweise Hochspannungsanlagen, z. B. eine Hochspannungs-Stoßprüfanlage und eine Überschlagprüfanlage von je 1 Mill. V, außerdem größere Prüfmaschinen und Versuchseinrichtungen.

Die Werkstoffübersicht bildet eine notwendige Ergänzung der Prüfschau. Ihre belehrende Abteilung zeigt die Mannigfaltigkeit der zur Verfügung stehenden Stoffe und deren wichtigste Anwendungsgebiete, die richtige Auswahl, die falsche und richtige Behandlung sowie das Verhalten bei verschiedenen Formgebungs- und Benutzungsarten. Sie ist in den Seitengängen des Erdgeschosses und auf der ganzen Galerie untergebracht, vergl. Abb. 1 und 2.

Bei der Gruppe Stahl und Eisen werden die wichtigsten Handelsformen von Stahl und Eisen, nach Sorten gegliedert, ausgestellt. Auch Fertigerzeugnisse, aus den verschiedensten Stählen hergestellt, sollen hier gezeigt werden. Ferner wird der gegenwärtige Stand der Werkstoffnormung in allen Abteilungen besonders berücksichtigt werden. In der belehrenden Abteilung sollen alle die Erscheinungen eingehend erläutert werden, die untrennbar mit dem Wesen des Stahls und der Eigenart seiner Herstellungsbedingungen zusammenhängen. Namentlich soll eine Nebeneinanderstellung richtiger und falscher Konstruktionen auf die zweckrichtige Verwendung der Stähle hinweisen.

Die Werkstoffübersicht der Nichteisenmetalle gliedert sich nach stofflichen Gesichtspunkten. Im Erdgeschoß werden die Metalle Kupfer, Nickel, Blei und Zinn mit ihren Legierungen angeordnet, während auf der Galerie die Leichtmetalle Aluminium und Magnesium mit ihren Legierungen, sowie Zink und Kadmium untergebracht werden. Ein besonderer Raum des Erdgeschosses enthält die Edelmetalle. Auch der Korrosion ist ein Raum gewidmet.

Die Werkstoffübersicht der elektrotechnischen Isolierstoffe ist in vier Gruppen eingeteilt, die sich zwangläufig aus der Verschiedenheit der einzelnen Stoffe ergeben. Die Gruppe I umfaßt u. a. Glimmer, Mikanit, Hartpapier, Fiber, die Gruppe II Ölstoffe und Isolierlacke, die Gruppen III und IV die gummifreien, gummihaltigen und keramischen Isolierstoffe, die Natursteine, die Isolieröle und Vergußmassen. Auch hier kann man wiederum zwischen der reinen Übersicht und der belehrenden Abteilung unterscheiden, die einen Einblick in die kennzeichnenden Anwendungsformen vermittelt.

Die Werkstoffvorträge

Die Werkstoffvorträge bezwecken vor allem, die Gemeinschaftsarbeit zwischen Erzeugern und Verbrauchern zu fördern und das, was auf der Werkstoffschau gezeigt wird, zu erläutern. Insbesondere soll auch jedem Besucher Gelegenheit geboten werden, in der Aussprache seine Erfahrungen mitzuteilen, Anregungen zu geben, Wünsche zu äußern und Fragen zu stellen. Durch diesen Erfahrungsaustausch wird sich das Verständnis für die Bedeutung der Werkstoffkunde und der Materialprüfung zweifellos wirkungsvoll vertiefen.

Die Vorträge sollen einen abgerundeten Überblick über den heutigen Stand der Werkstoffkunde und Werkstoffprüfung geben. Auch Einzelfragen, die zur Zeit besonders wichtig sind, sollen eingehend behandelt werden.

Die Zahl der Vorträge beträgt etwa 200; die Dauer eines Einzelvortrages soll 30 Minuten nicht überschreiten, damit möglichst viel Zeit für die Aussprache verbleibt. Da Vertreter der verschiedensten Richtungen von Er-

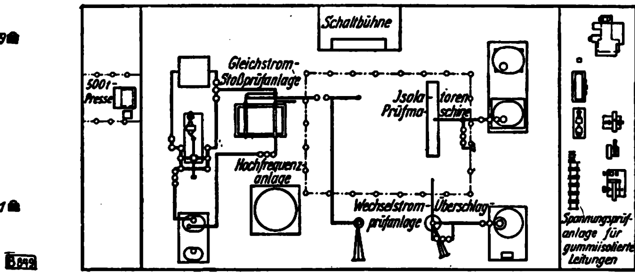


Abb. 3. Die Werkstoffprüfschau

zeugern und Verbrauchern: Werkstofforscher, Konstrukteure, Betriebs- und Prüfingenieure, ferner Meister, Handwerker und Facharbeiter und endlich auch alle Kreise von Werkstoffkäufern an der Werkstofftagung teilnehmen werden, so werden die meisten Vorträge und Vortragsreihen nur auf einen bestimmten Kreis von Besuchern abgestimmt sein, so daß trotz der großen Zahl von Berichten und Vorträgen die Beanspruchung für den einzelnen nicht zu groß ist.

In dankenswerter Weise hat sich eine große Anzahl hervorragender Fachleute aus Wissenschaft und Praxis bereiterklärt, Vorträge zu übernehmen. Auch zahlreiche bedeutende Forscher und Ingenieure aus dem Ausland werden an der Tagung teilnehmen und über die Arbeiten ihrer Länder auf dem Gebiete der Werkstoffe berichten.

Das gesamte Vortragsprogramm ist in 41 Reihen zu je vier bis fünf Vorträgen aufgeteilt. Der Zeitplan des Vortragsprogramms und die wichtigsten Themen sind im folgenden zusammengestellt.

Montag, 24. Oktober

Vormittag, Reihe 1: Einführende Berichte über Forschung und Gemeinschaftsarbeit der Eisen erzeugenden und Eisen verbrauchenden Industrie.

Nachmittag, Reihe 2: Werkstoffragen für Heiz- und Kraftanlagen. Anforderungen an die Werkstoffe im Dampfkesselbau. Alterung und Rekristallisation bei höheren Temperaturen. Werkstoffe für den Kraftmaschinenbau.

Reihe 3: Aluminium, Magnesium und ihre Legierungen. Knetbare Aluminiumlegierungen. Neue selbstalternde Aluminiumgußlegierungen mit hoher Elastizitätsgrenze. Siliziumhaltige Aluminiumlegierungen. Magnesium nebst Legierungen.

Dienstag, 25. Oktober

Vormittag, Reihe 4: Hauptversammlung der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde. Korrosionsforschung. Qualitätsmessing. Veredelbare Aluminiumlegierungen als Konstruktionsstoff. Kupfer-Einkristalle.

Nachmittag, Reihe 5: Mechanische und metallographische Prüfung des Eisens. Grundlagen der Prüfverfahren. Aus der Praxis der Abnahmeprüfung. Anwendung der Metallographie.

Mittwoch, 26. Oktober

Vormittag, Reihe 6: Physikalische, chemische und technologische Prüfung des Eisens. Warm- und Kaltverformbarkeit. Prüfung der Bearbeitbarkeit mit Schneidwerkzeugen. Prüfung der Werkzeuge.

Reihe 7: Mikrographie und Physik. Konstitutionslehre in der Praxis. Herstellung, Ätzung und Untersuchung der Schliffe. Temperaturmessung und -regelung. Röntgenometrie.

Reihe 8: Vereinigung der Großkesselbesitzer u. a. Verbraucherverbände. Zukunftsaufgaben für die werkstofferzeugende Industrie.

Nachmittag, Reihe 9: Bergbau und Werkstoffe. Werkstoffe für Preßluftwerkzeuge und Schrämmaschinen. Werkzeugstähle für Kohlen- und Steinbearbeitung. Werkstoffe für die Aufbereitung und Brikettierung. Förderseile und ihre Prüfung. Stahldraht.

Reihe 10: Vortragsreihe der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde. Entzinnung von zinnhaltigem Blei. Das Kupfer-Zink-Schaubild. Beryllium-Legierungen hoher Festigkeit. Beobachtungen an Elektrolytkupfer. Gefügeausbildung im Messingrohr usw.

Donnerstag, 27. Oktober

Vormittag, Reihe 11: Kupfer und seine Legierungen. Konstitution der Kupferlegierungen. Technologie des Kupfers. Messing und Sondermessinge, Bronze, Rotguß, Kupferlegierungen der Feinmechanik. Rohre aus Kupferlegierungen usw.

Reihe 12: Fahrzeug- und Flugzeugbau (Stahl und Eisen). Baustähle für die Automobilindustrie. Federn und Federstahl. Kugellagerstähle. Gußeisen. Einsatzhärten von Zahnrädern. Nitrierhärtung.

Reihe 13: Eisen- und Schiffbau. Streckgrenze als Berechnungsgrundlage. St 37, St 48 und Siliziumstahl beim Brückenbau. Schiffbaustähle bei der Verarbeitung und im Betrieb. Hochwertige Stähle und Korrosionsfragen im Schiffbau.

Nachmittag, Reihe 14: Eisenbahn- und Straßenbahnwerkstoffe (Stahl und Eisen). Gütesteigerung von Stählen für Kupplungsteile und Federn. Abnutzung von Schienen und Radreifen. Witterungsbeständige Stähle.

Reihe 15: Leichtmetallbau und Flugzeugbau. Aluminiumlegierungen im Eisenbahnwagen-, Motoren- und Flugzeugbau. Maßstäbliche Modellversuche und Werkstoffprüfungen. Kolbenlegierungen.

Reihe 16: Hauptversammlung des Deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik. Kinematik der plastischen Formänderung. Gleit- und Reißwiderstand. Grundlagen der theoretischen Festigkeitslehre.

Freitag, 28. Oktober

Vormittag, Reihe 17: Arbeitsgemeinschaft Technik in der Landwirtschaft (ATL). Eisenverbrauch. Sonderprüfungen. Sonderstähle. Temper- und Grauguß.

Reihe 18: Werkzeuge. Präzisionswerkzeuge, Feilen, Gesenke, Matrizen und Schnitte. Künstliches Altern von gehärtetem Stahl.

Reihe 19: Gesellschaft für angewandte Mathematik und Mechanik. Rechteckige Platten unter Einzelkraftbelastung. Knickung. Das Fließen von Metallen. Einzelkristalle usw.

Reihe 20: Mechanische Prüfung der Nichteisenmetalle. Eichung und Überwachung von Prüfmaschinen. Probenahme und Probestabform. Versuchsausführung. Härteprüfung. Prüfverfahren der Feinmechanik.

Reihe 21: Werkstoffnormung. Stahl und Eisen. Nichteisenmetalle in Österreich. Wirtschaftlichkeit.

Sonnabend, 29. Oktober

Vormittag, Reihe 22: Deutscher Ausschuß für Technisches Schulwesen (1. Teil). Werkstoffe, Normen und technischer Unterricht.

Reihe 23: Chemische Prüfung der Nichteisenmetalle. Genauigkeitsgrenzen und Probenahme. Potentiometrische Maßanalyse. Spektralanalyse. Anorganische Mikroanalyse. Röntgenoskopie.

Reihe 24: Allgemeiner Maschinenbau. Schrauben- und Mutterneisen. Legierte und unlegierte Baustähle. Gußeisen. Temperguß. Stahlformguß. Schalenhartguß. Konstruktionsregeln.

Nachmittag, Reihe 25: Spanabhebende und spanlose Formung (Nichteisenmetalle). Baustoff und Werkzeug. Bearbeitbarkeit und Festigkeitsprüfung. Werkzeuge und Werkzeugmaschinen für die zerspanende Bearbeitung der Leichtmetalle. Genaue Bearbeitung von Bronze. Strangpresse und Gesenk.

Reihe 26: Blechverarbeitung und Oberflächenbehandlung. Tiefzieh-, Stanz- und Preßblech. Kaltgewalzter Bandstahl. Bleche für die Feinmechanik. Oberflächenschutz durch metallische Überzüge. Bleche für Metallplattierungen.

Reihe 27: Deutscher Ausschuß für Technisches Schulwesen (2. Teil). Werkstofffragen in den Hochschulen, Technischen Mittelschulen sowie Berufs- und Werkschulen.

Montag, 31. Oktober

Vormittag, Reihe 28: Theoretisch-wissenschaftliche Vorträge (unter Beteiligung ausländischer Fachmänner). Gewölbte Böden größter Widerstandfestigkeit. Wärmespannungen beim Abkühlen oder Vergüten großer hohlgebohrter Zylinder. Erfahrungen mit neuen Härteverfahren usw.

Dienstag, 1. November

Vormittag, Reihe 29: Lagermetalle. Schmierung. Hochbeanspruchte Lager. Lagerprüfung. Reibung in Gleitlagern. Messung der Schmierschichtdicke usw.

Reihe 30: Schweißen und Löten (Stahl und Eisen). Metallurgische Vorgänge beim Preß- und Schmelzschweißen. Prüfung von Schweißnähten. Werkstoffersparnis. Vergüten von Schweißungen.

Nachmittag, Reihe 31: Schweißen, Löten und lösbare Verbindungen (Nichteisenmetalle). Schweißen der Nichteisenmetalle bei der Reichsbahn und im Apparatebau. Schweißen, Löten und mechanische Verbindungen bei Aluminium nebst Legierungen.

Mittwoch, 2. November

Vormittag, Reihe 32: Nichteisenmetalle in der Elektrotechnik. Gußmetalle hoher elektrischer Leitfähigkeit. Kupfer und Aluminium nebst Legierungen. Verschleißfestigkeit der Fahrleitung.

Nachmittag, Reihe 33: Eisen und Stahl in der Elektrotechnik. Transformatoren- und Dynamobleche. Stähle für Dauermagnete. Gußeisen und Stahlguß. Widerstandsdrähte.

Donnerstag, 3. November

Vormittag, Reihe 34: Isolierstoffe der Elektrotechnik. Höchstspannungsanlagen, Koch- und Heizgeräte, Installationsmaterial, Maschinen und Transformatoren, Meßgeräte, Verlegungsmaterialien und Leitungen, Schwachstromanlagen usw.

Reihe 35: Korrosion der Nichteisenmetalle. Metallische Überzüge. Aluminium, Kupfer, Messing und Blei. Hitzebeständige Legierungen.

Nachmittag, Reihe 36: Eisen für die chemische Industrie. Glasindustrie und chemische Apparate. Rostfreie und säurefeste Stähle.

Freitag, 4. November

Vormittag, Reihe 37: Blei, Zinn, Zink. Herstellung, Verarbeitung und Verwendung.

Reihe 38: Edelmetalle. Silber, Gold und Platin sowie ihre Legierungen. Amalgame. Tantal.

Reihe 39: Jahresversammlung des Reichsausschusses für Metallschutz. Nitrozelluloselacke. Farbschutzanstriche. Korrosions- und Kesselsteinschutz durch elektrische Ströme. Beizen von Metallen. Einwirkung von Salzen auf Metalle bei hohen Temperaturen.

Nachmittag, Reihe 40: Nickel, Mangan, Kobalt und ihre Legierungen.

Reihe 41: Spritzguß. Aluminium. Niedrig schmelzende Metalle. [B 849]

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 71 SONNABEND, 8. OKTOBER 1927 NR. 41

Die Umstellung eines 50 Jahre alten Textilunternehmens auf fließende, zeitgemäß richtige Fertigung

Von G. Schlesinger, Charlottenburg

Die Vereinigung von vier Volltuchfabriken in Forst in zwei Fabrikationsstätten, von denen die eine die Herstellung der Garne von der Rohwolle an durch Zusammenfassung der Spinnereien, die zweite die Herstellung der Tuche vom Garn an durch Zusammenfassung der Webereien und Appretieranstalten übernimmt. Ausbau von Fabrikationsstätten und Verschiebung von Maschinen innerhalb der Räume zu einem völlig zwangläufigen, fließenden Arbeitsgang trotz stärkster Raumbeschränkung; Einrichtung einfachster Werkstättenförderung sowie bester Kraft- und Wärmeausnutzung durch zweckmäßige Verwendung von Gruppenantrieben, Einzelantrieben und wirtschaftlicher Abwärmeverwertung.

Der Aufbau des Fabrikbetriebes

Das große Unternehmen der Elsaß-Badischen Wollfabriken, A.-G., Forst i. d. L., mit rd. 1000 Arbeitern bestand im Jahre 1923 noch aus vier einzelnen Fabriken in der Stadt Forst, die hintereinander erworben waren und von denen jede einzelne im wesentlichen ursprünglich eine Volltuchfabrik war, d. h. alle Fertigungsbetriebe von der Rohwolle bis zum fertigen Tuch enthielt. Gegenstände der Herstellung waren Konfektionsstoffe und die schweren sogenannten Schuhstoffe. Bei der Angliederung der Fabriken an das Hauptunternehmen wurden die besonders veralteten Teile stillgelegt und nur noch die Fertigungsbetriebe aufrechterhalten, die von Fall zu Fall unentbehrlich waren.

Vor der Umordnung waren Webereien in den Fabriken A, B, D, Abb. 1, Spinnereien in allen vier Fabriken; Appreturen sowie Trokkenanlagen hatten die Fabriken A und B. Eine Reißerei für Lumpen zur Erzeugung von Kunstwolle, die in der Hauptsache zur Tuchfabrikation gehört, lag in der Fabrik C. Schon diese Andeutungen zeigen, wie schwer es gewesen sein muß und welche Kosten entstanden sein müssen, um an vier weit voneinander entfernten Stellen mit einer zusammenfassenden Betriebsleitung die Fabrikation aufrechtzuerhalten.

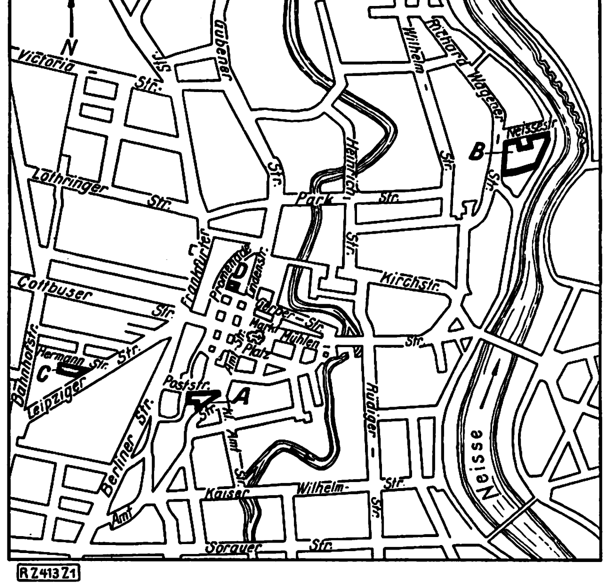


Abb. 1
Lageplan der Einzelbetriebe in der Stadt

Auch die Versorgung mit Energie, Licht und Heizung mußte bei dieser Verzettelung der Arbeit an vier Stellen unwirtschaftlich und teuer sein. Die Zentralleitung hatte daher schon lange den Plan gefaßt, die besonders veraltetarbeitenden Werkstätten stillzulegen, sie an zwei Stellen (A: Amtstraße und B: Richard-Wagner-Straße) zu vereinigen und die frei gewordenen Fabriken C und D anderweitig zu verwerten. Die Schwierigkeit bei der Durchführung dieses Planes lag darin, daß die Fabrik A von allen Seiten durch fremde Häuser eingeschlossen war. Eine Erweiterung war also nur noch in der Höhe durch Aufstockung möglich, während bei der Fabrik B eine sehr erhebliche Erweiterung durchgeführt werden konnte, da eine entsprechende Bodenfläche zur Verfügung stand. Demgemäß waren, als mir die technische Oberleitung über die einheitliche Neueinrichtung aller Fabriken im Sommer 1923 übertragen wurde, die Aufstockungsarbeiten in der Fabrik A bereits im Gange und bestimmte Teile der Fabrik B wie Wollager, Woll- und Tuchfärberei, Krempelgebäude im Rohbau fertig oder doch im Aufbau begriffen. Der Grundgedanke, der in der Textilindustrie besonders naheliegt und in guten Fabriken wohl auch durchweg durchgeführt ist, nämlich bei den feststehenden Fabrikationsmaschinen eine wirkliche Fließfertigung[1]) durchzuführen, war aber noch nicht verwirklicht, und es bedurfte sehr eingehender und schwieriger Erwägungen, um diesen Gedanken einer vollkommen reibungslosen und fließenden Fertigung nachträglich in den ineinander geschachtelten Hochbauten durchzuführen.

Ich habe den gesamten Umbau einschließlich der Schaffung der inneren technischen Einrichtungen bis zur betriebsfertigen Übergabe der laufenden Fabrikation in der Zeit vom September 1923 bis Juli 1924, unterstützt von meinem ersten Assistenten und Mitarbeiter, Dr.-Ing. Werner v. Schütz, durchgeführt. Die Leitung der rein baulichen und architektonischen Anlagen lag in der Hand von Dipl.-Ing. Gerhard Mensch, Berlin. Nach dem nunmehr gefaßten Plan wurde die Fabrik B zur Herstellung der Garne (Spinnerei), Fabrik A zur Herstellung der Tuche (Weberei und Appretur) ausersehen. Nach sorgfältiger Abwägung aller Vor- und Nachteile wurde beschlossen, nur eine Färberei anzulegen, in der die Rohstoffe, die Garne und die Tuche gefärbt und karbonisiert werden sollten, um nur einen Färbermeister, nur ein Farblager, vor allen Dingen nur einmal die kostspieligen Färberei- und Karbonisationsanlagen zu schaffen. Den Nachteil, der in der Hin- und Herbeförderung der Tuche zum Färben und Karbonisieren aus der Fabrik A nach B und wieder zurück lag, mußte man in Kauf nehmen.

Die Grundbedingung für die Durchführung des Baues war, daß keine von den Fabriken, die zur Zeit der Umbauten sämtlich voll beschäftigt waren, in ihrer Arbeit gestört werden durfte. Der Umzug mußte daher nach einem genau ausgearbeiteten Terminplan so bewerkstelligt wer-

[1]) Im Sommer 1923, mitten in der Hochinflation, redete in Deutschland noch niemand von Fließfertigung.

den, daß Störungen beim Abbruch der Maschinen und bei ihrer Wiederaufstellung so wenig wie möglich auftraten; das ist nahezu vollständig gelungen.

Da sich der ganze Bau in der Zeit der höchsten Inflation abspielte, so bedurften auch die finanztechnischen Überlegungen einer besonderen Fürsorge, und für sie wurde dann ein Finanzplan aufgestellt, der die von Fall zu Fall auf lange Sicht erforderlichen Geldsummen klarlegte und für die Gelddisposition der Geschäftsleitung von besonderer Bedeutung wurde.

Im folgenden sollen die Umbauten und Neubauten in beiden Hauptfabriken A und B besprochen werden:

Die Fabrik B

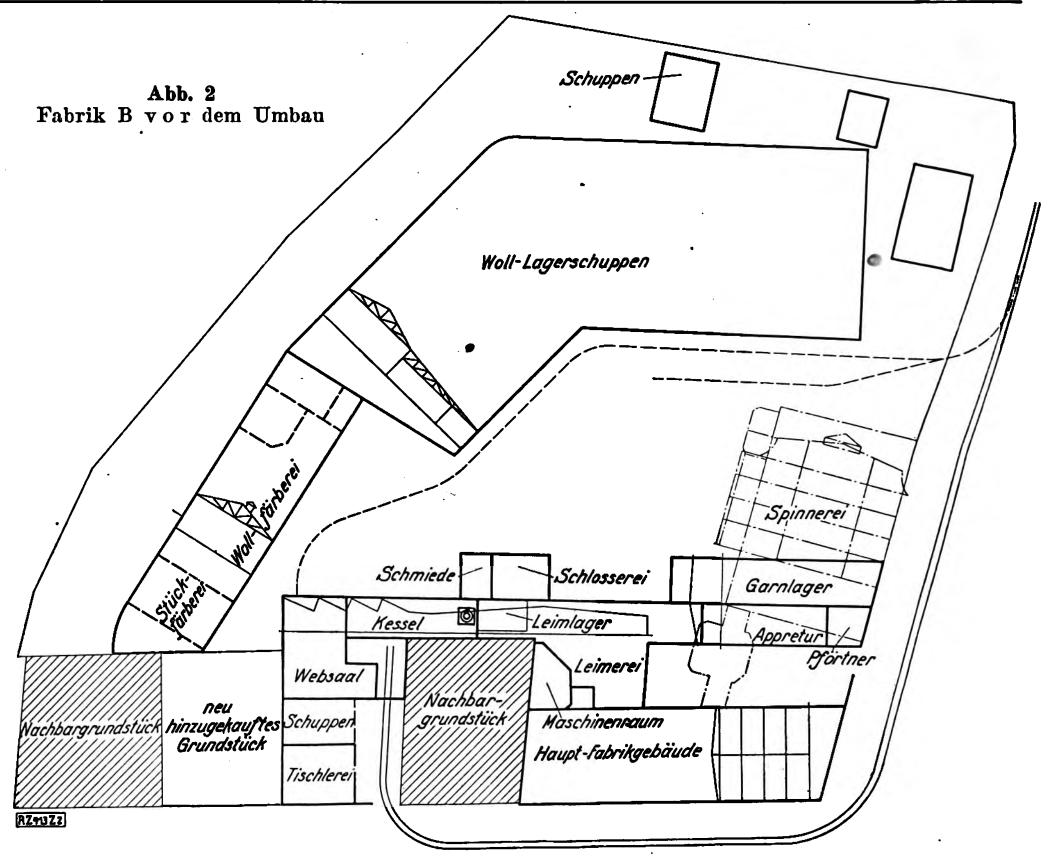


Abb. 2
Fabrik B vor dem Umbau

Diese Fabrik, Abb. 2, sollte nach der Auflösung der beiden Fabriken C in der Leipziger Straße und D in der Gerberstraße die Herstellung des fertigen Garnes von der Rohwolle übernehmen. Sie mußte daher in der Reihenfolge des Fertigungsganges enthalten:

1. Wollager, 2. Lumpenlager, 3. Sortiererei, 4. Wollwäsche, 5. Wollkarbonisation, 6. Färberei, 7. Wolltrocknerei, 8. Reißerei, 9. Wolferei, 10. Krempelei, 11. Spinnerei, 12. Garnspulerei, 13. Garnzwischenlager.

Dazu kommen die Hilfs- und Nebenbetriebe:

1. Kesselhaus mit Kohlenlager, 2. Maschinenhaus, 3. Ausbesserschlosserei und Schmiede, 4. Tischlerei, 5. Fahrzeugschuppen für Pferdefuhrwerk, Kraftwagen und Karren.

Gemäß Abb. 3 lag unmittelbar neben der Wollfärberei auch noch die Tuchfärberei und die Tuchkarbonisation, die zwar nicht zum Fertigungsgang dieser Teilfabrik gehörten, aber aus Zweckmäßigkeitsgründen dort untergebracht waren. Die fertigen Vortuche müssen also zum Färben und Karbonisieren einen Hin- und Herweg von der Fabrik A nach Fabrik B und zurück machen. Dieses ist die einzige bewußte Abweichung vom fließenden Fabrikationsgang, die sich aus wirtschaftlichen Gründen, sowohl was den Färbprozeß wie die Wärmeausnutzung anlangt, rechtfertigt.

Bei Beginn meiner Arbeiten waren gemäß Abb. 2 vorhanden:

1. ein vierteiliges Wollager von großer Grundfläche, aber ohne alle Transportgeräte und Hebezeuge; der 5,8 m hohe Raum konnte also nicht genügend ausgenutzt werden, weil die Stapelei der schweren Partien in Säcken oder Packen in der üblichen Weise mit der Hand ausgeführt werden mußte.

2. Die Woll- und Tuchfärberei in einer wenig glücklich gewählten Gebäudeform und daher mit einer völlig unzureichenden Entnebelung.

3. Ein im Bau befindlicher und bis zum 2. Stockwerk im Rohbau fertiger Eisenbetonbau für die Krempel. Wie Abb. 3 zeigt, steht dieses Krempelgebäude in baulicher mittelbarer Verbindung mit einem alten vorhandenen Spinnereigebäude, das zu jener Zeit noch mit einer Wolferei, Krempelei, Spinnerei, Zwirnerei, Weberei, Walke und Appretur, also fast mit einer ganzen Volltuchfabrik aus alter Zeit belegt war.

Ferner standen auf dem Grundstück noch: 1. das alte Kesselhaus mit einem 30 Jahre alten Flammrohrkessel von 100 m² Heizfläche mit nachträglich eingebauter Fränkelvorfeuerung, 2. ein Maschinenhaus, enthaltend eine 150 PS leistende alte Dampfmaschine mit Schiebersteuerung im ND-Teil und eine Reihe kleinerer Nebengebäude, in denen Teile der Wolferei, Leimerei und Schärerei sowie Schuhstoffwebereien untergebracht waren und die sich in buntem Durcheinander um das alte Maschinen- und Kesselhaus anordneten. Es bestand der Plan, diese Gebäude schon wegen der Feuergefahr in ihnen völlig verschwinden zu lassen und insbesondere die Spinnerei und die Wolferei feuersicher abgetrennt aufzuführen. Der neue Plan, Abb. 3, zeigt, daß nunmehr die Spinnerei für sich in dem alten Bau, völlig von andern Fabrikationsstätten getrennt, zusammengefaßt ist. Ein breiter Hof zwischen den Bauwerken sichert diesen an sich feuergefährlichen Betrieb.

Die neu geplante, aber noch nicht ausgeführte Wollkarbonisation gehört nach diesen Erwägungen unmittelbar neben die Färberei. Es wurde daher ein Teil des Wolllagers für diesen Zweck ausgeräumt. Das Farblager, das sich innerhalb der Färberei an einer von Dampf bestrichenen, also sehr feuchten Stelle befand, mußte, um die erheblichen Verluste an Farben zu verhüten, ebenfalls umgeräumt werden und ist in nächster Nähe des Färbmeisters in der Färberei, aber völlig trocken, geschützt und unter scharfer Bewachung untergebracht.

Für die Reißerei zur Herstellung der Kunstwolle ergab sich als bester Platz ein Neubau, der sowohl zur Wolferei wie auch zum Woll- und Lumpenlager kürzeste Beförderungswege hatte. Abb. 4 beweist, daß eine völlige Glättung des Arbeitsganges gelungen ist.

Von den Neben- und Hilfsbetrieben ist der wichtigste das Kessel- und Maschinenhaus, einmal wegen der Wärme-, dann wegen der Kraftverteilung. Das vorhandene Kesselhaus stand mit Rücksicht auf den vollständig veralteten, überlasteten und mißhandelten Flammrohrkessel unmittelbar vor dem Zusammenbruch. Für den bevorstehenden Winter 1923/24 wurde daher durch schleunige Beschaffung einer 80 PS leistenden Lokomobile der dringendsten Not gesteuert. Der für den Flammrohr- und Lokomobilkessel gleichzeitig zu kleine Schornstein wurde durch eine vorläufige künstliche Zuganlage verwendbar gemacht. Da die Färberei der Hauptdampfverbraucher ist, so mußte das neue Kesselhaus möglichst dicht an das Fär-

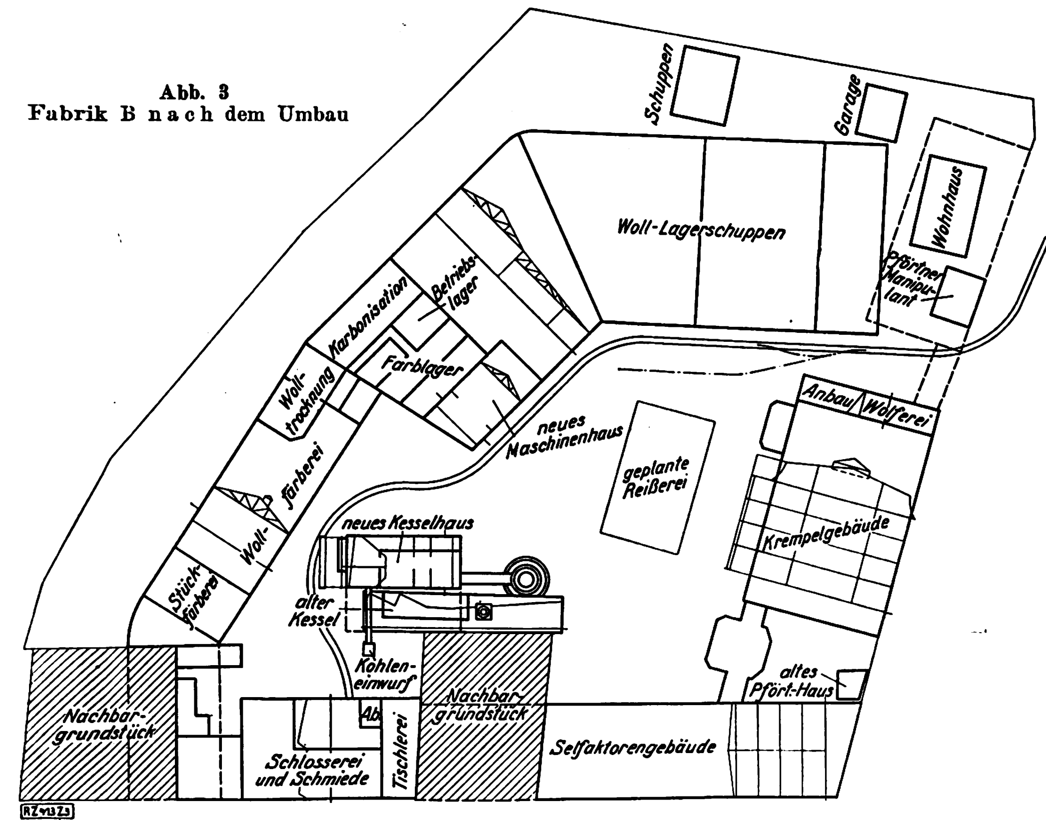


Abb. 3
Fabrik B nach dem Umbau

bereigebäude gelegt werden. Um den Betrieb nicht zu stören, wurde der Neubau nebst Schornstein neben den für den Betrieb vorläufig nicht entbehrlichen alten, genau in der Mitte des Werkes so eingefügt, Abb. 4, daß das alte Haus ohne Betriebstörung in der Erweiterung des neuen aufgehen konnte.

Die Ermittlung des Kraftbedarfes zur Bemessung der neu zu beschaffenden Dampfmaschine machte erhebliche Schwierigkeiten. Nach den Angaben der Firmen, die die Textilmaschinen geliefert oder die neuen in Auftrag hatten, sowie der Elektrofirmen, die die Aufstellung von Einzelantrieben befürworten, ergaben sich etwa 900 bis 1000 PS. Sehr sorgfältig ausgeführte Messungen, gestützt auf Erfahrungen an andrer Stelle[2]) brachten mich zu der Überzeugung, daß es weder zweckmäßig sei, den reinen Einzelantrieb noch den reinen Gruppenantrieb durchzuführen, sondern je nach den Umständen, die sowohl von der Maschinenart wie der Maschinenaufstellung, wie endlich von den Gebäuden, die zum Teil alt waren, abhingen, eine gemischte Anordung zu wählen, die zur Aufstellung einer Dampfmaschine von rd. 600 PS führte. Berücksichtigt wurde insbesondere dabei, daß eine Anzahl von Textilfabriken bei Drehstromantrieb mit einem Leistungsfaktor arbeiteten, der von nur $\cos\varphi = 0{,}3$ auf $0{,}55$ (im günstigsten Fall) gesteigert werden konnte, während es uns gelungen ist, schon bei einer nur $^2/_3$ beschäftigten Fabrik (Zustand im Juli 1924) auf $\cos\varphi = 0{,}76$ zu kommen, der bei voll ausgebauter Fabrik mit Sicherheit auf 0,82 bis 0,85 zu steigern ist. Auch die neu aufgestellte Dampfmaschine brauchte bei etwa $^2/_3$ Belastung der Textilfabrik nur 450 PS Gesamtleistung zu erzeugen; sie ist also richtig bemessen gewesen. Für die Aufstellung des neuen Kraftwerkes war ein neues Maschinenhaus nötig, wofür der dem neuen Kesselhaus am nächsten liegende Eckteil des vorhandenen Wollagers gewählt wurde, das bei voller Ausnutzung durch Hebezeuge in der Höhe noch immer überreichlich bemessen war.

Ein eigentliches Garnlager sollte in der Fabrik B nicht geschaffen werden, sondern nur so viel Raum zur Verfügung stehen, daß die Tagesleistung so lange aufgestapelt werden konnte, bis der Transport des Garnes in die eigentlichen Garnlager der Fabrik A im Lauf oder am Abend des Arbeitstages ausgeführt war. In dieser Fabrik wurde ein von mir schon an andrer Stelle gefaßter Plan voll zur Durchführung gebracht, nämlich die Garnkopse von dem Augenblick ihrer Fertigstellung auf den Spinnstühlen bis

Abb. 4
Fließen des Produktes durch die Fabrik B

[2]) Vergl. „Werkstattstechnik" Bd. 17 (1923) S. 585.



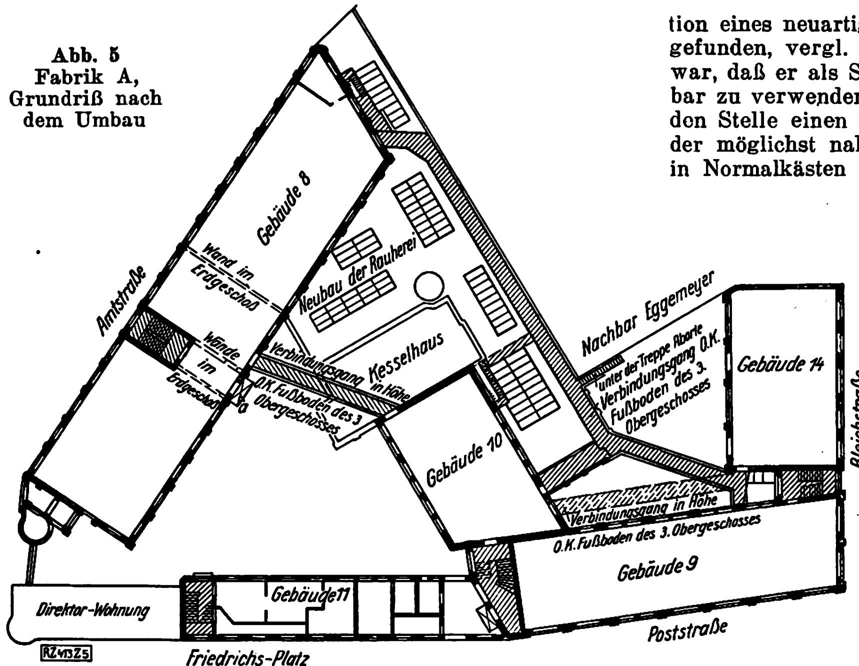


Abb. 5 Fabrik A, Grundriß nach dem Umbau

zum Augenblick ihres Gebrauches auf den Webstühlen in solche Transportgeräte zu packen, daß sie nicht wieder angefaßt zu werden brauchten, auch nicht wenn sie vor dem Weben mit Rücksicht auf die Kräuselneigung der Wolle gedämpft werden. Die Lösung wurde in der Konstruktion eines neuartigen Drahtkorbes (DRP ang. Sch. 73 920) gefunden, vergl. Abb. 11, der gleichzeitig so ausgebildet war, daß er als Stapeleinrichtung im Garnlager unmittelbar zu verwenden ist. Es genügt daher, an einer passenden Stelle einen freien Raum zur Verfügung zu stellen, der möglichst nahe am Tor liegt, wo die fertigen Kopse in Normalkästen aufgestapelt werden (vergl. S. 1423).

Die Fabrik A

Die Herstellung eines fließenden Arbeitsganges stieß in dieser Fabrik auf sehr erhebliche Schwierigkeiten, weil ein eigentlicher Neubau nicht durchführbar war, sondern nur durch eine Aufstockung der vorhandenen Bauten neuer Bodenraum gewonnen werden konnte. Die baupolizeiliche Genehmigung zur Aufstockung der Gebäude 8 und 11, Abb. 5, und der Umoder Neubau der Rauherei auf einem schmalen Hofteil unmittelbar an der Grenze zum Nachbargrundstück und noch dazu über einem vorhandenen Mühlgraben wurde schließlich erlangt.

Dazu kam, daß sämtliche Werkstätten bereits scheinbar voll besetzt waren und jede Umordnung an die Bedingung geknüpft war, die Fertigung garnicht oder doch nur so wenig wie möglich zu stören. Es durften also nur immer hintereinander die Maschinen dem Betrieb entzogen werden, deren Umzug notwendig war.

Eine genaue Durcharbeit des Arbeitsganges ergab, daß man, wie man es sich ursprünglich gedacht hatte, 200 Webstühle mit der gesamten trockenen und nassen Appretur hier nicht unterbringen konnte. Der Platz reichte nicht aus, ganz abgesehen davon, daß bestimmte Abteilungen wie die Zwirnerei, der Nähsaal, die Schärerei und die Garnlager wenig glücklich hinsichtlich der Transporte und der natürlichen Belichtung vorgesehen waren.

a Fahrstuhl

Abb. 6 Fließen des Produktes durch die Fabrik A

Eine erneute genaue Durcharbeit ergab aber schließlich doch die Möglichkeit, die gestellte Aufgabe zu lösen, jedoch mit dem Ergebnis, daß auf diesem Grundstück nach Lage der Verhältnisse dann jedes Quadratmeter ausgenutzt und eine weitere Vergrößerung der Produktionseinrichtung, von Verbesserungen an den Arbeitsmaschinen selbst abgesehen, nicht weiter möglich war.

Als grundsätzliche Richtlinien bei der Anordnung der Werkstätten verlangte die Fabrikleitung, daß die Herstellung der Schuhstoffe und der Konfektionsstoffe räumlich möglichst vollkommen von einander getrennt werden sollte, und zwar mit Rücksicht darauf, daß die Schuhstoffe wirtschaftlich nur auf sehr schweren und möglichst breiten Webstühlen hergestellt werden können. Die Webbreite der Schuhstoffstühle betrug bis zu 2,3 m, die Kettbaumlänge über die Enden gemessen 3,4 m. Diese schweren Stühle mußten daher in dem Gebäude 8, das die größte Gebäudetiefe hatte, aufgestellt werden. Alle Stühle aus den Fabriken B und D wurden daher in diesem Bauwerk zusammengezogen, und man konnte in diesem Gebäude den Arbeitsgang nun wirklich nach den laufenden Arbeitsfolgen durchführen. Garnlager, Spulerei, Dämpferei, Kettschärerei, Leimerei, Weberei bis zur Einnäherei waren vereinigt.

Falls es notwendig war, Garne vor der Verwendung zu zwirnen, mußten sie vor dem Weben die Zwirnerei durchlaufen, die in dem Teilgebäude 8 deshalb am besten untergebracht werden konnte, weil nunmehr wegen des günstigeren Lichteinfalles alle Zwirnmaschinen in der Querrichtung aufstellbar waren, daher von beiden Seiten Licht bekamen und nun möglichst unter Vermeidung von künstlicher Beleuchtung sämtlich die Verarbeitung von dunklen und hellen Garnen durcheinander gestatteten, was bei ihrer bisherigen Unterbringung in Längsanordnung in dem Gebäude 14 nicht anging, ganz abgesehen davon, daß in dem Gebäude 14 zwei Stockwerke, nämlich das 2. und 3., mit ganz wesentlich größerem Raumbedarf in Anspruch genommen wurden als an der neuen, auch im Arbeitsgang richtigen Stelle. Der Platzgewinn durch die Umstellung der Zwirnerei war ganz erheblich.

Gleichzeitig bei der Umstellung der Zwirnmaschinen wurde dann darauf Rücksicht genommen, daß immer 100 Spindeln in e i n e m Akkord arbeiten, daß es daher nicht zweckmäßig ist, längere Maschinen als 100-spindlige zu verwenden und auch möglichst nicht kürzere, falls man die kurzen nicht so anordnen kann, daß sie zusammen die normale Akkordziffer von 100 Spindeln ergeben. Eine für die Gebäudetiefe zu lange Maschine von 120 Spindeln wurde daher auf 100 abgeschnitten, nachdem sich herausgestellt hatte, daß 20 Spindeln mehr als 100, die ursprünglich vorhanden waren, aus Akkordrücksichten nie benutzt worden sind. Das ging so weit, daß von dem unbenutzten Ende der 20 Spindeln eine ganze Anzahl von Teilen zu Ausbesserungen an den übrigen Spindeln bereits Verwendung gefunden hatte, so daß diese längere Maschine trotz der ursprünglich guten Absicht nicht ausgenutzt worden war.

Der Arbeitsgang, Abb. 6, spielt sich nun folgendermaßen ab: Anfuhr des Garnes aus der Fabrik B durch Kraftwagen, Beförderung durch einen Fahrstuhl *a* in das 4. Stockwerk unter dem Dachgeschoß, von hier aus Herstellung der Ketten in der Kettschärerei und Leimerei im Dachgeschoß, Transport der Kettbäume zu den Webstühlen im 3., 2. und 1. Stockwerk durch einen besonders konstruierten Fahrstuhl mit den nötigen, ungewöhnlich langen und schmalen Breitenabmessungen.

Die Rohtuche gelangen aus den beiden oberen Websälen auf Rutschen in die Einnäherei[2]) im 1. Stockwerk des Gebäudes 8. Diese Einnäherei war vorübergehend im Gebäude 14 untergebracht worden und sollte später im Gebäude 10 Platz finden, sie liegt nur richtig an ihrer jetzigen Stelle im Gebäude 8, im Mittelpunkt sämtlicher nach unten liefernder Webereien und unmittelbar über der Walke und Wäsche.

Die Tuche fallen dann aus der Einnäherei durch Öffnungen (geplant) im Boden zur Schuhstoffwalke in der einen Hälfte des Erdgeschosses des Gebäudes 8.

[2]) In Abb. 6 mit „Stopferei und Nopperei" bezeichnet.

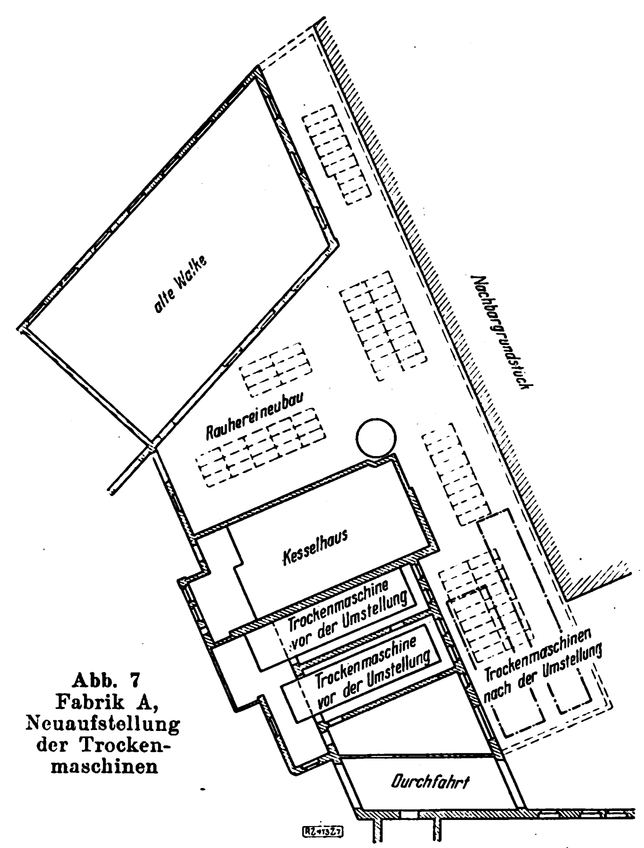


Abb. 7
Fabrik A,
Neuaufstellung
der Trocken-
maschinen

Wir haben aus diesem Grunde alle mit Konfektionsstoffen besetzten Räume des Gebäudes 8, die sogar noch Selfaktoren und Krempel hatten, ausgeräumt und den Spinnsaal des 2. Stockwerkes durch Versetzen der Säulen in einen Websaal verwandelt. Die Schuhstoffe wandern aus der Walke ebenerdig in die neu ausgeführte Rauherei hinter dem Gebäude 8 und 10, über die Trockenmaschine, Abb. 7, in das 1. Stockwerk des Mittelgebäudes 10 zur Schuhstoffappretur und werden von hier aus in das Tuchlager im Kellergeschoß weiterbefördert.

Für die Konfektionsstoffe wurde ein grundsätzlich andrer Arbeitsgang als für die Schuhstoffe gewählt, weil zwei Häuser, die Gebäude 9 und 14, besetzt werden mußten, die im rechten Winkel zueinander standen, und bei deren voller Ausnutzung die Vereinigung der Maschinen nach Arbeitsfolgen wie Schären, Leimen, Weben nicht durchführbar war. Ich habe daher hier im Gegensatz zu der Zentralisierung der Schärerei für die Schuhstoffe im Gebäude 8 den Ausweg gewählt, für jede Gruppe von 10 bis 14 Webstühlen eine Schärmaschine in demselben Stockwerk aufzustellen und auf diese Weise den Senkrechttransport der Kettbäume mit der Kette oder mit dem Tuch ganz zu sparen. Das konnte in diesem Fall auch deshalb geschehen, weil die Ketten dieser Art Konfektionsstoffe nicht geleimt werden, der Weg von der Schärmaschine zur Leimmaschine also nicht in Frage kam.

Eine Dezentralisierung der Spulerei dagegen, die ja auch bestimmte Vorteile hat, wurde nicht durchgeführt, sondern die Spulmaschinen stehen zentralisiert neben dem Hauptgarnlager in der Zwirnerei unter Aufsicht des Garnlagerverwalters. Es gibt eine Anzahl von Webereien, bei denen die Spulmaschinen mit den Webstühlen in einem Raum untergebracht sind, derart, daß das Spulen und Weben gewissermaßen in einem Akkord liegt und von den Webern überwacht wird. Es muß zugegeben werden, daß das bestimmte Vorteile hat, weil der Weber nunmehr bemüht sein wird, für die Beschäftigung der Spulmaschinen dauernd zu sorgen. Der hier gewählte Weg ist aber bei genügender Aufsicht und bei scharfer Durchorganisation des Garnlagers durchaus gangbar, und er hat sich im vorliegenden Fall auch befriedigend bewährt.

Das Gebäude 9 diente schon lange vor dem Umbau der Konfektionsweberei. Dies ist das einzige Gebäude, das von der Verlegung von Werkstätten und vom Umzug von

Maschinen nahezu unberührt geblieben ist; nur die Umstellung auf elektrischen Betrieb seiner Gruppenantriebe und die Umstellung von Gleichstrom auf Drehstrom ist hier während des Betriebes durchgeführt worden.

Der Arbeitsgang verläuft in diesem Hause von oben nach unten, und zwar arbeiten im

3. Stockwerk: 20 Webstühle und 2 Schärmaschinen,
2. „ 27 „ „ 2 „
1. „ 26 „ „ 2 „
Erdgeschoß: Konfektionsappretur.

Die Webstühle in drei Stockwerken haben durchweg $^{14}/_4$ sächsische Breite[3]).

Das Gebäude 14 enthielt vorher im:

4. Stockwerk: Garnlager,
3. „ Zwirnerei,
2. „ Zwirnerei,
1. „ Einnäherei für Konfektionsstoffe,
Erdgeschoß: Betriebsmittellager und einen Teil des Garnlagers.

Dieses Gebäude mußte nach und nach geräumt werden, das alte Garnlager wurde mit dem übrigen Garnlager vereinigt, die Zwirnerei kam in das 3. Stockwerk des Gebäudes 8, die Einnäherei ebenfalls in das Gebäude 8 (1. Stockwerk), das Betriebsmittellager in das Gebäude 11, das Verwaltungshaus. In das Gebäude 14 selbst kamen nach und nach alle in der Fabrik noch im Betrieb befindlichen Konfektions-Webstühle, es wurde also vollständig einem neuen Bestimmungszweck zugeführt und als geschlossene Konfektionsweberei eingerichtet,

Man sieht aus diesen Betrachtungen, daß die Zusammenfassung der Garnlager im obersten Stockwerk notwendig war, damit man den sich hieraus selbsttätig ergebenden Arbeitsgang von oben nach unten störungsfrei durchführen konnte. Auch waren die Dachgeschosse meist wenig für die Aufstellung von Arbeitsmaschinen geeignet, und so ergab sich ein Zentralgarnlager oben in den drei Bauwerken, die zwar räumlich nicht weit voneinander entfernt waren, bei denen aber Verbindungen durch Brücken hergestellt werden mußten, Abb. 8. Das Garnlager zur Schuhstoffweberei kam in das Gebäude 8 und konnte für sich und ohne Verbindung mit den übrigen Garnlagern bleiben. Die Garnlager für Konfektionsstoffe liegen im Verwaltungsgebäude 11 und im Mittelgebäude 10. Die Nachrechnung der erforderlichen Lagerfläche ergab unter Benutzung der oben erwähnten Drahtkörbe, daß der Bedarf des ganzen Hauses bei Vollbetrieb mühelos gedeckt werden konnte, wenn man die beiden obersten Stockwerke des Mittelgebäudes 10 zur Verfügung stellte. Diese beiden Stockwerke erhielten durch eine Wendeltreppe und einen Handaufzug genügende Verbindung. Sie wurden durch einen bereits vorhandenen Fahrstuhl an der Stoßstelle zwischen Gebäude 9 und 11, Abb. 5, unmittelbar vom Hof her beschickt. Die Weberei des bestehenden Gebäudes 9 mußte nunmehr durch den gleichen Fahrstuhl aus beiden Garnlagern mit Garn versorgt werden, während zu dem etwas entfernter gelegenen Webereigebäude 14 eine Verbindungsbrücke, Abb. 8, zwischen den Gebäuden 10 und 14 geschlagen werden mußte.

Für die Unterbringung der Spulerei an zentraler Stelle für die gesamte Fabrik für Schuh- und Konfektionsstoffe wurde als günstigster Platz das Gebäude 10 gewählt, weil sie dann inmitten der Garnlager und der Webereien liegt. Das 2. Stockwerk wurde daher für diesen Zweck vorgesehen. Die Garnlager liegen jetzt unmittelbar über und neben der Spulerei; eine Brücke über den Hof zum Gebäude 8 war bereits vorhanden. Die ursprünglich im Mittelgebäude 10 vorgesehenen Werkstätten, im

4. und 3. Stockwerk: das Garnlager,
2. und 1. Stockwerk: die Schuhstoffweberei,
Erdgeschoß die Tuchtrocknerei,

mußten nach diesem Plan umgestellt werden.

Besondere Schwierigkeiten waren bei der Umstellung der alten Trockenmaschinen zu überwinden. Es waren im ganzen drei vorhanden, und zwar zwei etwa gleichartige, von denen die eine in der Fabrik B, die andere im Erdgeschoß des Mittelgebäudes 10 der Fabrik A lag, eine dritte, andrer Herkunft, war ebenfalls im Erdgeschoß des Gebäudes 10, Fabrik A, untergebracht. Das Erdgeschoß des Mittelgebäudes, das an die Wäscherei angrenzt, ist an sich die richtige Stelle im Arbeitszuge der Tuche, nur standen die Trockenmaschinen in falscher Richtung. Umwege und Transporte über den Hof ließen sich nicht vermeiden. Es wurde daher der Plan ausgeführt, die Trockenmaschinen um 90° zu drehen, so daß sie mit ihrer Längsachse, d. h. mit ihrer eigenen Transport- bzw. Arbeitsrichtung in den Arbeitsgang der Tuche gelegt wurden, Abb. 7. Um den Betrieb nicht zu stören, und weil die Maschinen z. T. sehr alt waren, wurde eine neue Maschine gekauft und an der vorgesehenen Stelle im richtigen Arbeitsgang aufgestellt. Ihre an sich veränderliche Breite wurde so bestimmt, daß die breiteren Tuche (Mantelstoffe) in der Regel über diese Maschine laufen sollten. Nachdem die Maschine im Betrieb war, wurden die beiden gleichartigen Maschinen in den Fabriken A

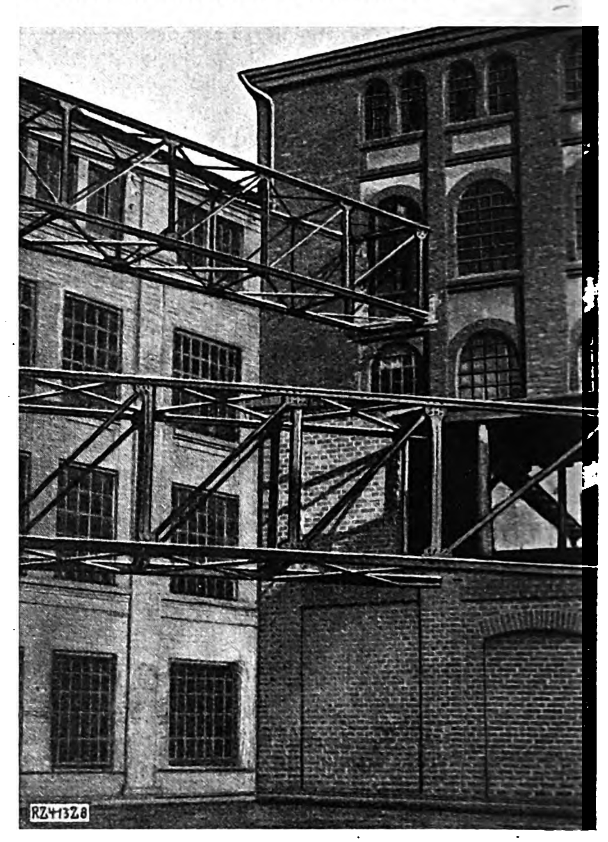


Abb. 8
Neue Verbindungsbrücken zwischen den Garnlagern

und B abgerissen und zu einer langen Maschine mit erheblich größerer Leistung an ihrem neuen Aufstellungsplatz vereinigt, die nun in der Hauptsache für Konfektionsstoffe arbeiten sollte. Die dritte übrigbleibende alte Maschine wurde dann nach Inbetriebnahme der zusammengesetzten Maschine anderweitig verwendet. Der nun frei gewordene Erdgeschoßraum des Mittelgebäudes 10 und das darüberliegende Stockwerk wurden zur Appretur für Schuhstoffe eingerichtet.

Die fertigen Rohtuche werden im ersten Stockwerk aus sämtlichen Bauten gesammelt. Im Gebäude 8 kommen sie im glatten Arbeitsgang *von oben nach unten*, im Gebäude 11 ebenso, nur im Gebäude 14 müssen sie vom Ergeschoß mittels des Fahrstuhles in das erste Stockwerk gehoben werden, aber auch hier kommen sie in der Hauptsache von oben nach unten, und nunmehr ist als Lösung der schwierigen Aufgabe, sämtliche Rohtuche in die zentral gelegene Einnäherei im Gebäude 8 zu bringen, ohne den Hof zu berühren, ein neuer Gang geschaffen worden, der in der Höhe des ersten

[3]) $^{14}/_4$ sächs. Breiten = $^{14}/_4$ sächs. Ellen, $^{1}/_4$ sächs. Elle = 14,2 cm, $^{14}/_4$ sächs. Breiten = 198,8 cm. Der umständliche Weg der Umrechnung läßt den Wunsch angebracht erscheinen, daß die im Gang befindliche Normung im Textil-Maschinenbau das metrische Maßsystem zur Aufnahme bringen wird.

Stockwerkes auf dem Dach der neuen Rauherei liegt, Abb. 6, und der mit Wagen befahren werden kann. Damit ist die Fließfabrikation durchgeführt unter Benutzung der kürzesten Wege, und ohne daß die Rohtuche durch das Freie wandern müssen; der Transportgang über der Rauherei ist gedeckt. Aus der Einnäherei gelangen die durchgesehenen Stoffe in die beiden Walken im Erdgeschoß. Die vordere ist ausschließlich für Schuhstoffe, die hintere für Konfektionsstoffe bestimmt, beide Walken sind räumlich voneinander durch das dazwischenliegende Maschinenhaus und die Transformatorenanlage getrennt.

Das Gebäude 11 wird hauptsächlich für Bureauzwecke ausgenutzt. Es enthält nur noch das Betriebsmittellager im zweiten Stockwerk. Dieses Lager konnte leider nicht zu ebener Erde untergebracht werden, weil Raum dafür nicht frei zu machen war. Die Lage im zweiten Stockwerk ist aber erträglich, weil das Lager inmitten sämtlicher Fabrikationsstätten liegt, durch einen Fahrstuhl bequem zu erreichen und mit dem ganzen Haus durch die vorhandene Brücke und die Fahrstühle störungsfrei verbunden ist. Was die in dem Erdgeschoß befindlichen Leute steigen müssen, sparen die in den oberen Stockwerken tätigen Meister und Arbeiter an Abwärtswegen. Das Bureaugebäude hatte ursprünglich im 3. Stockwerk ein Garnlager (das ist so geblieben), im 2. Stockwerk Bureaus, im 1. Stockwerk Bureaus und Rauhmaschinen und

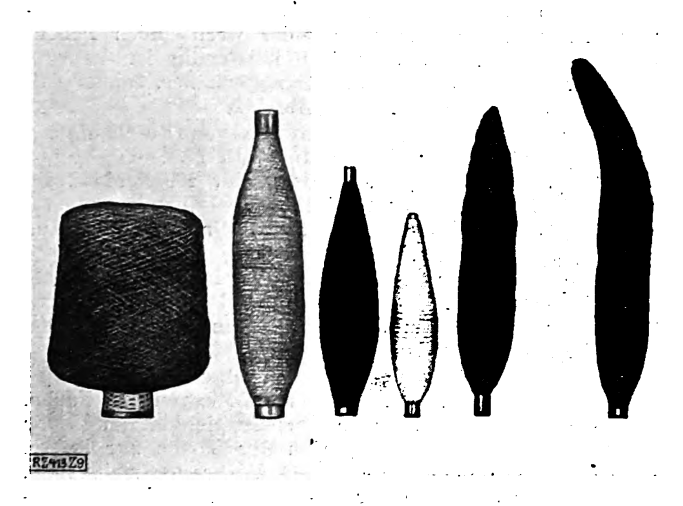


Abb. 9. Die verschiedenen Garnkopse

im Erdgeschoß die Schlosserei. Heute sind im 3. Stockwerk das Garnlager, im 1. und 2. die Bureaus und das Betriebsmittellager, im Erdgeschoß die Fertigmacherei und der Tuchversand. Überschaut man die geschaffenen Einrichtungen, so wird man zugeben müssen, daß trotz der verwickelten Lage der Gebäude zueinander, trotz des Alters der Baulichkeiten und der Störung der Arbeitswege durch die Aufstockung eine vollständige Ausnutzung der Räume bis auf das äußerste und ein durchweg glatter Arbeitsgang durch die Neuordnung der Transportwege geschaffen worden ist.

Es hätte meinen Wünschen entsprochen, das Braunkohlenlager, das jetzt noch einen großen Teil des vorderen Hofes einnimmt und das eine ständige Quelle für Staub und Schmutz darstellt, durch einen Hochbunker zu ersetzen, doch mußte dieser Plan vorläufig zurückgestellt werden. Seine Durchführung ist deshalb nicht so wichtig wie vor der Neuordnung, weil infolge der geschaffenen Brücken und Dachwege und der grundsätzlichen Vermeidung des Transportes von Gütern über den Hof ein Durchschreiten des schmutzigen Hofes kaum noch in Frage kommt.

Der Umzug

Die gesamte Herstellung der Neubauten, ihre Ausrüstung mit Antriebvorrichtungen wie Transmissionen, Gruppenmotoren, Einzelmotoren, Beleuchtung, Heizung, Fahrstühlen usw. mußte ohne Störung des laufenden Betriebes erfolgen. Ein eingehender Zeitplan wurde daher ausgearbeitet, der allen beteiligten Beamten als Richtschnur für die Umstellung diente, und der auch zeitlich trotz großer Schwierigkeiten nahezu eingehalten worden ist. Die Gesamtzeit für die vollständige Umstellung betrug kaum ein Jahr von der 1. Maschinenaufstellung bis zur letzten Betriebsabnahme. „Provisorien" sind fast durchweg vermieden worden.

Wenn sie dagegen garnicht zu vermeiden waren, dann wurden als vorübergehende Einrichtungen nur solche getroffen, die mit einem Mindestmaß von Zeit und Geldaufwand zu bewirken waren, wie z. B. die unumgängliche vorläufige Aufstellung der Einnäherei im Mittelgebäude 10 auf etwa acht Wochen, die aber nur das Hin- und Hertragen der Nähtische in die neuen Räume erforderte.

Um der Geschäftsleitung einen Überblick in die Hand zu geben, wann die einzelnen Bestellungen abzugeben waren, wurde nach Berücksichtigung der Klärung der Aufträge und der Festlegung der Liefer- und Aufbauzeiten auf Grund des Umzugsplanes ein Bestellplan ausgearbeitet, dessen Termine gleichzeitig die Anhaltpunkte gaben, um die geldliche Belastung des Unternehmens auf Grund der Bestellungen in den einzelnen Monaten vorher zu bestimmen.

Die Beförderungs- und Lagereinrichtungen

Garnlagerung und -förderung

Der Verlauf der Rohstofftransporte mußte schon bei der Klarlegung des Arbeitsganges gestreift werden. In Frage kamen Rohwolle, Kunstwolle, Vorgarn, Garn, Zwirn, Tuch und Betriebshilfsstoffe. Von diesen Stoffen ist besonders das Garn in Form von Kopsen und Drahtspulen schwierig bei der Beförderung und beim Lagern zu behandeln. Es kommen Garne der verschiedensten Sorten vor, Abb. 9. Sie unterscheiden sich nicht nur in der Güte und in der Dicke des Fadens, sondern auch in der Farbe und in der Vorbehandlung, sie sind gedämpft oder ungedämpft, gezwirnt oder ungezwirnt. Die Kopse haben entsprechend dem Verwendungszweck sehr verschiedene Formen. Alle diese Umstände geben eine Vielgestaltigkeit, die eine sehr fein durchgearbeitete Lagerorganisation, aber auch geeignete Transport- und Lagerbehälter zur Voraussetzung hat. Auch die Menge spielt eine Rolle; denn es kommen „Partien" vor, von den kleinsten, wenige Kilogramm betragenden Mengen, bis zu je 1500 kg. Die Lagereinrichtung muß also außer der Übersichtlichkeit auch die Unterbringung jeder Menge im beliebigen Wechsel möglich machen.

Als Beförderungsmittel dienten in dieser Fabrik bisher die üblichen Weidenkörbe, Holzkisten und Schwingen, Abb. 10, und als Lagereinrichtung standen aus Holz hergestellte Bunker, die von oben oder von der Seite her meist durch besondere Packerinnen beschickt werden mußten, zur Verfügung.

Es ist klar, daß bei der Verschiedenartigkeit der Lager und der beförderten Behälter, ferner durch das mehrfache Umpacken und Umschütten, Beschädigungen der Kopse eintreten mußten, und es wird sich bei der Kostbarkeit des Gutes (Wolle) schon eine geringfügige Schonung, z. B. durch Verringerung des Abganges infolge Beschädigung, auch eine in der Anschaffung nicht ganz billige Umschaltung von Garnlagerung und -förderung in kürzester Zeit bezahlt machen. Materialersparnisse von ½ bis 1 vH, je nach der Güte der früher vorhandenen Einrichtung, sind erzielbar.

Dazu kommt eine Reihe andrer wesentlicher Bedingungen, die zur Konstruktion eines neuartigen (in allen Kulturstaaten geschützten) Transportkorbes geführt haben. Der Leitgedanke dabei war: ein Umpacken des Garnes vom Selfaktor bis zum Webstuhl ist unbedingt zu vermeiden, auch dann, wenn ein Dämpfvorgang einzuschieben ist. Aus diesem Gedanken entstand der Drahtkorb (Sparkorb), Abb. 11, aus verzinktem Gewebe mit starren Umfassungsrahmen. Dieser Korb ist groß genug, um eine ausreichende Menge von Kopsen, und zwar möglichst einen ganzen oder einen halben Selfaktorabzug zu fassen; aber doch nicht zu groß und zu schwer, damit er auch von Frauen bequem getragen werden kann; wiederum nicht zu klein, damit die Körbezahl wegen der Anschaffungskosten gering wird.



Abb. 10
Altes Garnlager



Abb. 11
Neues Garnlager. Stapelung von Sparkörben.

Nach eingehenden Versuchen, bei denen die Maschengröße, die Art des Gewebes und der Verteilung, das Verzinkungsverfahren usw. genau bestimmt wurden, entstand der Einheitskorb. Dieser wäre ganz allgemein für die Textilfabriken normbar, wenn man in den Tuchfabriken zur Zeit nicht mehr mit einem Gemisch von alten und neuen Spinnmaschinen mit den verschiedensten Spindelzahlen, Spindelgrößen und Herstellungsarten zu rechnen hätte, und wenn man auch nicht die örtlichen Verhältnisse zum Teil berücksichtigen müßte. Die Drahtkörbe sind so hergestellt, daß einer auf den andern (bis zu sieben) gestellt werden kann, Abb. 11. Ein solcher Stapel bildet dann die ortbewegliche Einrichtung des Garnlagers. Ständer usw. werden also unnötig, sofern es sich um gängige Sorten des Garnes handelt, die in großen Partien, also mit mindestens 25 kg Gewicht vorkommen. Bei kleineren Mengen muß man Abhilfen treffen, die weiter unten beschrieben sind. Auf diese Weise kann man mindestens 80 bis 90 vH der gesamten Garnlagermenge ohne zusätzliche Lagereinrichtungen unterbringen. Die zusammengehörigen Körbe werden durch bestimmte Karten oder Zeichen, als zum gleichen Abzug gehörig, kenntlich gemacht. Ihr Inhalt ist außerdem von außen her deutlich sichtbar, so daß eine Verwechselung oder Vermischung von Garnsorten unmöglich ist.

Außer den großen Körben kann man zur Unterbringung kleinerer Partien kleine Körbe, die eine Hälftung oder Viertelung des großen darstellen, anschaffen, die also auf demselben Bodenraum des großen Korbes ohne Änderung des Grundgedankens aufstellbar sind. Damit ergibt sich eine Raumausnutzung im Garnlager, wie sie vollkommener schwerlich erzielt werden kann. Den Inhalt der halb- und viertelgroßen Körbe kann man auch in Ständern unterbringen, da das Umpacken kleiner Spulenzahlen nicht ins Gewicht fällt. Die Einführung des Drahtkorbes hat als wirtschaftliche Ergebnisse:

1. Ein Umpacken der Garnkopse von der Spinnmaschine bis zur Schärmaschine oder bis zum Webstuhl findet nicht mehr statt.
2. Das wiederholte Abwägen der leeren Sparkörbe (Tarierung) fällt fort, während es bei den Holzkisten, Weidenkörben und dergl. wegen des dauernden Verschleißes sowie der wechselnden Feuchtigkeitsaufnahme t ä g l i c h notwendig ist.
3. Der Sparkorb dient als Dämpfbehälter, ohne daß man umzupacken braucht, Abb. 12.
4. Der Abgang von Garn infolge von Beschädigung durch mehrfache Umlagerung fällt fort.
5. Die Sparkörbe ersetzen infolge der Möglichkeit, sie ohne Fachgerüste unmittelbar übereinander zu stapeln, die bisherigen Garnlagereinrichtungen aus Holz oder Metall.
6. Die Zahl der notwendigen Transportmannschaft sinkt auf das Mindestmaß; die Packerinnen im Garnlager fallen ganz fort. Ein Mann bedient bequem ein Lager mit 30 000 kg bis 40 000 kg Inhalt.
7. Die Durchsichtigkeit des Drahtgewebes gestattet Einblick in den Korbinhalt nach Mengen und Farbe. Sie hat eine sehr große Übersichtlichkeit im Lager und eine leichte Disposition der Sorten zur Folge. Die Abzüge bleiben bis zum Verbrauch zusammen, was für die Güte der gewebten Stoffe bedeutungsvoll ist; sie können auch planmäßig für den Webstuhl zusammengestellt werden, was nach dem üblichen Durcheinanderwerfen der Kötzer in den Bunkern und Fächern unmöglich ist.
8. Der verhältnismäßig kleine Inhalt des Sparkorbes (Partie) von 20 bis 30 kg für normale, von 10 bis 15 kg für halbe, von 5 bis 7 kg für Viertelkörbe (Normalunterteilung) bedeutet eine sehr große und günstige bisher unerreichte Raumausnutzung der Garnlagerbodenfläche, weil durch das Übereinanderstapeln der Körbe (bis zu 7 Stück) in diesen kleinen Einheiten und in Reichhöhe des Lageristen der Bodenraum in ganz anderer Weise ausgenutzt werden kann, als durch die üblichen großen Lagerfächer oder Bunker, die meist ¼ oder ½ gefüllt sind und daher nie voll ausgenutzt werden können. Nach den bis-

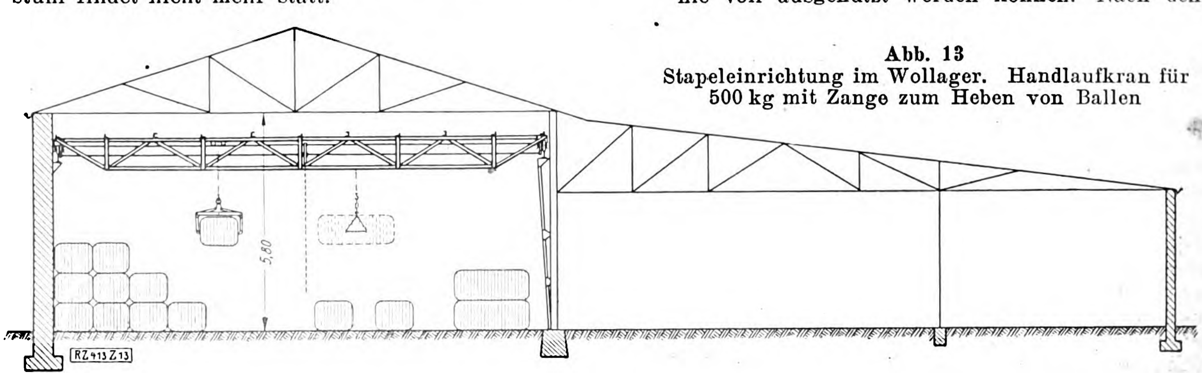


Abb. 13
Stapeleinrichtung im Wollager. Handlaufkran für 500 kg mit Zange zum Heben von Ballen

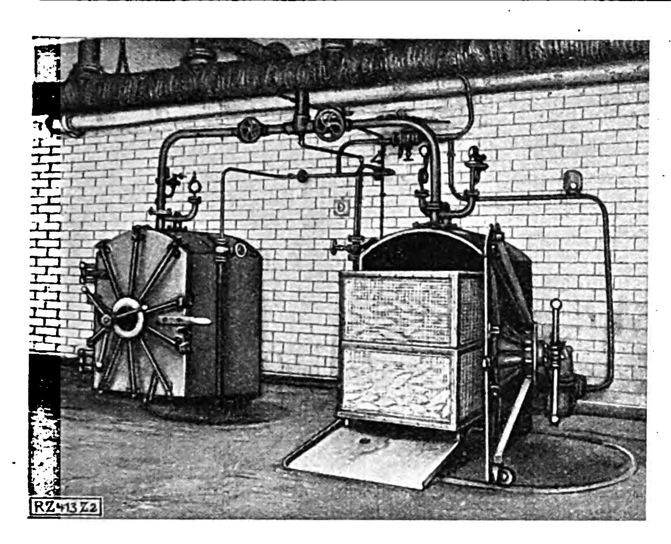


Abb. 12
Körbe im Dämpfkasten

Abb. 14 bis 16
Druckluft-Förderanlage,
Bauart Kirchhof

herigen mit Sparkörben gemachten Erfahrungen verlangten die alten Garnlager Grundflächen, die ganz wesentlich größer waren, als nach Einführung der Sparkörbe. Die Sparkörbe mit ihren kleinen Füllungseinheiten sind immer voll oder halb voll, also vorzüglich ausgenutzt. Sie können aber, wenn sie leer geworden sind, beiseite gestellt und mittels einfacher Stehleiter in sehr großer Höhe — bis 15 Stück — übereinandergesetzt werden, was man bei der festen Lagereinrichtung niemals kann. Man kommt also mit einer Geringstmenge von Sparkörben aus.

9. Da der Sparkorb auf dem Boden versetzbar ist, auch in Stapeln von sieben Körben sehr standfest bleibt und doch ohne jeden festen Zusammenhang mit dem Lagerraum selbst ist, so ist die Verlegung eines ganzen Garnlagers an eine besser passende Stelle oder in einen andern, vorhandenen Raum ohne jede Schwierigkeit und Vorbereitung in kürzester Zeit durchführbar. Der Raumhöhe paßt man sich durch Bemessung der Stapelmenge übereinander leicht an.
10. Die luftige Bauart mit Wänden aus Drahtgewebe, die den Zutritt von frischer Luft von allen Seiten, insbesondere auch von unten her ermöglicht, hat die Mottenschäden vollständig beseitigt.
11. Die Sparkörbe werden entweder durch Ziehen auf dem bloßen glatten Fußboden befördert, oder, wenn mehrere Sparkörbe übereinander gleichzeitig versetzt werden sollen, mittels einer kleinen, billigen, dreirädrigen Transportkarre, die mit dem Korb durch kleinste Gänge gezogen werden kann, und von denen vier bis fünf Karren auch für einen großen Betrieb bereits ausreichen, bei ganz geringen Anschaffungskosten.
12. Der Sparkorb ist besonders billig im Gebrauch. Ausbesserungen sind in den Fabriken, die den Sparkorb bisher in Benutzung genommen haben, nach zwei bis drei Jahren seiner Handhabung im scharfen Betriebe, weder an den Netzwänden noch am Traggerüst entstanden, außer bei ganz gewaltsamer Beschädigung.

Wollagerung und -förderung

Ähnlich wie die Garnlagerung ist auch die Wollagerung durchgearbeitet worden. Das Wollager liegt in der Fabrik B. Die Höhe der bereits vorhandenen neuen Schuppen konnte mangels entsprechender Einrichtungen bisher nicht genügend ausgenutzt werden. Abb. 13 zeigt den Entwurf von Stapeleinrichtungen, die es gestatten würden, 5 bis 6 Wollsäcke übereinander zu-stapeln.

Nachdem die Wolle gefärbt und gewaschen ist, wird sie durch die „Manipulation" mit andern Wollsorten gemischt und gelangt in die Wolferei, wo die Wollfasern aufgelockert und eine Mischung der einzelnen Wollsorten (Bett) stattfindet. Von der Wolferei geht die gemischte Wolle zu den



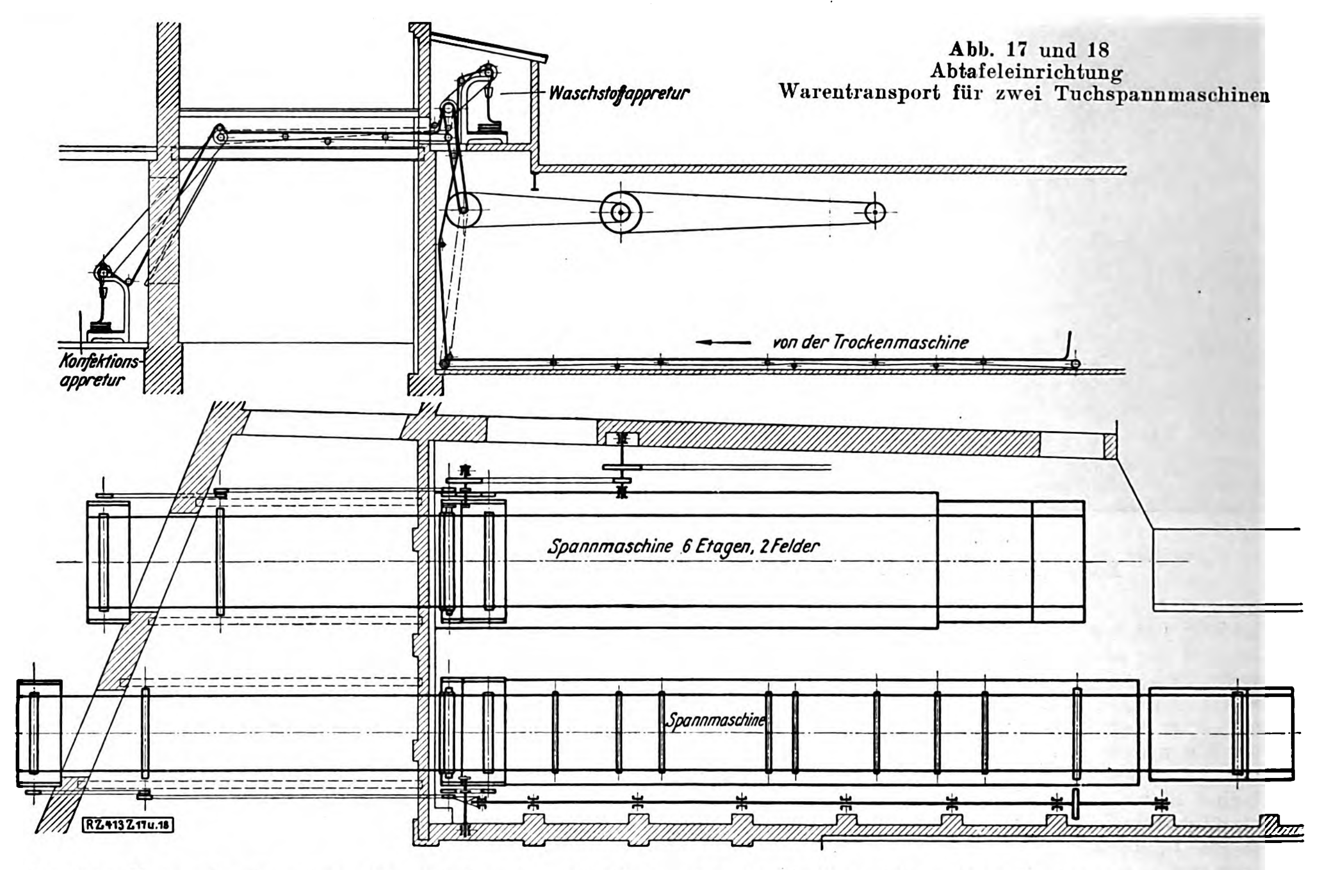


Abb. 17 und 18
Abtafeleinrichtung
Warentransport für zwei Tuchspannmaschinen

einzelnen Krempelsortimenten. Die Förderung wird hier in üblicher Weise durch Druckluft (Bauart Kirchhof) bewerkstelligt.

Durch das Wolfen wird die Partie so stark aufgelockert, daß sie etwa den sechs- bis siebenfachen Raum der ungewolften Partie einnimmt. Eine mittlere Partie von 300 kg füllt den Raum von $6 \times 7 \times 3 = 126$ m³ vollständig aus. Im vorliegenden Falle sind in den einzelnen Krempelsortimenten geräumige Vorratkammern vorgesehen, in die die gewolfte Partie hineingeblasen wird.

Zunächst war die Aufgabe gestellt worden, von jedem Wolf möglichst in jede Kammer zu blasen, da nur so eine volle Raumausnutzung der Kammern gewährleistet erscheint. Eine buchstäbliche Lösung dieser Aufgabe hätte aber ein so erheblich verwickeltes Schalt- und Rohrnetz ergeben, daß die Gefahr des unbeabsichtigten Mischens von zwei verschiedenen Partien durcheinander bestand. Daher wurde eine vereinfachte Anordnung, Abb. 14 bis 16, von der Fa. Kirchhof, Werdau i. Sa., ausgeführt, die eine Fehlschaltung ausschließt. Die Lösung bestand in der Anlage von zwei Steigleitungen, von denen jede Abzweige zu den Kammern in allen Stockwerken hat. In jede dieser Steigleitungen kann die Wolle durch zwei nebeneinander liegende Wölfe geblasen werden, und zwar sind dieses die beiden Wölfe, die gewöhnlich zusammen arbeiten, der eine als Vor- und der andre als Fertigwolf. Bei dieser Hintereinanderschaltung bläst dann überhaupt nur ein Wolf in eine Leitung. Die Mündungen der Leitungen in die Kammern sind durch Hebelverschlüsse so eingerichtet, daß niemals beide geöffnet sind, sondern, zwar beide geschlossen, aber nur eine geöffnet werden kann. Da die Gesamtschaltung in der Regel einem einzigen zuverlässigen Mann unterstellt ist, so liegt hierin wohl eine Gewähr, daß keine Fehlförderung vorkommt.

Fördereinrichtungen in der Fabrik A

Für die Schuhstoffabrikation mit zentraler Kettschärerei im Dachgeschoß mußte eine Senkrechtförderung der Kettbäume im Gebäude 8 angelegt werden. Der hierbei benutzte Fahrstuhl ist bereits auf S. 1421 beschrieben. Für die Überführung der gefüllten Garnkörbe in das Garnlager im Dachgeschoß wird natürlich dieser Fahrstuhl ebenfalls benutzt.

Der Beförderung der Tuche von der Trockenmaschine zur Appretur dient die übliche Abtafeleinrichtung, Abb. 17 und 18, wobei die erste Trockenmaschine quer über den Hof in die Konfektionsappretur hinein abtafelt, während die zweite Trockenmaschine die Schuhstoffe in das 1. Stockwerk in einem Seitengang der Schuhstoffappretur ablegt. Die fertigen Tuche werden teils auf Winden, teils auf Wagen zum Tuchlager befördert. [B 413]

(Schluß folgt)

Große Rohölbehälter in Kalifornien

Der Inhalt der Rohölbehälter in Kalifornien hat in den letzten Jahren bedeutend zugenommen. Den größten Behälter hat zur Zeit die Pan American Petroleum Co. in Watson; dieser faßt 4,3 Mill. Faß oder rd. 650 000 m³. Die Tankanlage der Standard Oil Co. in El Segundo enthält 14 Behälter mit 3 150 000 m³ Inhalt. In diesen Behältern, die hauptsächlich zum Speichern von schweren Brennölen dienen, werden oft genug auch leichte Öle gelagert, allerdings nicht Benzin und ähnliche leicht flüchtige Brennstoffe. Die Behälter sind im allgemeinen kreisrunde oder elliptische, aus dem Erdreich ausgehobene Becken, deren Boden und Böschung festgestampft und dann mit rd. 12 cm dicker Eisenbetonschicht verkleidet wird. Die Dachkonstruktion besteht aus Holz, die Dacheindeckung aus Asphalt und Schotter oder einem ähnlichen Stoff. Zur Verhütung von Bränden lagert man über dem Brennstoff oft Rauchgase aus einer Dampfkesselanlage, die man mittels Wasserstrahlgebläses ansaugt und dabei auch abkühlt. Selbsttätige Ventile im Dach verhindern, daß der Überdruck auf mehr als rd. 0,02 at steigt. Diese Sicherheitsventile treten oft infolge der Tageshitze in Tätigkeit. Man rechnet für einen solchen Großbehälter mit einem Aufwand von 61 000 m² Betonfläche und 57 000 m² Dachfläche, 115 000 bis 150 000 m³ Aushub, 6000 m³ Beton und über 450 000 m Holzbalken. („Engineering News-Record“ Bd. 99 (1927) S. 416*)

[N 874 c] H.

Entwicklung des Perlitgusses

Von Dipl.-Ing. Gustav Meyersberg, Berlin

(Mitteilung der Studiengesellschaft für Veredelung von Gußeisen)

Geschichtliche Entwicklung — Festigkeit, Zähigkeit, Bearbeitbarkeit, Spannungsfreiheit, Gleichmäßigkeit des Gefüges, Lunkerfreiheit, Dichtheit, Verschleißfestigkeit, Gefügebeständigkeit in höheren Temperaturen

Eine von Karl Sipp unter der Aufschrift „Perlitguß" 1920 veröffentlichte kurze Mitteilung[1]) machte auf ein neues, durch Diefenthäler und Sipp erfundenes und in der Gießerei von Heinrich Lanz, Mannheim, ausgearbeitetes Verfahren aufmerksam, die Eigenschaften des Gußeisens durch geeignete Gattierung und dieser angemessene Regelung der Abkühlgeschwindigkeit zu verbessern. Die erreichte Biegefestigkeit, an Probestäben von 30 mm Dmr. bei 600 mm Stützweite gemessen, war mit 51 kg/mm² bei 12,5 mm Durchbiegung angegeben. Als besonders bemerkenswert war hervorgehoben, daß die Gußstücke trotz der hohen Festigkeit leicht bearbeitbar waren und die Härte nur 176 Brinelleinheiten erreichte. Der Fortschritt gegenüber dem damaligen Stande der Technik ergibt sich deutlich, wenn in Betracht gezogen wird, daß noch das „Gießereihandbuch" 1922[2]) als mittleren Gebrauchswert der Biegefestigkeit für die beste Gußeisensorte (Spezialguß, der „drehhart", mit Holzkohle gattiert ist) 35 kg/mm² nennt. Der neue Werkstoff hatte sich bereits in praktischer Anwendung bewährt und außer der hohen Festigkeit noch andere wichtige Vorzüge gezeigt, z. B. große Widerstandfähigkeit gegen Abnutzung durch Reibung, bewiesen durch Kolbenringe, die bei Ausführung in Perlitguß zehnmal so lange gebrauchsfähig geblieben waren als bei Ausführung in Grauguß.

Die kurze Veröffentlichung fand zunächst kaum Beachtung. Ein Erfolg zeigte sich nur insofern, als eine bedeutende Maschinenfabrik, von den bisherigen Baustoffen für Verbrennungsmotoren nicht befriedigt, auf das neue Verfahren aufmerksam wurde und Versuchstücke bei der Firma Heinrich Lanz bestellte. Die Bestellerin ging dann zum Perlitguß über und verwendet ihn seitdem in steigendem Maße.

Die Aufmerksamkeit weiterer Kreise der Fachwelt wurde erst erweckt, als die Mitteilungen aus dem Materialprüfungsamt zu Berlin-Dahlem Ende 1922[3]) eine Arbeit von Prof. Dr. O. Bauer brachten, die sich in eingehender Weise mit dem Perlitguß beschäftigte. Sie behandelt seine Eigenschaften und Aussichten mit voller Ausführlichkeit. Darüber hinausgehend würdigt sie die große grundsätzliche Bedeutung der Erfindung, indem sie darauf hinweist, daß das Ergebnis auf einem neuen Wege, durch bewußte Beeinflussung des Gefügeaufbaus, gewonnen wurde. Wie im Schlußwort der Arbeit hervorgehoben wird, ist damit gegenüber den beiden früheren Entwicklungsstufen, der Beurteilung nach dem Bruchaussehen und nach der chemischen Analyse, eine dritte Stufe erreicht, die sich auf die Untersuchung der Mikrostruktur stützt und deren Ergebnisse planmäßig verwertet.

Die Mikrostruktur ist beim Perlitgußeisen[4]) durch das vollständige Vorherrschen des als Perlit bekannten Gefügebestandteils bei mäßiger Anwesenheit von Graphit, gekennzeichnet. Zur planmäßigen Erreichung dieses Zustandes ist die Gattierung und ihr entsprechend die Abkühlung einzustellen, beide entsprechend dem Anwendungsgebiet, für das das Gußstück bestimmt ist. Die Abkühlung kann beeinflußt werden durch Nachbehandeln der Form, durch Überhitzen der Schmelze (300 ° und mehr über der Erstarrungstemperatur) oder Vorerwärmen der Gußform.

Nach Erscheinen der erwähnten Arbeit und nach einem Vortrage, den Sipp auf der Hauptversammlung des

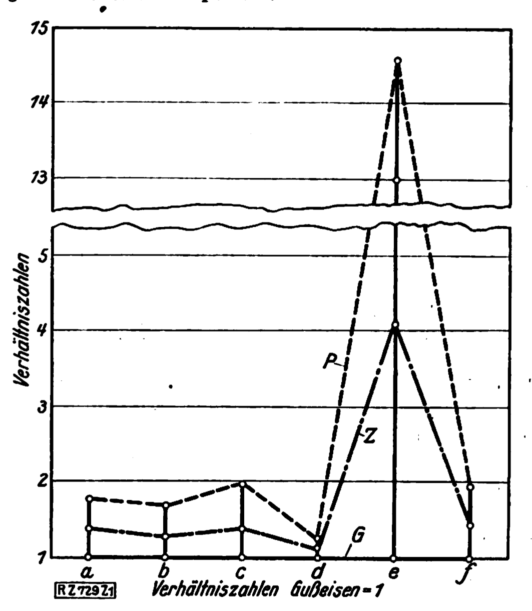


Abb. 1
Festigkeitseigenschaften nach Bauer

G gewöhnliches Gußeisen — *Z* Zylindereisen — *P* Perlitguß
a Biegungsfestigkeit — *d* Kugeldruckhärte
b Durchbiegung — *e* Wechselschlagversuche
c Zugfestigkeit — *f* Schlagbiegeversuche

Vereins Deutscher Eisengießereien, Gießereiverband, Hamburg 1923, hielt, begann sich die Anwendung des Verfahrens auszubreiten[5]). Im nachstehenden soll festgestellt werden, wie weit sich die Vorzüge, die dem Perlitguß bei seinem Erscheinen zugesprochen wurden, in der Praxis bestätigt haben.

Festigkeit

Zahlenmäßig am sichersten nachweisbar sind die Festigkeitseigenschaften. Die Bauersche Arbeit bringt darüber die Verhältnislinien, Abb. 1.

Drei Gußeisensorten werden verglichen: G gewöhnliches Gußeisen, entsprechend etwa der Güteklasse Ge 14.91 (DIN 1691), Z Zylindereisen, entsprechend etwa der Güteklasse Ge 18.91 (DIN 1691), P Perlitguß. Wird der für G ermittelte Durchschnittswert = 1 gesetzt, so ergab sich als Verhältnis G : Z : P für die Biegefestigkeit 1 : 1,41 : 1,78, für die Durchbiegung 1 : 1,24 : 1,65, für die Zugfestigkeit 1 : 1,44 : 1,92.

Nicht außer acht zu lassen ist, daß bei Gußeisen sowohl der Biege- als auch der Zugversuch Streuungen aufweisen, die allerdings um so geringer ausfallen, je hochwertiger das Gußeisen ist. Bei Perlitguß sind sie demnach geringer als bei gewöhnlichem Grauguß. Die damals für Perlitguß ermittelten Werte der Biegefestigkeit mit 50,9 kg/mm² bei 14 mm Durchbiegung und der Zugfestigkeit mit 28 kg/mm² haben sich auch in der Praxis bestätigt.

Dem Konstrukteur bietet die Erhöhung der Festigkeit die Möglichkeit, entweder die Abmessungen gegenüber der früheren Ausführung in Grauguß herabzusetzen, oder erhöhte Sicherheit gegen Bruch zu gewinnen.

[1]) „Stahl und Eisen" Bd. 40 (1920) S. 1141.
[2]) Gießereihandbuch, herausgegeben vom Verein Deutscher Eisengießereien. München und Berlin 1922, R. Oldenbourg, S. 103.
[3]) „Mitteilungen aus dem Materialprüfungsamt zu Berlin-Dahlem" Heft 6, Berlin 1922, Julius Springer. Vergl. „Stahl und Eisen" Bd. 43 (1923) S. 553 und „Gießereizeitung" Bd. 20 (1923) S. 377.
[4]) Näheres darüber z. B. Sipp, „Gießerei" Bd. 13 (1923) S. 491; „Stahl und Eisen" Bd. 43 (1923) S. 1592; DRP 301 918, 325 250 und 417 689.
[5]) An eine Reihe von Gießereien wurden Lizenzen abgegeben. Heute wird das Verfahren, außer von der Firma Heinrich Lanz A.-G. selbst, von einer Reihe deutscher Firmen angewendet, die sich zu einer Studiengesellschaft für Veredelung von Gußeisen zusammengeschlossen haben. In England besteht die Firma British Perlit Iron Co. mit fünf großen Gießereibetrieben. Außerdem gibt es Lizenznehmer im Saargebiet, in Frankreich, Italien, Dänemark, Schweden, Tschechoslowakei, Amerika und Japan.

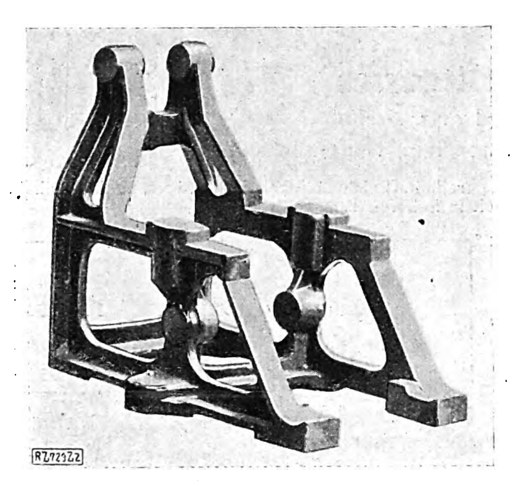


Abb. 2
Bock für Schaltschützen auf elektrischen Lokomotiven, früher in Temperguß hergestellt

Die Verringerung der Abmessungen eines Gußstückes findet eine Grenze in allen Fällen, wo die Wanddicke unter ein gewisses geringstes Maß nicht gebracht werden darf, sei es, daß gießereitechnische oder andre außerhalb der Festigkeitbeanspruchung liegende technische Gründe, etwa die Vorschrift eines Mindestgewichts, maßgebend sind. Nicht selten kommt es vor, daß die geringere Bemessung aus Gründen unterbleibt, die außerhalb des Technischen liegen. Die Scheu vor den Kosten der Änderung, insbesondere der Modelle, scheint manchmal unüberwindlich, oder auch nur die Scheu vor der Unbequemlichkeit, die jede Art Abänderung mit sich bringt. Und doch kann die Auswertung der höheren Festigkeit ganz durchschlagende Vorteile bringen, unterstützt durch den Umstand, daß beim Edelguß erheblich höhere Treffsicherheit zu erreichen ist.

So ist es der Druckereimaschinen-Fabrik Bohn & Herber, Würzburg, gelungen, ihre Erzeugnisse auf diese Weise stark im Gewicht zu ermäßigen und trotzdem noch eine Erhöhung der Beanspruchungsmöglichkeit zu gewinnen. Schnellpressenzylinder führte man früher mit eingegossener besonderer Stahlachse aus, während bei der jetzigen Ausführung in Perlitguß die Wellenenden angegossen werden. Die Folgen sind Gewichtersparnis, Erhöhung der Sicherheit und Vereinfachung der Herstellung. Auch die Grundgestelle der Druckereimaschinen sind in der neuen Perlitguß-Ausführung wesentlich leichter gehalten. Ebenso konnte bei den Zahnrädern an Gewicht gespart werden; ihr Modul wurde erheblich herabgesetzt. Lediglich die Karren der Druckmaschinen wurden in den Abmessungen nicht geändert. Dafür ist aber die Beanspruchung bei der jetzigen Ausführung gegen früher stark vermindert.

Zähigkeit

Vielleicht noch bedeutungsvoller als die Erhöhung der Bruchfestigkeit ist aber die Verbesserung einer Eigenschaft, die beim alten Grauguß besonders viel zu wünschen übrig ließ, der Zähigkeit und der Widerstandfähigkeit gegenüber Schlag und Stoß. Schon in der Erhöhung der Durchbiegung beim Biegeversuch spricht sich die größere Zähigkeit aus. Bauer stellte für die Durchbiegung[6]) des Perlitgusses Werte bis zu 17,5 mm fest, während sie bei Grauguß unter 10 mm blieb. Im Durchschnitt ergab sich für den Perlitguß eine Verbesserung um 65 vH. Noch deutlicher zeigt sich aber die Überlegenheit der Zähigkeit und der großen Widerstandfähigkeit gegenüber wechselnden, stoßweisen Beanspruchungen bei dem von Bauer erstmals für Gußeisen angewandten Dauerschlagversuch. Die Schlagzahl, nach der der eingekerbte Perlitstab brach, betrug bei den Bauerschen Versuchen das 15fache gegenüber Grauguß und das 3½fache gegenüber Zylindereisen. Noch stärkere Unterschiede ergaben kürzlich von Roeder bei der

[6]) a. a. O. Tafel 2 und 7.

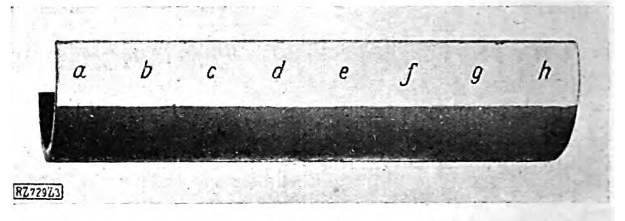


Abb. 3
Brinellhärte einer Kolbenringwalze aus Perlitguß
bei *a* 183, *b* 181, *c* 179, *d* 179, *e* 180, *f* 181, *g* 183, *h* 185

Firma Société Alsacienne de Constructions Mécaniques, Mülhausen, vorgenommene Versuche, bei denen drei Gußeisensorten miteinander verglichen wurden, deren aus einer großen Zahl von Prüfungen (15 bis 30) gewonnene Mittelwerte in Zahlentafel 1 zusammengestellt sind. Der Dauerschlagversuch wurde auf einer Prüfmaschine vorgenommen, die mit anderm Schlagmoment und andern Stababmessungen arbeitete als die von Bauer benutzte, daher sind die Abweichungen der absoluten Werte der Schlagzahlen zu erklären.

Zahlentafel 1

Werkstoff	Mittl. Zugfestigkeit kg/mm²	Vergleichszahl	Mittl. Dauerschlagzahl	Vergleichszahl
Grauguß ...	16,7	1	40	1
Zylinderguß	23,0	1,37	388	8,3
Perlitguß ..	29,2	1,75	3238	80,2

Vielleicht noch augenfälliger ist ein Versuch, der zuerst von der Firma L. & C. Steinmüller, Gummersbach, an Perlitgußstücken vorgenommen wurde. Ein wandartiger Konstruktionsteil hatte bei der früher üblichen Herstellung in Grauguß vielfach zu Rißbildungen Veranlassung gegeben, wozu außer der allgemeinen Sprödigkeit des Stoffes auch noch die Gußspannungen beitrugen, zu denen das Stück neigte. Um einen Vergleich der neuen Ausführung in Perlitguß gegenüber der älteren zu gewinnen, wurde das Stück an der durch die Rißbildung besonders gefährdeten Stelle mit schweren Zuschlaghämmern bearbeitet. Während das Graugußstück nach zwei bis drei Schlägen brach, genügten 55 Schläge noch nicht, um bei dem Perlitgußstück die ersten Anzeichen eines beginnenden Bruches hervorzurufen, und dies obschon die Wanddicke von 15 mm auf 12 mm herabgesetzt war.

In allen Fällen, wo betriebsmäßig Stoß- und Schlagbeanspruchungen, Erschütterungen u. dergl. vorkommen, bei Teilen von Fördermitteln, Kraft- und Eisenbahnwagen, Elektrokarren, Pressen, Hämmern usw. treten diese Eigenschaften in den Vordergrund. Ein Bock für

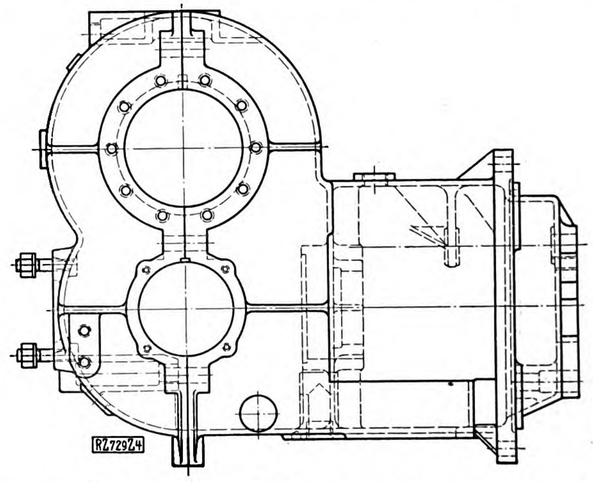
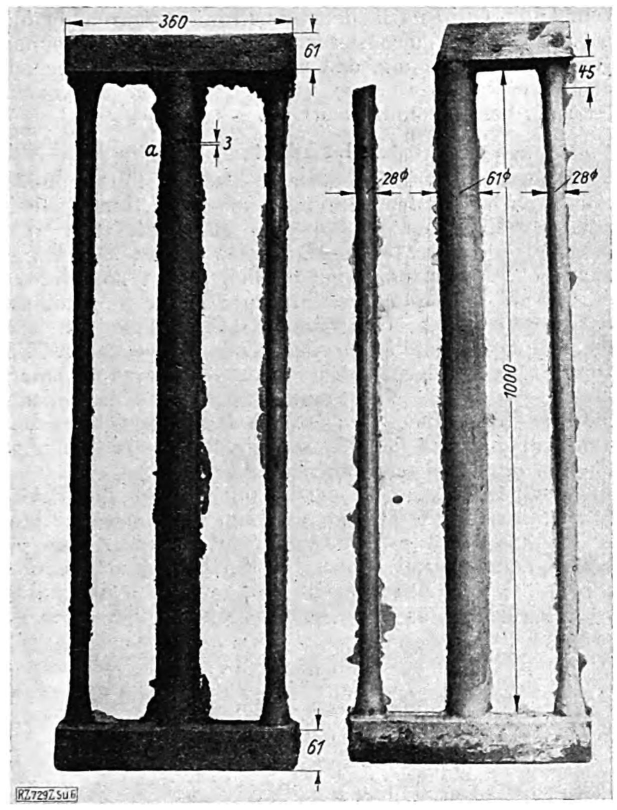


Abb. 4. Getriebekasten für Raupenschlepper, ergibt vorteilhafte Ausführung in Perlitguß statt in Stahlguß.



Perlitguß Grauguß

Abb. 5 und 6
Gitterstück
a angebohrte Stellen

Schaltschützen auf Wechselstromlokomotiven, Abb. 2, hielt einer Dauerprüfung von 750 000 Schaltungen, entsprechend einer Lebensdauer von 25 Jahren, ohne Schädigung stand und zeigt sich dadurch der früheren Ausführung in Temperguß weit überlegen.

Bearbeitbarkeit

Die Verbesserung der Festigkeitseigenschaften wäre im Wert sehr herabgesetzt, wenn damit eine Erhöhung der Härte Hand in Hand ginge, wie erwartet werden könnte. Für den Perlitguß besonders kennzeichnend ist, daß dies nicht der Fall ist. Infolge der weitgehenden Ausreifung des Gefüges tritt der Gefügebestandteil, der für die Härte des Gußstückes in erster Linie maßgebend ist, nicht in Erscheinung. Dieser Gefügebestandteil ist das Eisenkarbid (Fe_3C), Zementit. Sein Vorherrschen ist die Ursache für das weiße Aussehen des Bruches, womit hohe, die Bearbeitung hindernde Härte und Sprödigkeit gleichbedeutend ist. Beim Perlitguß tritt aber dieser Gefügebestandteil nicht auf, und das Perlitgefüge verbürgt bei mäßiger Härte höchste Festigkeit.

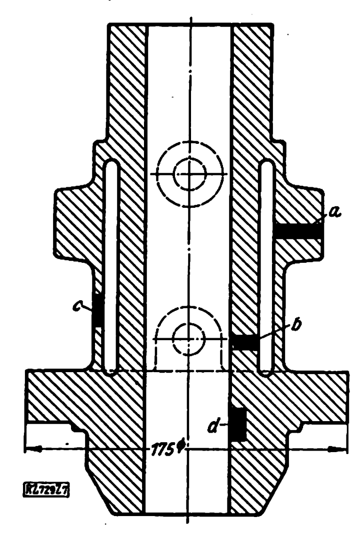


Abb. 7
Körper einer in Perlitguß ausgeführten Stopfbüchse

a, *b*, *c*, *d* Stellen, an denen die Schliffproben, Abb. 8 bis 11, entnommen wurden.

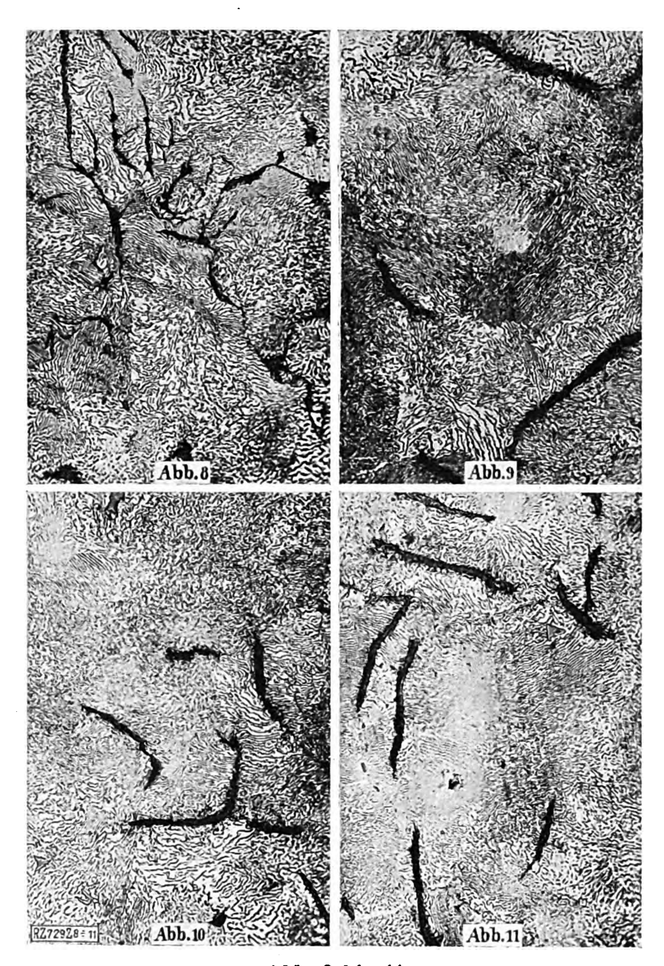


Abb. 8 bis 11
Schliffbilder von den Stellen *a* bis *d* im Maschinenteil nach Abb. 7

An einer Kolbenringwalze, Abb. 3, hat man die Brinellhärten an verschiedenen Stellen festgestellt. Bemerkenswert ist nicht nur die Größenordnung der Härtezahlen, die ein für Werkstattzwecke bequemes Maß aufweisen, sondern auch die Geringfügigkeit der Abweichungen, die zwischen ihnen in verschiedenen Höhenlagen und an verschiedenen Stellen bestehen.

Die leichte Bearbeitbarkeit ist für die Praxis von größter Wichtigkeit und bedeutet insbesondere auch dem Stahlguß gegenüber einen Vorteil. Bei einem in Stahlguß ausgeführten Getriebekasten für Raupenschlepper, Abb. 4, war bei den verhältnismäßig geringen Wanddicken und den geringen Spielräumen zwischen Wand- und Getriebeteilen viel nachzuarbeiten; vielfach gab es auch Ausschuß wegen Verziehungen und Lunkerbildung. Die Dichtungsflächen an den Teilfugen fielen oft unsauber aus und waren wegen großer Härte häufig schlecht zu bearbeiten. Mit der Ausführung in Perlitguß sind alle Beschwerdepunkte weggefallen. Der Ausschuß ist auf ein Mindestmaß heruntergegangen. Das Aussehen ist einwandfrei, die Bearbeitung bequem, so daß man nicht nur bei diesem Stück, sondern auch bei zahlreichen andern Stücken, für die bisher Stahlguß verwendet worden war, zum Perlitguß übergegangen ist und damit auch eine erhebliche Verbilligung erreicht hat.

Spannungsfreiheit

Der Werkstatt ebenso unwillkommen wie harte, unbearbeitbare Stellen, sind Gußspannungen. Sie treten häufig erst zutage, wenn das Gußstück schon bearbeitet und die Ausgabe für die Bearbeitung bereits entstanden ist. Die Regelung der Abkühlgeschwindigkeit beim Perlitguß wirkt auf Ausgleich und Milderung der Ursachen

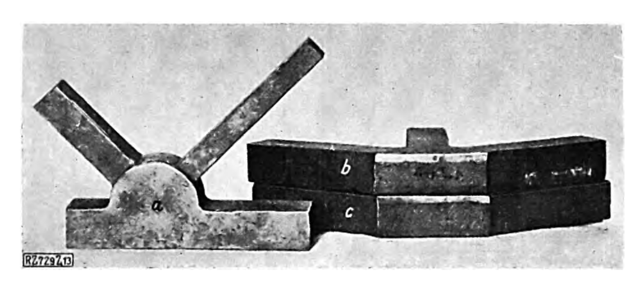


Abb. 12. K-Stück

a Form des Versuchsstückes
b Bruchprobe von Grauguß mit Lunker
c „ „ Perlitguß ohne „

für die Spannungen hin[7]). Planmäßige Versuche von P. Bardenheuer und C. Ebbefeld[8]) über die Schwindvorgänge brachten eine volle Bestätigung dieses Vorteils. Das als Beispiel für die Zähigkeit erwähnte wandartige Stück der Firma Steinmüller kann auch für die beim Perlitguß erreichte Spannungsfreiheit als Beispiel dienen.

Zur unmittelbaren Feststellung der Spannungsverhältnisse wurde ein Gitterstück von den zur Studiengesellschaft für Veredelung von Gußeisen gehörenden Gießereien in Perlitguß, Abb. 5, und in Grauguß, Abb. 6, abgegossen. Bei der Ausführung in Normal-Maschinenguß, Abb. 6, sprangen sämtliche Stücke bereits beim Erkalten in der Form; bei der Ausführung in Perlitguß, Abb. 5, blieben sie ganz. Nach Anbohren an den mit *a* bezeichneten Stellen, Abb. 5, trat ganz geringe Klaffung ein.

Gleichmäßigkeit des Gefüges

Die Beherrschung der Abkühlgeschwindigkeit hat nicht nur die weitgehende Ausreifung des Gefüges zur Folge, sondern auch seine größte Gleichmäßigkeit an den verschiedenen Stellen des Gußstückes. Der Körper einer Stopfbüchse, Abb. 7, der außerordentliche Verschiedenheit der Wanddicken aufweist, wurde durchschnitten, um von den mit *a*, *b*, *c* und *d* bezeichneten Stellen Schliffproben, Abb. 8 bis 11, zu liefern. Die Abbildungen zeigen die überraschende Gleichmäßigkeit des Gefüges trotz der großen Verschiedenheit der Wanddicken. Auch die als Beispiel für die gleichmäßige Härte bereits erwähnte Kolbenringwalze, Abb. 3, beweist die Gleichmäßigkeit des Gefüges, da diese ja auch Voraussetzung für die Gleichmäßigkeit der Härte sein muß.

Auffallend ist bei Perlitgußstücken der reine Klang, den sie, geeignet aufgehängt, beim Anschlagen mit dem Hammer ergeben. Aus Perlitguß kann man daher gutklingende Glocken herstellen. Der Klang von Glocken aus gewöhnlichem Grauguß ist dagegen unrein und in der Tonhöhe nur unsicher bestimmbar, ein weiterer Beweis, daß Perlitguß ein in seiner ganzen Struktur gleichmäßig durchgebildeter Baustoff ist.

Lunkerfreiheit

Zu den bedenklichsten Erscheinungen, die bei Gußstücken auftreten können, gehören die Lunkerungen. Sie sind nicht nur eine erhebliche Ausschußursache, sondern können auch, zu spät bemerkt, zu Brüchen führen. Ihre Entstehung[9]) ist auf die Verschiedenheit des spezifischen Volumens beim flüssigen und beim erstarrenden Metall zurückzuführen. Ist die Schmelze an einzelnen Stellen noch flüssig und an andern schon in der Erstarrung begriffen, so können Hohlräume entstehen, die Lunker. Ebenso wie das Perlitgußverfahren die Entstehung der Gußspannungen unterdrückt, hat es sich auch als sehr wirkungsvolles Mittel zur Unterdrückung der Lunker erwiesen. Abb. 12a zeigt ein Stück, das, in nicht vorgewärmter Form vergossen, regelmäßig zur Ausbildung eines mehr oder minder kräftigen Lunkers in der Nähe des Knotenpunktes, Abb. 12b, führt. Er tritt nicht auf, wenn der Guß nach dem Perlitgußverfahren erfolgt, Abb. 12c. Mit der Lunkerfreiheit im Zusammenhang steht die Erscheinung, daß man bei Perlitguß ohne oder mit wesentlich kleinerem verlorenem Kopf auskommen kann als bei gewöhnlichem Guß.

Dichtheit

Ebenso wie vor Lunkern schützt das Perlitguß-Verfahren auch vor der Bildung kleinerer Blasen, wie sie beim gewöhnlichen Guß häufig auftreten. Die große Dichte des Gusses erklärt sich durch die Gleichmäßigkeit, Ausreifung und Feinkörnigkeit des Gefüges. Die Dichte ist besonders für die Fälle von Bedeutung, in denen man das Gußstück zur Aufnahme von hochgespannten Flüssigkeiten oder Gasen verwendet, z. B. bei Rohrleitungen, Krümmern usw., ferner bei Dampfmaschinen und Verbrennungsmotoren, insbesondere Dieselmotoren. Ebenso haben sich Preßpumpenkörper, die früher in Stahlguß nicht dicht hergestellt werden konnten, aus Perlitguß als einwandfrei erwiesen.

Abb. 13 zeigt Zylinder-Einsatzbüchsen für Schiffs-Dieselmotoren, die ebenso wie die zugehörigen Kolben in Perlitguß reihenweise ausgeführt werden. An den Stellen *a* und *b* sind Probestäbe für Zugversuche entnommen, bei *c* und *d* solche für Biegeversuche angegossen. Zugfestigkeiten bis zu 33 kg/mm² wurden bei einer Brinellhärte von 190 bis 205 festgestellt. Die größten bisher hergestellten derartigen Büchsen für Hochofengasmaschinen erreichen ein Rohgewicht von 6500 kg bei 2700 mm Länge, 950 mm Dmr. und 70 mm Wanddicke.

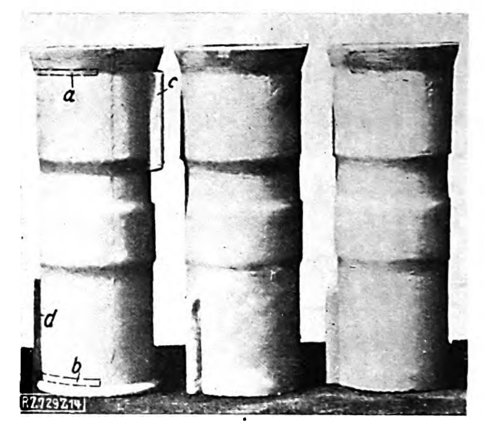


Abb. 13
Zylindereinsatzbüchsen für Schiffsdieselmaschinen

Rohgewicht 830 kg, Rohgewicht des zugehörigen Kolbens 385 kg
a und *b* Entnahme der Probestäbe für die Zugversuche
c „ *d* angegossene Stäbe für die Biegeversuche

Ein weiteres Gebiet, für das die Dichtheit des Gusses wichtig ist, sind die Verteilerkästen der Rauchgasvorwärmer. Sie werden aus Perlitguß hergestellt, um den gesteigerten Anforderungen genügen zu können, die an den Vorwärmerbau durch die fortgesetzte Erhöhung der Betriebsdrücke gestellt werden, und um sie gegen das Einpressen der Rohrkegel widerstandfähiger zu machen[10]). Die Vorwärmerelemente, die unter Verwendung von Perlitguß gebaut werden, halten Betriebsdrücke von 150 at aus.

Steinmüller führt auch Rippenheizrohre in Perlitguß aus, deren Flansch 30 mm und deren Rohrkörper 11 mm dick ist, wobei die Rippen bis auf 2 mm auslaufen. Die Rippenrohre werden im Dampfkesselbau für besonders hohe Drücke verwendet und können bis auf 400 at und darüber abgepreßt werden. Bei einer kürzlich von unparteiischer Seite vorgenommenen Prüfung zweier Rippenrohre platzte das eine bei 670 at, das andere erst bei 750 at, ohne vorher undicht geworden zu sein.

Welche Bedeutung dem hier erreichten Fortschritt in Verbraucherkreisen zugeschrieben wird, geht aus der Äußerung Spruths[11]) hervor: „Durch Herstellung aus Per-

[7]) Vergl. Geiger, Handbuch der Eisen- und Stahlgießerei, 2. Aufl. Berlin 1925, Julius Springer, Bd. 1, S. 363.

[8]) Gießerei-Zeitung Bd. 22 (1925) S. 454 und „Stahl und Eisen" Bd. 45 (1925) S. 825, 1022.

[9]) Vergl. Irresberger in Geiger, Handbuch der Eisen- und Stahl-Gießerei, S. 331; auch Sipp und Bauer, Schwinden und Lunkern des Eisens, „Stahl und Eisen", Bd. 33 (1913) S. 675, Bd. 41 (1921) S. 88.

[10]) Z. Bd. 68 (1924) S. 609.

[11]) „Elektrizitätswirtschaft" Nr. 400 und 401 Januar 1926.



litguß wird der gußeiserne Rippen-Ekonomiser für ein sehr viel höheres zulässiges Druckgebiet (praktisch bisher nur rd. 20 at Überdruck) möglich."

Verschleißfestigkeit

Viele von den Gegenständen, deren Verwendung Dichtheit des Gusses verlangt, müssen auch gegenüber Abnutzung durch gleitende Reibung besonders widerstandfähig sein. Hohe Verschleißfestigkeit war eine der ersten Eigenschaften, die von den Erfindern als Besonderheit des Perlitgusses erkannt wurde. Sie ist daher schon im Grundpatent[12]) in den Vordergrund gestellt. Tatsächlich hat sie sich auch als vornehmlich wichtig und praktisch bedeutsam erwiesen.

Auf Grund von Untersuchungen in der Mechanisch-Technischen Versuchsanstalt des Eisenbahn-Zentralamtes kommt Lehmann[13]) zu dem Ergebnis, daß weder Härte, noch chemische Zusammensetzung, noch Graphitmenge und -ausbildung wesentlichen Einfluß auf den Verschleißwiderstand nehmen. Er hängt vielmehr nur von dem Perlitgehalt ab, derart, daß Gußeisen mit rein perlitischem Gefüge die höchste Verschleißfestigkeit hat. Die Versuche, auf Grund deren das Ergebnis gewonnen wurde, erstreckten sich auf das Zusammenarbeiten der Versuchskörper mit Schienenstahl, mit hartem und mit weichem Gußeisen. Buffet und Roeder[14]) ließen ebene Flächen von Versuchskörpern gleichen Stoffes trocken gegeneinander schleifen und erhielten bei Zylindergußstücken eine Abnutzung von 0,3 g/h, bei Perlitgußstücken eine solche von nur 0,039 g/h.

In allen Fällen, wo betriebsmäßig Metall auf Metall gleitet, aber auch dann, wenn Stoffe anderer Art, Flüssigkeiten, Sand, Staub usw. zwischen oder an bewegte Flächen geraten, ist die Verschleißfestigkeit von großer Bedeutung. Abb. 14 zeigt zwei Zahnräder, die an Milchzentrifugen im Betriebe waren. Das eine, Abb. 14a, aus dem früher üblichen hochwertigen Gußeisen hergestellt, hat sich nach 30 Betriebsstunden abgearbeitet, während das Perlitgußrad, Abb. 14b, nach 400 Betriebsstunden noch keine Abnutzung aufwies. Ähnlich beweist sich die Verschleißfestigkeit des Perlitgusses bei Bremsklötzen, bei Kreiselpumpenteilen, bei Laufringen und Rollen von schweren Trockentrommeln, die sich früher in drei Monaten abnutzten und in der jetzigen Ausführung jahrelang laufen.

Besonders beweiskräftig sind die Fälle, wo Sand mit den Maschinenteilen in Berührung kommt, z. B. bei Sandaufbereitungsmaschinen, deren Kettenräder, Ketten, Sandförderer, Rüttelsieb-Exzenter usw. wegen der in alle Zwischenräume eindringenden scharfen Quarzsandkörner vordem nach längstens zwei bis drei Monaten unbrauchbar waren und ersetzt werden mußten. Die neueingebauten Teile aus Perlitguß sind schon 1¼ Jahre in Betrieb, ohne einer Auswechslung zu bedürfen. Ähnliches gilt für Kohlenstaubmühlen, für deren Teile bei Ausführung in Perlitguß im Mindestfalle die dreifache Lebensdauer gegen früher festgestellt wurde.

[12]) DRP Nr. 301 918.
[13]) Dr. O. H. Lehmann, „Die Abnutzung des Gußeisens bei gleitender Reibung", Gießerei-Zeitung Bd. 23 (1926) S. 597.
[14]) B. Buffet und A. Roeder, La fonte perlitique, Bulletin de la Société Industrielle de Mulhouse, November 1925.

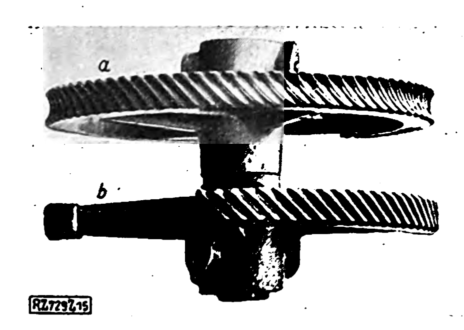


Abb. 14
Zahnräder für Milchzentrifugen
a hochwertiges Gußeisen nach 30 Betriebsstunden
b Perlitguß „ 400

Weitere Beispiele bieten Motorenteile, die gleitender Reibung ausgesetzt sind. Gelegentlich des Motorschlepper-Wettbewerbs 1925 stellte Prof. G. Becker[15]) die Abnutzungen an den Zylindern der dabei geprüften Verbrennungsmotoren fest. Im allgemeinen waren sie sehr hoch, was auf die Einwirkung des mit der Verbrennungsluft angesaugten Staubes zurückzuführen war. Aus der Reihe der untersuchten Motoren fiel nur einer vollständig heraus; seine Abnutzung lag weit unter der der übrigen, obschon die durch ihn angesaugte Luft nicht von Staub gereinigt war, während mehrere der anderen Motoren dafür eine besondere Einrichtung hatten. Der so auffallend wenig abgenutzte Zylinder gehörte zu dem Lanzschen Zweitakt-Glühkopfmotor und war aus Perlitguß hergestellt.

Nachstehend seien einige Anwendungen aus der Praxis des besonders scharfe Anforderungen stellenden Dieselmotorbaues besprochen:

Die Zylinderlaufbüchse der Dieselmotoren muß aus einem harten, zähen und dichten Guß von gleichmäßigem Gefüge bestehen. Denn die Büchse bildet nicht nur die Gleitfläche für den Arbeitskolben, sondern muß auch einen Gasdruck bis etwa 45 at aushalten. Ist der Werkstoff weich und ungleichmäßig, dann neigt auch der beste Kolben zum Fressen, selbst wenn Kolben und Büchse sauber auf der Maschine geschliffen sind. Perlitguß hat sich diesen Ansprüchen voll gewachsen gezeigt und wesentlich besser bewährt als der früher verwendete Zylinderguß. Die Wanddicken werden in der jetzigen Ausführung geringer als früher gehalten, wodurch die Kühlung verbessert wird. Außerdem erreicht man eine ganz glatte und gleichmäßige Laufbahn, so daß die Kolbenreibung wesentlich herabgemindert wird.

Die Schraubenräder, die bei Dieselmotoren zum Antrieb der Steuerwellen benutzt werden, müssen hinsichtlich Härte, Gleichmäßigkeit des Gefüges und Zähigkeit dieselben Eigenschaften haben wie die Zylinderbüchsen. Während bei größeren Dieselmotoren der übliche Zylinderguß oft versagte, sind bei der Verwendung von Perlitguß bestimmter Härte keine Beanstandungen mehr aufgetreten.

Hervorragend bewährte sich der Perlitguß auch bei der Brennstoffpumpe der kompressorlosen Dieselmotoren. Diese Pumpen müssen Drücke von mehreren hundert Atmosphären erzeugen. Die Pumpenkolben und die Kolben der Überströmventile müssen sich stopfbüchsenlos in ihren Führungen bewegen und dabei gegen den hohen Druck abdichten. Versuche mit allen möglichen Werkstoffen, auch mit Edelstählen, haben hier lange nicht die guten Ergebnisse gehabt wie die Verwendung von Perlitguß. Während sich das Festbremsen der äußerst dicht eingeschliffenen Kolben bei allen anderen Baustoffen einstellte, treten bei Perlitguß keinerlei Anstände auf.

Nach Ansicht der Firmen, die im Dieselmotorbau mit Perlitguß Erfahrungen gemacht haben, führt die Entwicklung dahin, die meisten Stahlgußteile durch Perlitguß zu ersetzen. Er kommt ferner als geeigneter Baustoff für die Antriebnocken der Steuerventile, für die Sitze dieser Ventile, die Ventilteller, ferner auch für hochbeanspruchte Zylinderdeckel und die Kolben in Betracht.

Gefügebeständigkeit bei höheren Temperaturen

Stark in den Vordergrund tritt in neuerer Zeit das Verhalten des Perlitgusses gegenüber hohen Betriebstemperaturen. Gußeisen zeigt bei solcher Verwendung im allgemeinen die höchst gefährliche Eigenschaft des Wachsens[16]). Während die normale Wärmeausdehnung nach der Abkühlung wieder zurückgeht, haben Stoffe, die die Erscheinung des Wachsens aufweisen, die Eigenschaft, daß die in der Wärme erfahrene Ausdehnung nicht mehr vollständig verschwindet. Das Wachsen nimmt mit jeder neuen Erwärmung zu, wenn auch jedes folgende Mal in geringerem Maße. Sie führt zu gefährlichen Spannungen zwischen den einander berührenden Konstruktionsteilen; gußeiserne Rohr- und Gehäuseteile werden im Heißdampf rissig und vermodern manchmal derart, daß sie mit dem Messer geschnitten werden können.

[15]) Z. Bd. 70 (1926) S. 1262.
[16]) Vergl. Thum, „Die Werkstoffe im heutigen Dampfturbinenbau", Z. Bd. 71 (1927) S. 758, dazu die Aussprache in der Fachsitzung Dampftechnik, Z. Bd. 71 (1927) S. 1134.



Die Erscheinung des Wachsens steht in unmittelbarer Beziehung zu dem Gehalt an Silizium im Gußeisen[17]. An sich wird das Silizium vom Eisengießer gern gesehen, da es die leichte Vergießbarkeit und gute Bearbeitbarkeit fördert und die Möglichkeit gibt, den Kohlenstoffgehalt herabzusetzen und die Festigkeit zu erhöhen. Mit den Siliziumgehalten, wie sie im allgemeinen verwendet werden (2 vH und darüber), ist jedoch das Wachsen untrennbar verbunden und nimmt um so größeres Ausmaß an, je höher der Siliziumgehalt wird. Hier gibt nun das Verfahren zur Erzeugung des sogenannten Heißperlits außer der Möglichkeit, ein spannungsfreies, dichtes und festes Eisen zu erzeugen, auch die Möglichkeit, es auf sehr niedrigen Siliziumgehalt zu gattieren. Eine Senkung des Siliziumgehalts auf etwa 1 vH und darunter vermindert das Wachsen so weit, daß es praktisch belanglos wird.

Alle Vorteile des Perlitgusses würden nichts bedeuten, wäre es nicht möglich, das für ihn kennzeichnende durchgängige perlitische Gefüge mit Treffsicherheit zu erreichen. Die Treffsicherheit war ja seit jeher beim Eisenguß ein besonders kritischer Punkt. Rudeloff kam darüber noch 1925 in seinem Bericht über die Versuche zur Ermittelung der Treffsicherheit der Gießereien[18] zu einem recht pessimistischen Urteil. Daß der Perlitguß dagegen heute mit großer Treffsicherheit hergestellt wird, ist der zielbewußten Anwendung der gleichen Verfahren zu danken, die zu seiner Erfindung führten. Wissenschaftliche Durchdringung und dauernde Überprüfung des gesamten Gießereibetriebes durch wissenschaftlich geschulte Ingenieure, angefangen von der Untersuchung der Rohstoffe und des Formsandes bis zur genauen Erkennung und Beherrschung der Schmelz- und Formtrockenvorgänge, sowie des Gießvorganges selbst bieten die Mittel, diese Treffsicherheit zu erreichen. Die Studiengesellschaft für Veredelung von Gußeisen sieht es als ihre wesentliche Aufgabe an, die Kenntnis dieser Gebiete und ihre Anwendung dauernd zu vertiefen. [B 729]

[17] Sipp und Roll, „Das Wachsen des Gußeisens", „Gießerei-Zeitung" Bd. 24 (1927) S. 229 u. f.

[18] „Gießerei" Bd. 12 (1925) S. 561 u. f.

120 t-Kran für eine Lokomotivwerkstätte

Das Bestreben, die Wirtschaftlichkeit des Eisenbahnverkehrs im Fernzugdienst durch Steigerung der Zuggewichte und volle Auslastung der Lokomotiven zu heben, führte mit der Steigerung der Lokomotivleistungen gleichzeitig zu einer solchen des Lokomotivgewichtes und damit auch zu erhöhten Anforderungen an die Leistungen der in den Werkstätten erforderlichen Hebezeuge. So sind in den letzten Jahren Krane für Eisenbahnwerkstätten gebaut worden, deren Tragfähigkeit die Grenze von 100 t bereits überschritten hat.

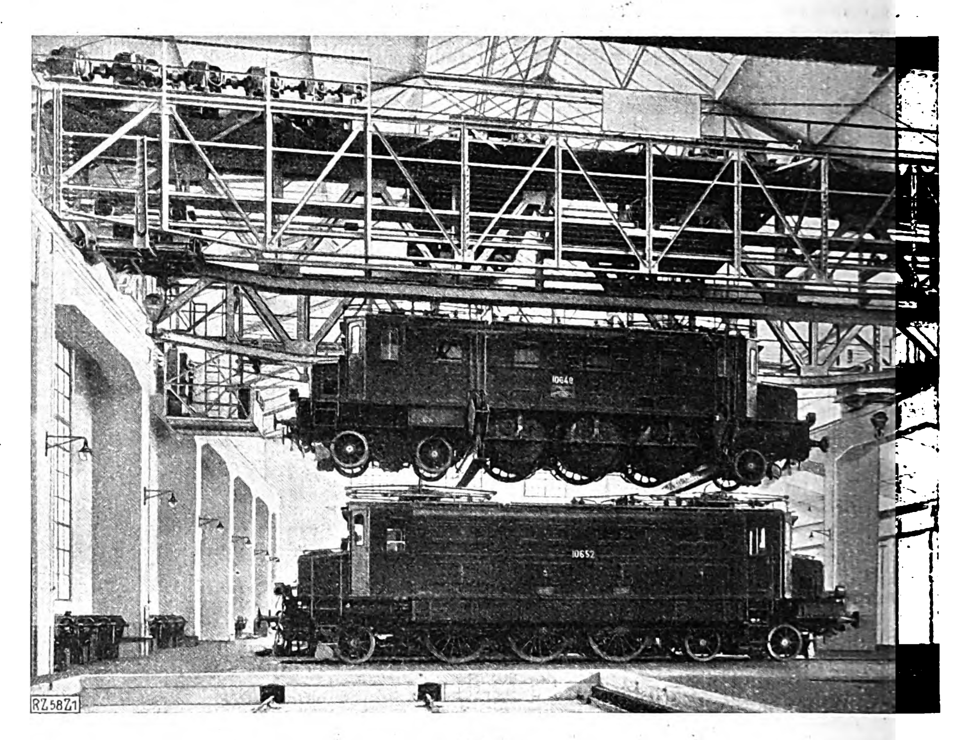


Abb. 1
Lokomotivhebekran für 120 t Tragkraft

Ein solcher Kran besonders hoher Leistung, Abb. 1, wurde für die Lokomotivwerkstätten der Schweizerischen Bundesbahnen in Yverdon zur Beförderung schwerster elektrischer Lokomotiven geliefert. Diese werden von zwei Hauptkatzen mit insgesamt vier Aufhängehaken, die durch Querträger zu je zweien verbunden sind, gehoben. Außerdem ist auf jeder Seite der Hauptkranbrücke eine Hilfskatze angeordnet, die zum Heben kleinerer Lasten bestimmt ist. Der Kran hat rd. 25 m Spannweite, 7 m größte Hubhöhe für ganze Lokomotiven, die sich für Einzellasten bis auf 10 m vergrößert, und insgesamt 120 t Tragkraft der beiden Haupthubwerke sowie 8 t der beiden Hilfshubwerke. Die Hubgeschwindigkeit der Haupthubwerke beträgt je nach dem Gewicht der Last 2 bis 3 m/min, die der Hilfshubwerke 8 m/min.

Die besonderen Anforderungen, die an einen derartigen Lokomotivkran gestellt werden müssen, sind hohe Genauigkeit der Steuerung, sanftes Anlassen und genaue Geschwindigkeitsregelung. Auch bei unterschiedlicher Belastung der beiden Haupthubwerke darf der Geschwindigkeitsunterschied einen ganz geringen Wert nicht überschreiten. Diesen Bedingungen sowie der Forderung, auch beim Senken schwerer Lasten diese elektrisch abbremsen zu können, genügt die für die Hauptwinden angewandte Ward-Leonard-Schaltung, während für die Hilfskatzen die übliche Umkehrschaltung vorgesehen wurde.

Für sämtliche Windwerke wurde der zur Verfügung stehende Drehstrom in Gleichstrom umgeformt. Die Umformergruppe befindet sich auf der einen Seite der Kranbrücke und besteht aus einem Drehstrommotor von 105 kW, der je eine Steuerdynamo für die beiden Haupthubwerke und Katzfahrmotoren sowie den Kranfahrmotor und je einen Stromerzeuger für die Hilfskatzen und einen solchen als Erregermaschine treibt.

Der Antriebmotor des Kranfahrwerkes leistet vorübergehend 33 kW. Er kann durch den Steuerschalter an zwölf verschiedene Spannungsstufen in beiden Fahrtrichtungen gelegt werden. Außerdem sind weitere acht Feldschwächungsstufen vorgesehen zum schnelleren Heben kleiner Lasten, die unsachgemäß anzuwenden durch einen Höchstspannungsausschalter verhindert wird. Die beiden Haupthubmotoren leisten zeitweilig je 37 kW und werden durch einen gemeinsamen Steuerschalter mit hoher Stufenzahl gesteuert. Der mechanische Teil des Laufkranes wurde von den Ateliers de Constructions mécaniques, Vevey, geliefert, die elektrische Ausrüstung stammt von Brown, Boveri & Cie. [M 58] Gü.

Die Ausbildung des Textilingenieurs

Die Notwendigkeit eines akademischen Sonderausbildungsganges

Von Dipl.-Ing. Rud. Roßmann, München

Einem großen Bedarf an akademisch ausgebildeten Textilingenieuren steht ein kleiner, meist unvollkommen vorgebildeter Nachwuchs gegenüber — Ausbildungsmöglichkeiten in Deutschland und im Ausland werden aufgeführt und verglichen — Forderung der Errichtung von Textilabteilungen an Technischen Hochschulen

Der Bedarf an akademisch ausgebildeten Textilingenieuren

In der Textilindustrie sind im Gegensatz zu andern Zweigen der Technik Fachingenieure nur in geringer Zahl vorhanden. Textilingenieure, die sich durch längere Tätigkeit besondere fachliche Kenntnisse erworben haben, und Betriebsingenieure sind noch ziemlich häufig zu finden. Doch besteht Mangel an akademisch vorgebildeten Textilingenieuren. Dies kommt auch deutlich zum Ausdruck im Anzeigenteil der einschlägigen Fachzeitschriften, in denen in normalen Zeiten die Nachfrage meist größer als das Angebot ist. Die Suche nach wissenschaftlich vorgebildeten Persönlichkeiten, die sich als Forschungsingenieur oder Lehrkraft auf dem Gebiete des Textilwesens eignen, führt nur unter besonders günstigen Umständen zu dem gewünschten Ergebnis. Zweifellos gibt es eine ganze Anzahl hervorragender Textilingenieure mit akademischer Ausbildung, die aber in der weitläufigen und auf viele Sonderzweige eingestellten Industrie vollkommen verschwinden.

Betrachtet man das Fachschrifttum der Textilingenieure, so läßt sich nur ein verhältnismäßig langsamer Fortschritt beobachten und man findet nur wenige, wirklich bedeutende Arbeiten, die sich über das Erfahrungswissen erheben. Über manche Textilmaschinen gibt es so viel wie kein Schrifttum, in vielen Fällen kann man nur auf einzelne Zeitschriftenaufsätze zurückgreifen, wenn man ein Sondergebiet bearbeiten will. Reichhaltiger ist selbstverständlich das textiltechnologische Schrifttum, doch nehmen auch davon den weitaus größten Teil die Darstellung neuer Musterungen und ihre Herstellung, Betriebserfahrungen usw. ein; neue Forschungen gelangen selten zur Veröffentlichung. Ein helles Streiflicht auf diesen Zustand wirft auch die Tatsache, daß Doktorarbeiten auf diesem Gebiete selten sind und fast ausnahmsweise rein maschinentechnische und theoretische Fragen behandeln.

Die Zahl der angemeldeten Patente ist immerhin nicht niedrig, doch ist wesentlich Neues selten zu finden. Außerdem beziehen sich die meisten textiltechnischen Patente hauptsächlich auf Fragen, die den Chemiker betreffen. So spielt z. Zt. die künstliche Faser vielleicht die ausschlaggebende Rolle. Wie wenig aber konstruktive Verbesserungen und neue Erfindungen in maschineller Hinsicht vertreten sind, weiß jeder Fachmann. Die Textilfabriken haben es deshalb auch nur selten nötig, sich neue Maschinen anzuschaffen, da ihre alten immer noch ebenso gut arbeiten. Noch heute werden alte englische Webstühle verwendet, die seit vierzig und mehr Jahren ununterbrochen arbeiten und noch fast das gleiche leisten wie neuzeitliche Maschinen. Die Verbesserungen beziehen sich hauptsächlich auf einfachere Bedienung, größere Sicherheit bei Unregelmäßigkeiten und geringeren Verbrauch an Hilfsstoffen. Ein Anzeichen für den langsamen Fortschritt kann man auch darin erblicken, daß in vielen Werken, besonders in Tuchfabriken, noch immer große Geheimniskrämerei herrscht, und daß man glaubt, durch die Veröffentlichung von Sondererfahrungen große wirtschaftliche Vorteile aus der Hand zu geben. Dabei wird aber überall nach ziemlich gleichen, längst bekannten Verfahren gearbeitet, so daß kaum nennenswerte Unterschiede bestehen.

Der akademisch gebildete Textilingenieur ist seiner Fachausbildung nach meist Maschineningenieur. Er hat dabei vielleicht in der Hochschule neben seinen allgemeinen und besonderen maschinentechnischen Pflichtfächern einzelne textiltechnische Wahlfächer belegt. Darauf hat er in der Textilindustrie Anstellung gefunden, dort auch schon praktisch gearbeitet und sich so langsam zum Textilfachmann mit maschinentechnischer Allgemeinausbildung entwickelt. Vielfach aber sind Maschineningenieure auch ohne irgendwelche akademische textiltechnische Vorbildung in dieser Industrie tätig gewesen und haben sich dann in gleicher Weise fachlich vervollkommnet. Nicht akademisch gebildete Textilingenieure haben jedoch manchmal die Grundlage für ihre Sonderkenntnisse auf einer Textilfachschule erworben, wo in der Hauptsache textiltechnologische Fragen, in untergeordnetem Maße maschinentechnische, behandelt werden. Die wenigen Dozenten für Textilwesen an den Hochschulen sind meist eigene Wege gegangen.

Textilindustrie und -wissenschaft brauchen Fachleute, die in verschiedener Richtung wirken sollen. Zunächst kommen für L e i t u n g u n d B e t r i e b von Textilfabriken vorwiegend technologisch gebildete Kräfte in Betracht. Mit der Größe der Betriebe steigen in der Regel entsprechend die Anforderungen, die an die technische Leitung zu stellen sind. Die Vorbildung soll also hier, abgesehen von der immer nötigen Allgemeinbildung, im Auszug die wesentlichsten maschinentechnischen Fächer enthalten, eingehende Kenntnis der wichtigeren Textilmaschinen, sowie in besonderem Maße w i r t s c h a f t l i c h e F ä c h e r und Fabrikwesen umfassen. Dazu gehört natürlich eine gründliche Praxis, die als allgemeine Unterlage zweckmäßig ein Praktikum in vielseitigen Laboratorien, und als spezielle Ausbildung m i n d e s t e n s ein Jahr Betätigung in einem Textilbetrieb erfordert. Darauf hat sich der so fertig ausgebildete Ingenieur natürlich immer erst im Verlauf von mehreren Jahren gründlich in ein Spezialgebiet einzuarbeiten.

Die für die I n s t a n d h a l t u n g d e s M a s c h i n e n p a r k e s nötigen Kräfte haben meist bei normaler Ausbildung als Maschineningenieur, die die wichtigsten Textilfächer mitenthält, genügend Vorbildung, da in Fabriken oft die Kraftanlagen usw. schon eine große Rolle spielen und der Betriebsingenieur verhältnismäßig leicht mit den Textilmaschinen genügend vertraut wird. Dazu stehen ihm immer die Spezialisten der Textilmaschinenfabriken zur Verfügung.

Dann kommen die Textilmaschinen-Ingenieure mit vorwiegend k o n s t r u k t i v e r T ä t i g k e i t. Sie brauchen eine allgemeine, in der Regel nicht sehr ins einzelne gehende technologische Ausbildung, daneben aber eine sehr gründliche maschinentechnische Vorbildung, eingehende Bekanntschaft mit den Textilmaschinen, auf Grund einer breiten, naturwissenschaftlichen Unterlage. Praktische Ausbildung erhalten sie am besten in Textilmaschinenfabriken. Sie finden Verwendung als Konstrukteure und Forschungsingenieure.

Schließlich wären in diesem Rahmen auch noch die T e x t i l c h e m i k e r zu nennen. Ihre Vorbildung sollte neben dem chemischen Studium einigermaßen das textiltechnologische berühren und als Nebenfach Textilmaschinenbau enthalten.

Die bestehenden Ausbildungsmöglichkeiten

Die technischen Hochschulen enthalten in ihrem Lehrplan je nach den besonderen Richtungen meist einzelne textiltechnische Fächer. Am meisten bietet in Deutschland wohl die Technische Hochschule in Stuttgart, wofür der Umstand bezeichnend ist, daß dort für den allgemeinen Maschineningenieur als siebentes Semester ein Praktikum an dem Forschungsinstitut für Textilindustrie in Reutlingen vorgesehen ist. Auch andre Hochschulen, wie Dresden und München beschäftigen sich erfreulicherweise lebhaft mit Textilindustrie. Führend im deutschen Ausland dürfte wohl die Technische Hochschule in Brünn sein, die in weiten Textilkreisen durch ihre hervorragenden Lehrer



und Fachleute bekannt ist und auch in steter Berührung mit der dortigen Webschule steht.

Neben diesen hochschulmäßigen Studienmöglichkeiten gibt es im ganzen Lande verstreut eine Reihe von Textil-Fachschulen, die häufig den Namen „Webschulen" tragen. Sie fordern oft nur Volksschulvorbildung, vielfach sechs Klassen einer Mittelschule und werden zum großen Teile von den Familien, in denen die Beschäftigung in der Textilindustrie Überlieferung ist, besucht. Praxis als Vorbildung ist nützlich und erwünscht, aber nicht notwendig. Altersgrenzen nach unten und oben sind gezogen. Hier wird meist, wie schon der Name sagt, die Weberei behandelt, je nach der besonderen Einstellung aber auch die Spinnerei, Appretur, Rohstoffgewinnung usw. Dabei steht die Technologie völlig im Vordergrund. Der technische und maschinentechnische Teil wird nur, soweit es vom technologischen Standpunkt aus wichtig ist, mit behandelt. Einigermaßen werden die Konstruktionen der Webstühle, der Spinnmaschinen und der Veredelungsmaschinen gezeigt. Die dabei erzielten Kenntnisse genügen aber keinesfalls zu ingenieurmäßiger oder konstruktiver Tätigkeit. Aus diesen Schulen sind meist die Betriebsleiter in Spinnereien und Webereien hervorgegangen.

Daneben gibt es natürlich noch einzelne Privatschulen, die aber für den Ingenieur als Ausbildungsanstalt kaum in Frage kommen.

Der Hauptanteil an der Fachausbildung hat also hier die in der Praxis gewonnene Erfahrung. So wichtig und wertvoll sie auch ist, so ist sie doch in der Regel von einer starken Vernachlässigung der theoretischen Seite begleitet, die ja bei Nurpraktikern häufig verkümmert. So kommt es, daß die textilwissenschaftliche Forschung immer noch wenig betrieben wird. Dies zeigt auch ein Überblick über die Lehrpläne dieser Fachschulen, von denen in Deutschland 24 vorhanden sind[1]). Bei diesen Schulen findet der Unterricht allein oder hauptsächlich in einer Tagesschule statt. Abend- oder Sonntagslehrgänge geben außerdem denen, die schon in der Industrie tätig sind, Gelegenheit zu weiterer Ausbildung. Der Unterricht erstreckt sich auf rein fachliche Sondergebiete, wie z. B. Webereifabrikation, Färberei, Bleicherei, Druckerei, Chemie, Appretur usw. Der Lehrplan der Höheren Fachschule für Textilindustrie in Chemnitz läßt deutlich die Einseitigkeit dieser Art Schulen erkennen. Die Anstalt hat zwölf verschiedene Abteilungen. Zu der Tagesschule gehören

a) höhere Webschule, Dauer des Lehrgangs ein Jahr;
b) Vorschule für die höhere Webschule, praktische Tätigkeit im Websaale;
c) Musterzeichnerabteilung, Dauer des Lehrgangs drei Jahre;
h) Weberlehrlingsabteilung, Dauer des Lehrgangs drei Jahre;
i) Webschullehrer-Abteilung (seit 1912), Dauer des Lehrgangs zwei Jahre.

Die Hauptlehrgebiete sind Stoffweberei, Handweberei, Musterzeichnen und ein Praktikum. Der Schule ist ein öffentliches Warenprüfungsamt angegliedert.

In England, dem Altmeisterlande der Textilindustrie, liegen die Verhältnisse im Grunde genommen ähnlich. Dort sind ebenso wie in Deutschland mehrere Textilfachschulen im Lande verstreut. Daneben gibt es aber noch akademische Heimstätten der Textilindustrie, so die Universitäten Leeds und London. Diese haben je ein „textiles Institut", an dem ein akademischer Bildungsgrad erreicht wird, was bis 1925 nur in England möglich war.

Auf das führende Institut dieser Art, das „Department of Textile Industries" in Leeds soll im folgenden näher eingegangen werden:

Geforderte Vorbildung: Reifezeugnis für Studierende, Mittelschule für Hospitanten, Hörer.

Ausbildungsziel: Nach drei Jahren „Degree of B. Sc. in Textiles"; nach vier Jahren „Diploma in Textile Industries".

Stundiengang: A. Sonderausbildung „in Textiles", B. Allgemeinausbildung „with Textiles as a principal subject".

Lehrfächer:

Zu A. Ordinary Degree of B. Sc. in Textiles.

Erstes Jahr: Mathematik für angewandte Wissenschaften, Einführung in die Physik, Einführung in die Chemie, Allgemeine Ingenieurwissenschaften I, Physik und Chemie der Textilvorgänge, Einführung in die Textilindustrie.

Zweites Jahr: Mathematik, Physik, Chemie, Theorie des Garnaufbaus.

Drittes Jahr: Physik, Chemische Technologie der Textilfasern, Experimentelle Färberei (Vorlesungen und Übungen), Allgemeine Bindungslehre, Allgemeine Ingenieurwissenschaften II.

Zu B. Ordinary Degree of B. Com. with Textiles as a principal subject.

Die textiltechnischen Fächer treten hier ihrer Stundenzahl nach hauptsächlich zu Gunsten wirtschaftlicher Fächer etwas zurück.

Der Lehrgang dauert wie bei A drei Jahre.

Diploma, als Anschluß an A und B. Dauer gegebenenfalls zwei Jahre.

Für Spinnerei-Spezialisierung:

Streichgarnspinnerei I und II, Kammgarnspinnerei I und II, Musterausnehmen I, Appretur, Textiles Prüfwesen.

Für Tuchmacher-Sonderausbildung:

Bindungslehre III, Webereimaschinen, Musterausnehmen II, Farbenlehre II, Appretur, Fabrikführung, Textiles Prüfwesen.

Für Handels-Sonderausbildung:

Bindungslehre III, Webereimaschinen, Materiallehre, Farbenlehre II, Appretur, Fabrikführung.

Dazu Wahlfächer und allgemeine Fächer.

Laboratorien: Streichgarnspinnerei, Kammgarnspinnerei, Handweberei, Mechanische Weberei, Appretur.

Sämtliche Laboratorien enthalten nur Maschinenbeispiele in großer Vielseitigkeit, aber geringem Umfang. Sie dienen nur für Übungen, nicht zur Praktikantenbeschäftigung (wie z. B. bei deutschen Fachschulen). Sämtliche Lehrkräfte sind Nichtakademiker!

Ein Vergleich mit den meisten andern Ländern zeigt keine besonderen Ergebnisse. Neuartig ist der Ausbildungsgang der Textilingenieure in Rußland, das eine besondere Textilhochschule errichtet hat, an der nur Textilingenieure ausgebildet werden. Der Lehrgang ist für die einzelnen Sondergebiete verschieden, so daß also besondere Leinen-, Baumwoll-, Woll- usw.-Textilingenieure herangebildet werden. Der Lehrstoff und die Programme dieser Hochschule in Moskau, die im Auszug wiedergegeben sind, machen einen außerordentlich günstigen Eindruck. Wenn dazu die nötigen Lehrkräfte auch vorhanden sind, was allerdings Schwierigkeiten machen dürfte, so ist diese Hochschule als wissenschaftliches Institut unbedingt ernst zu nehmen.

Der Lehrplan des Moskauer Textilinstitutes enthält[2]):

1. Grundfächer:

Darunter sind enthalten alle wesentlichen allgemeinen naturwissenschaftlichen Fächer wie: Mathematik, Physik, Chemie, darstellende Geometrie, Mechanik usw., Technologie verschiedener Stoffe, technische Fächer für den Maschineningenieur, daneben (für Rußland kennzeichnend) aber Geschichte des Sozialismus, historischer Materialismus usw.

2. Sonderfächer:

Baumwollspinnerei, Flachsspinnerei, Wollspinnerei, Haspeln, Zwirnen und Spinnen, Webereibetrieb.

Diese Sonderfächer enthalten neben den besonderen textiltechnischen Vorlesungen und Übungen auch Kurse und Praktikum in Laboratorien und Fabriken, fordern eine Diplomarbeit und ein „Sonderprojekt".

Der Lehrgang umfaßt acht Halbjahre. Der Lehrstoff des Lehrplanes zeigt, daß die Studierenden nicht nur rein fachlich geschult werden, sondern daß sie an technischem

[1]) Nach der Zeitschrift „Das deutsche Wollengewerbe" 1927.

[2]) Aus UDSSR — von Dr. A. Hirsch, S. Hirzel, Berlin 1925.



Allgemeinwissen alles das vorgetragen erhalten, was auch bei uns auf technischen Hochschulen gelehrt wird. Das Wesentliche aber ist, daß diese Vorlesungen von vornherein in ihrem Aufbau zur Textilkunde in Beziehung stehen.

Forderungen

Führende Textilindustrielle haben vielfach betont, daß die Ausbildung der Textilingenieure in Deutschland mit anderen Zweigen nicht gleichen Schritt gehalten hat. Als ein bedeutsamer Schritt, diesem Mangel abzuhelfen, ist wohl die Errichtung des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Faserstoffchemie, Berlin, im Jahre 1919 zu bewerten, wenngleich schon mancherlei wissenschaftliche Institute bestehen, wie besonders das Technikum in Reutlingen.

Der Überblick über die verschiedenen Ausbildungsmöglichkeiten zeigt aber, daß wohl an sich genügend und hochwertige Lehrkräfte und Lehrstätten vorhanden sind, es jedoch dem jungen Ingenieur ziemlich schwer gemacht wird, sich einer gründlichen und zielbewußten Ausbildung zu unterziehen, insbesondere, da er in der Regel erst im zweiten Teile seines Studiums in der Lage ist, seine Sonderrichtung selbst zu wählen. Eine wirklich geeignete und eingehende Vorbildung könnten nur Institute, die den vorgeschilderten Ausbildungsgang der verschiedenen Fachingenieure völlig durchzuführen vermögen, erteilen.

Am wesentlichsten dürfte deshalb sein, an einer oder mehreren Hochschulen gesonderte Textilabteilungen zu errichten. Diesen müssen möglichst umfangreiche Laboratorien angegliedert sein, die alle wesentlichen Textilmaschinen in Einzelstücken enthalten.

Der Lehrplan muß so aufgestellt sein, daß sowohl vorwiegend technologische, wie konstruktive und wirtschaftliche Fachingenieure herangebildet werden. Dabei muß der technologische Teil wieder in die wesentlichsten Gebiete oder nach Fabrikationsgruppen unterteilt sein. Immer muß eine genügende naturwissenschaftliche und maschinentechnische Ausbildung als Grundlage dienen.

Eine derartige Textilabteilung wäre also zweckmäßig an einer ziemlich großen Technischen Hochschule, vielleicht unter Heranziehung eines bestehenden Forschungsinstitutes oder einer höheren Fachschule, zu errichten. Der Ausbildungsgang würde zuerst ziemlich mit dem des Maschineningenieurs parallel laufen. Nach der Vorprüfung wäre die Entscheidung der speziellen Richtung zu fällen. Für Technologen wäre hier vielleicht sofort etwa ½ Jahr Praxis einzuschalten. Um eine gründliche Schulung in den wichtigsten Grundlagen, besonders Stoffkunde, zu erzielen, wären schon vor der Vorprüfung Kurse und Übungen darüber zu halten, da erfahrungsgemäß hier nur langandauernde Beschäftigung mit dem Gegenstande wirklich von Nutzen ist.

Am Schlusse des Ausbildungsganges hat, wie sonst auch, die Diplomprüfung stattzufinden, die aber, besonders bei Technologen, eine umfassende praktische Prüfung mit enthalten muß. Für den Aufbau des Lehrplanes wären natürlich die Lehrpläne der bestehenden Institute, z. B. Leeds, heranzuziehen. Des weiteren sollten besonders Anregungen zu Doktorarbeiten gegeben werden, die mehr das konstruktive als das an sich häufiger bearbeitete technologische Gebiet behandeln. Möglichst weitgehend ist auch auf die Industrie einzuwirken, endlich die mancherorts übliche Kleinlichkeit und Geheimniskrämerei abzutun und mit den eigenen Erfahrungen und Forschungsergebnissen zum eigensten Nutzen herauszukommen.

Im Rahmen einer größeren Hochschule ließe sich dieser umfassende Plan wohl ziemlich gut unterbringen, besonders wenn schon ein textiles Institut dort besteht. Auch die Heranbildung von Textil-Chemikern wäre dort leicht möglich. Doch taucht auch hier schon die Frage auf, ob das Gebiet nicht schon zu umfangreich für eine einzelne Abteilung ist. In diesem Falle müßte an die Errichtung einer textiltechnischen Hochschule herangegangen werden, die dann alle Textilgebiete in weitestem Maße zu umfassen hätte.

Jedenfalls erscheint es notwendig, die Ausbildungsfrage des Textilingenieurs auf eine neue Grundlage zu stellen. Dadurch ist ein wissenschaftlicher Aufschwung in der gesamten Textilindustrie zu erwarten, der Deutschland auf diesem Gebiet eine Führerstellung in der Welt verschaffen würde. [B 2425]

Stand der amerikanischen Dampfforschung[1])

Im letztjährigen Bericht des amerikanischen Dampftabellen-Ausschusses[2]) ist nur noch von Versuchen in zwei Instituten die Rede. Die Thomson-Joule-Messungen der Harvard-Universität, deren Hauptergebnis wir früher mitgeteilt haben[1]), sind offenbar abgeschlossen.

Aus dem Massachusetts Institute of Technology liegen zwei Mitteilungen vor. Keyes berichtet über die Druckeinheit des Instituts. Sie beruht auf einem 9 m hohen Quecksilbermanometer, dessen Säule von einem Wassermantel umgeben ist. Hiermit hat man Druckwagen geeicht, nach dem gleichen Verfahren wie früher in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. Einen bequemen Zwischenwert des Druckes erhält man durch Anschluß der Druckwagen an Kohlensäuredampf von 0 °C, der genau gemessen und sehr gut wiederherstellbar ist. Im ganzen ist man in dem Laboratorium jetzt bis zu 600 at gekommen, und es hat sich gezeigt, daß der wirksame Querschnitt der Druckwagen bis zu diesem Druck unverändert bleibt. Die Druckeinheit des Laboratoriums scheint damit weit über das für die Hochdruckdampf-Forschung erforderliche Höchstmaß hinaus gesichert.

Bezüglich der Temperatureinheit glaubt man noch nicht ganz so weit zu sein. Sie beruht, wie Smith ausführt, auf Widerstandsthermometern aus Platin, deren Anschluß an Gasthermometer noch aussteht, so daß man mit möglichen Fehlern von 0,1 ° rechnet.

Bisher hat man die Sättigungslinie des Wasserdampfes aufgenommen. Gegenüber den Messungen von Holborn und Baumann in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt ergaben sich dabei oberhalb 200 ° im allgemeinen etwas höhere Sättigungsdrücke, bei 250 bis 350 ° um rd. 0,1 vH, bei 374 ° um rd. 0,2 vH. Für den kritischen Punkt wurden 219,5 physikalische Atmosphären und 374,5 ° gefunden (gegenüber 217,8 physikalischen Atmosphären und 374 ° der Reichsanstalt).

Die Messungen des spezifischen Volumens der Flüssigkeit und des gesättigten Dampfes werden als ziemlich abgeschlossen bezeichnet. Nunmehr will man zur Messung des spezifischen Volumens des überhitzten Dampfes übergehen. Für kleine spezifische Volumen soll dabei wieder mit einer Nickelbombe gearbeitet werden, für größere soll ein aus zwei Halbkugeln zusammengeschweißtes Gefäß von 114 mm Außendurchmesser aus einem Sonderstahl dienen.

Aus dem Bureau of Standards, das die kalorimetrischen Messungen übernommen hat, berichtet E. S. Mueller nur über die Versuchseinrichtung. Dabei scheinen die Temperatur- und die Druckmessung bemerkenswert. Die Temperatur wird nämlich an den Stellen gemessen, wo Widerstandsthermometer eingebaut werden können, und der Temperaturunterschied zwischen diesen Stellen und denjenigen, an welchen man die Temperatur wissen will, soll dann mit Differential-Thermoelementen bestimmt werden. Auch der Druck wird nicht ganz unmittelbar gemessen, sondern über Membranen auf Druckzellen übertragen, an die die Druckmeßgeräte angeschlossen sind, so daß diese nicht mit dem Wasser in Berührung kommen.

Man hofft nun, die Messungen schnell, vielleicht schon im Laufe dieses Jahres, durchführen zu können. Im vorigen Jahre haben auch Osborne und Stimson ausschließlich und Fiock während sechs Monate an dieser Untersuchung gearbeitet. [N 830]

Berlin M. Jakob

[1]) Vergl. auch M. Jakob, Z. Bd. 68 (1924) S. 732, Bd. 69 (1925) S. 712 u. Bd. 70 (1926) S. 1623.
[2]) Progress in Steam Research, „Mechanical Engineering" Bd. 49 (1927) S. 160.

Haushalt-Kältemaschinen

Von R. Plank, Karlsruhe

(Schluß von S. 1389)

Besondere Merkmale der Absorptionsmaschinen

Wahl der Arbeitsstoffe. Bei den ältesten Maschinen wurde nach Carré als Kälteträger Wasserdampf und als absorbierender Stoff konzentrierte Schwefelsäure (H_2SO_4) gewählt. Mit diesen Stoffen arbeiten noch heute ganz kleine Haushalt-Eismaschinen[11]).

Wesentlich bedeutungsvoller sind mit Wasser und Ammoniak arbeitende Maschinen, bei denen Ammoniak als Kälteträger dient[12]). Aus wässerigen Ammoniaklösungen (Salmiakgeist) wird bei Erwärmung Ammoniak ausgetrieben und im Kondensator durch Kühlwasser niedergeschlagen; leider läßt sich nicht vermeiden, daß gleichzeitig kleine Mengen von Wasserdampf mitgerissen werden, die bei der anschließenden Verdampfung eine schädliche Wirkung ausüben, da sie einen Teil des Ammoniaks in der Lösung zurückhalten und ihn an der nutzbaren Verdampfung behindern[13]). Das mitgerissene Wasser muß von Zeit zu Zeit in den Kocher-Absorber zurückgeführt werden, was bei vielen Bauarten mit Kälteverlusten und umständlichen Maßnahmen verbunden ist.

Eine weitere Schwierigkeit bei den mit flüssigen Absorptionsmitteln arbeitenden sogenannten „nassen" Maschinen ist, daß das absorbierte Mittel (NH_3) beim Kochen von der Oberfläche zwar leicht verdampft, aber beim Kühlen nur dann absorbiert wird, wenn es ins Innere der absorbierenden Flüssigkeit geleitet wird; für das Austreiben und das Absorbieren braucht man also verschiedene Gaswege, von denen der eine immer geschlossen sein muß. Dadurch wird der Entwurf der Anlage erschwert; man braucht entweder Ventile in den Leitungen, die undicht sein können, oder besondre sinnreiche Schaltungen und Hilfsmittel. Die flüssige Füllung ist noch insofern nachteilig, als sie durch ihren hohen Wasserwert den Energieaufwand zum jedesmaligen Durchwärmen beim Kochen steigert und bei Explosionen eine erhöhte Gefahr bedeutet.

[11]) Z. B. der Thüringer Eismaschinen-Gesellschaft in Gera, vergl. E. Schneider, Z. f. d. ges. Kälte-Ind. Bd. 34 (1927) S. 7, und der Hansa-Kälteindustrie in Bergedorf.

[12]) Ueber die thermischen Eigenschaften wässeriger Ammoniaklösungen vergl. H. Mollier, Forschungsarbeiten Heft 63/64 (1909), und Th. A. Wilson, Univ. of Illinois, Bulletin Nr. 23, 1925.

[13]) Vergl. R. Plank, Theorie der Absorptions-Kältemaschinen, Z. f. d. ges. Kälte-Ind. Bd. 17 (1910) S. 1.

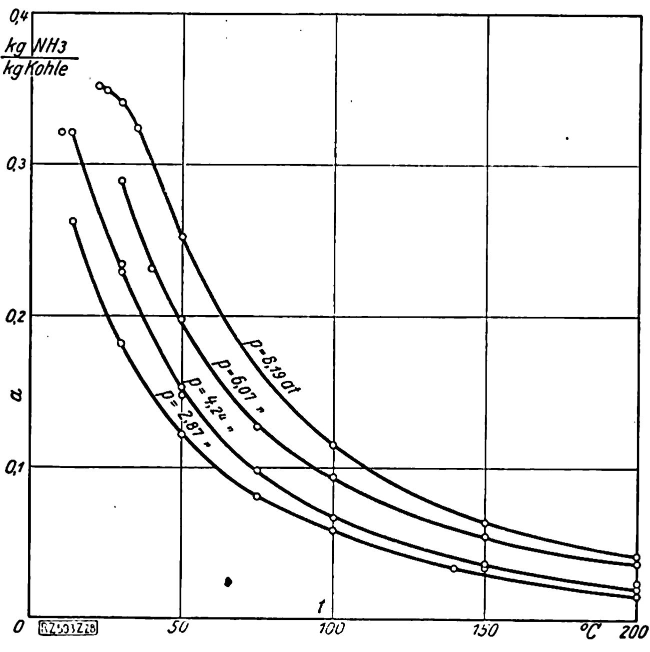


Abb. 28
Adsorptions-Isobaren, aktive Kohle-Ammoniak

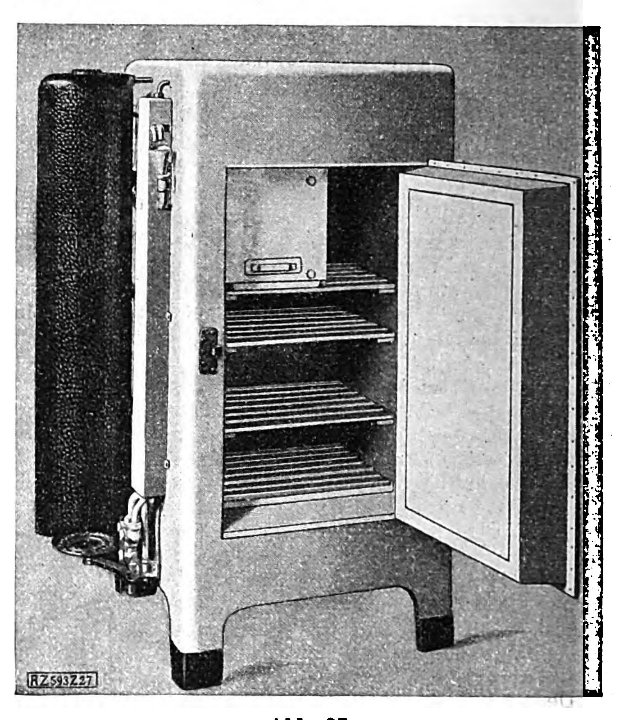


Abb. 27
Trocken-Absorptionskühlschrank von Humboldt, Köln-Kalk, und den Schwarzwald-Werken Lang, Mannheim

Man hat sich daher bemüht, das Wasser durch feste Stoffe zu ersetzen, die Ammoniak oder andere Kälteträger in hohem Maß absorbieren.

Als trockene Absorptionsmittel kommen besonders die Halogenverbindungen verschiedener Metalle in Betracht, insbesondere Chlorkalzium ($CaCl_2$), das bei den „Sicfrigo"-Maschinen der Firma Humboldt, Köln, Abb. 27, Verwendung findet. Dieses Salz absorbiert mehr als sein eigenes Gewicht an Ammoniak, und es entsteht eine feste komplexe Verbindung. Der höchsten Sättigung, bei der das Chlorkalzium 123 vH seines Gewichtes am Ammoniak absorbiert, entspricht die Verbindung $CaCl_2 \cdot 8\,NH_3$. Diese Verbindung zersetzt sich aber teilweise schon bei Zimmertemperatur.

Am Schluß der Kühlung enthält der Absorber im wesentlichen die Verbindung $CaCl_2 \cdot 8\,NH_3$ neben der Verbindung $CaCl_2 \cdot 4\,NH_3$. Man kann im allgemeinen mit 1,05 bis 1,10 kg NH_3 auf 1 kg $CaCl_2$ rechnen. Bei 10 at abs Kondensationsdruck und Erwärmung des Kocherinhalts auf 100° wird reichlich die Hälfte des absorbierten Ammoniaks ausgetrieben; bei Erwärmung auf 120° werden ungefähr $^2/_3$ des Ammoniaks frei und für die Kälteerzeugung verfügbar.

Als ein Nachteil der trockenen Absorptionsmaschinen ist die schlechte Wärmeleitfähigkeit des trockenen Arbeitsstoffes hervorzuheben, die seine Anordnung in dünnen Schichten auf geheizten metallischen Unterlagen erfordert. Während reines Chlorkalzium körnig ist, bildet es nach der Aufnahme von Ammoniak eine zusammenhängende amorphe Masse, die auch nach starkem Austreiben von Ammoniak ihr Gefüge nicht ändert, so daß man die Anlage beim Fortschaffen auch kippen darf. Die Reaktionswärme bei der Aufnahme von 1 kg NH_3 ist bei Chlorkalzium noch größer als bei Wasser. Das gleiche gilt für die Austreibungswärme, doch fallen die Unterschiede wirtschaftlich wenig ins Gewicht.

Man hat auch vorgeschlagen, in nassen und trockenen Maschinen an Stelle von NH_3 z. B. Methylamin (CH_3NH_2)

oder Äthylamin ($C_2H_5NH_2$) zu verwenden, doch liegen wohl noch keine praktischen Erfahrungen mit diesen Kältemitteln vor.

Adsorptionsmaschinen. Der Vorgang der Adsorption entspricht einer chemischen Reaktion, bei der große Wärmen frei werden. Es entstehen neue chemische Verbindungen, wie $NH_4(OH)$, $CaCl_2 \cdot 8\,NH_3$ u. a., die fest gefügt sind und zu deren Spaltung, d. h. zum Austreiben des Ammoniaks, wieder große Wärmemengen und solche Temperaturen erforderlich sind. Daneben ist seit langer Zeit bekannt, daß hochporöse feste Körper wie Holzkohle, Kieselgur, Bimstein, Meerschaum u. a., an ihrer Oberfläche bedeutende Mengen von Gasen und Dämpfen festhalten können. Diese Erscheinung, die man als Adsorption bezeichnet, gehört in das Gebiet der Kapillarchemie.

Die adsorbierten Gasmengen nehmen mit wachsendem Gasdruck erst rasch und später langsam zu. Mit steigender Temperatur nimmt die adsorbierte Gasmenge erst rasch und dann langsam ab, Abb. 28. Verschiedene Gase adsorbiert der gleiche Stoff um so stärker, je leichter sich die Gase verflüssigen lassen.

Z. B. kann getrocknete kolloidale Kieselsäure („Silica Gel") nennenswerte Mengen von Wasserdampf aufnehmen. Da der Druck des Wasserdampfes bei tiefen Temperaturen sehr niedrig ist, so verläuft die Kälteerzeugung im Gebiet des Unterdrucks. Das verursacht Schwierigkeiten bei der Abdichtung der Anlage, ferner sind bei niedrigen Dampfdrücken die adsorbierten Mengen verhältnismäßig klein, so daß die Anlagen trotz der hohen Verdampfwärme des Wassers ziemlich umfangreich werden. Für größere Leistungen braucht man eine besondere Luftpumpe zum Aufrechterhalten des Unterdrucks. Silica Gel ist auch ein schlechter Wärmeleiter[14]).

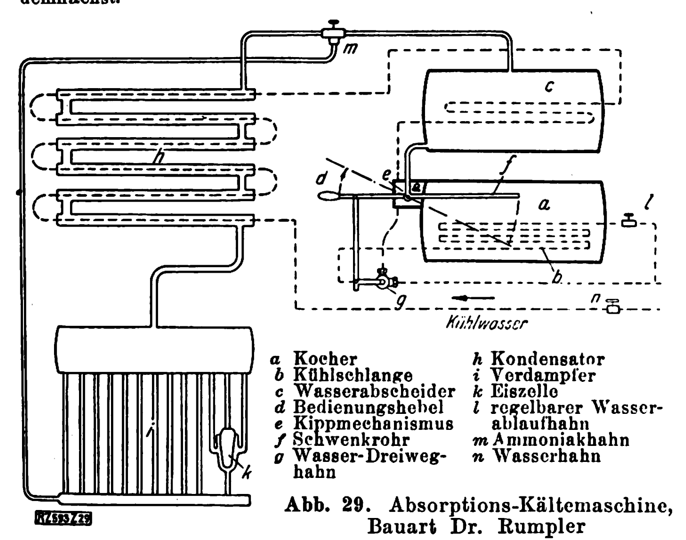
Der wichtigste adsorbierende Stoff ist aber die aktive Kohle[15]). Als Ausgang dienen Torf und Kokosnußschalen, deren kolloid-disperser Feinbau bei vorsichtigem Verkohlen erhalten bleibt. Der Rohstoff wird mit Zinkchlorid getränkt und bei 500 bis 700° in einer Kohlensäure-Atmosphäre verkokt; nach einem anderen Verfahren aktiviert man unter Anwendung von Wasserdampf bei 900 bis 1000°. Für die Kälteerzeugung kommt in erster Linie aktive Kohle mit Ammoniak in Frage, doch können auch andre flüchtige Stoffe, z. B. Alkohole verwendet werden. In Abb. 28 sind für eine ältere Sorte von aktiver Kohle die Adsorptions-Isobaren dargestellt[16]). Geeignete Adsorptionskörper sind ferner die Zeolithe, eine Mineralgruppe von Tonerde-Kalk-Natronsilikaten von verschiedener Zusammensetzung[17]).

[14]) Vergl. z. B. „Cold Storage" Sept. 1924, Febr. u. März 1925.

[15]) In Deutschland wird aktive Kohle hauptsächlich von der Carbo-Union hergestellt (Arbeitsgemeinschaft der I.-G. Farbenindustrie mit der Metallbank in Frankfurt und dem Verein f. chemische und metallurgische Produktion in Karlsbad). Vergl. a. Z. Bd. 71 (1927) S. 457.

[16]) F. A. Henglein und M. Grzenkowski, Z. f. angew. Chemie (1925) S. 1186.

[17]) Vergl. Simon, Z. f. d. ges. Kälte-Ind. Bd. 34 (1927) erscheint demnächst.



a Kocher
b Kühlschlange
c Wasserabscheider
d Bedienungshebel
e Kippmechanismus
f Schwenkrohr
g Wasser-Dreiweghahn
h Kondensator
i Verdampfer
k Eiszelle
l regelbarer Wasserablaufhahn
m Ammoniakhahn
n Wasserhahn

Abb. 29. Absorptions-Kältemaschine, Bauart Dr. Rumpler

Nasse, aussetzend arbeitende Absorptionsmaschinen. Die Grundglieder sind bei allen Maschinen gleich: ein Kocher-Absorber mit Heizquelle und Kühlschlange, ein Rektifikator zum Abscheiden des mitgerissenen Wasserdampfes und ein Kondensator mit angeschlossenem Sammelbehälter für das verflüssigte Kältemittel, der während des Kühlens als Verdampfer dient. Die kennzeichnenden Merkmale der einzelnen Ausführungen beziehen sich auf folgende Arbeitsgänge:

a) Steuerung der Ammoniakwege (Austreiben von der Oberfläche, Absorption unter dem Flüssigkeitsspiegel);
b) Rückführen des mitgerissenen Wassers;
c) Umschalten vom Kochen auf Kühlen und umgekehrt.

Steuerung der Ammoniakwege

Für das Steuern der Ammoniakwege hat man die Anordnung eines Schwenkrohres, die Verlegung des Flüssigkeitsspiegels im Kocher-Absorber und die Anwendung von Sperrflüssigkeiten vorgeschlagen.

Bei der älteren Bauart von Rumpler, Abb. 29, wird ein Schwenkrohr *f* verwendet. Während des Kochens liegt seine Öffnung über dem Flüssigkeitsspiegel des Kochers *a*, so daß die ausgetriebenen NH_3-Dämpfe durch das Rohr *f* in den Rektifikator *c* (Wasserabscheider) und von da in den Doppelrohrkondensator *h* und den Verdampfer *i* gelangen; das Kühlwasser tritt durch den Hahn *n* ein, läuft im Gegenstrom durch den Kondensator und den Rektifikator und tritt durch den Hahn *g* in das Ablaufrohr.

Beim Umschalten auf Kühlen wird das Schwenkrohr mittels des Handgriffs *d* in die arme Lösung gesenkt. Die im Verdampfer gebildeten Dämpfe gelangen nun auf dem gleichen Wege zurück in den Kocher, treten aber da unter den Flüssigkeitsspiegel und werden rasch absorbiert. Mit dem Schwenken des Rohres *f* wird gleichzeitig der Kühlwasserhahn *g* umgeschaltet, so daß das Kühlwasser jetzt vom Rektifikator in die Kühlschlange des Kochers tritt, die Absorptionswärme aufnimmt und durch den Wasserhahn *l* abläuft, der auf richtige Durchflußmenge eingestellt ist. Natürlich kann beim Schwenken auch die Heizquelle des Kochers abgeschaltet werden.

Die Steuerung der Ammoniakwege mit Hilfe der Verlegung des Flüssigkeitsspiegels veranschaulicht die Anlage der Absorptions-Kühlapparatebau-G. m. b. H., Berlin, Abb. 30. Der Kocher *a* hat einen Heizmantel *b* und im Innern einen unten offenen Einsatzzylinder *c*. Beim Kochen wird die reiche Ammoniaklösung durch die im Einsatzzylinder gebildeten Dämpfe in den äußeren Ringraum gedrückt (Flüssigkeitsspiegel 1—1—1), wo sie der Wirkung der im Mantel aufsteigenden Heizgase am stärksten ausgesetzt ist. Die gebildeten Dämpfe

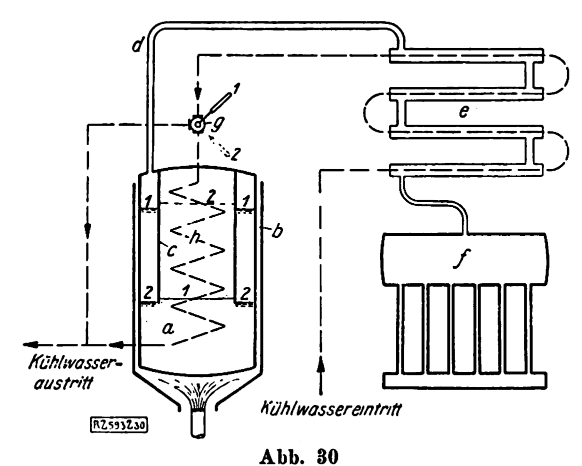


Abb. 30
Anlage der Absorptions-Kühlapparatebau-G. m. b. H., Berlin
Steuerung der Ammoniakwege durch Verlegung des Flüssigkeitsspiegels

a Kocher
b Heizmantel
c Einsatzzylinder
d Leitung zum Kondensator
e Kondensator
f Verdampfer
g Dreiweghahn
h Kühlschlange

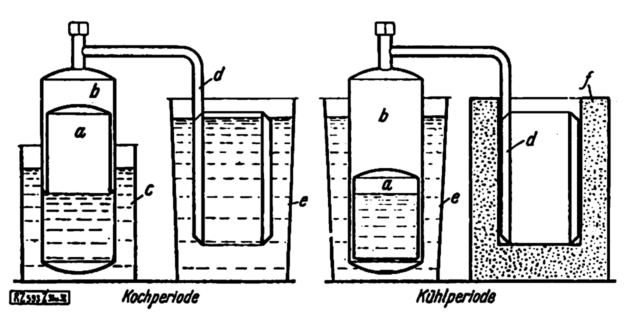


Abb. 31 und 32
Ventilloser Absorptionskühler von C. Senßenbrenner, Düsseldorf

a Glocke *b* Kocher *c* Behälter mit siedendem Wasser *d* ringförmiger Kondensator *e* Eimer mit kaltem Wasser *f* isolierter Behälter

können nur durch die Leitung *d* in den Kondensator *e* und von da verflüssigt in den Verdampfer *f* entweichen. Dabei fließt das Kühlwasser im Gegenstrom durch den Kondensator und durch den Dreiweghahn *g* (Hebelstellung 1) ab.

Beim Übergang auf Kühlen wird der Dreiweghahn in die Stellung 2 gedreht, wobei gleichzeitig die Heizquelle *x* ausgeschaltet wird. Das Kühlwasser fließt nun durch die Kühlschlange *h*. Die im Verdampfer gebildeten Dämpfe drücken auf den Flüssigkeitsspiegel im Kocher und heben die arme Ammoniaklösung in den Einsatzzylinder (Spiegellage 2—2—2). Die Ammoniakdämpfe können nun von unten in den Einsatzzylinder eintreten und werden beim Aufsteigen von der Flüssigkeit absorbiert.

Auf dem gleichen Gedanken beruhen die kleinen Kühlanlagen von C. Senßenbrenner, Düsseldorf, Abb. 31 und 32. Der Einsatzzylinder, der die Verlegung des Flüssigkeitsspiegels hervorruft, ist hier durch die Glocke *a* ersetzt. Beim Kochen, Abb. 31, das etwa 20 min dauert, wird der Kocher *b* in einen Behälter *c* mit siedendem Wasser, der ringförmige Kondensator *d* in einen Eimer *e* mit kaltem Wasser gesenkt. Beim Kühlen, Abb. 32, wird das kalte Wasser erneuert und dann der Kocher in den Eimer *e*, der nun als Verdampfer wirkende Kondensator *d* in einen isolierten Behälter *f* gestellt. In dem Hohlraum des Verdampfers wird die zu kühlende Flasche angeordnet. Die Kälteleistung beträgt für jede Kochung rd. 60 kcal. Eine größere Anlage dieser Art mit einer Kälteleistung von rd. 300 kcal für jede Kochung baut die Firma in Verbindung mit einer isolierten Kühlkiste, worin kleine Mengen von Lebensmitteln aufbewahrt werden können.

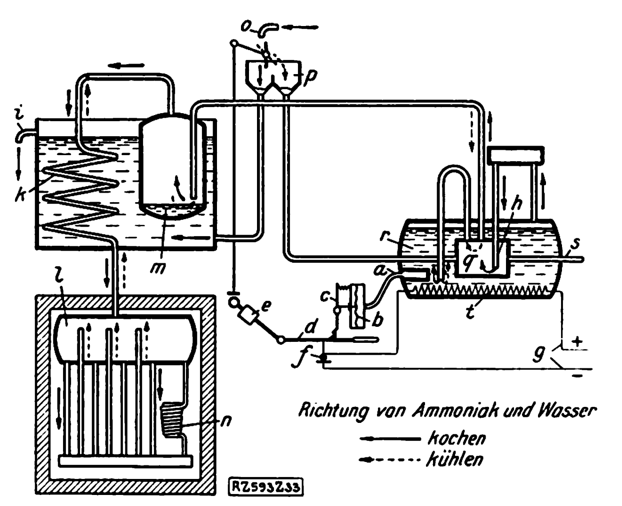


Abb. 33
Schema der Absorptions-Kältemaschine des Mannesmann-Tiefkühlschrankes

a Druckrohr
b Membran
c Auslösehebel
d Schalthebel
e Gewicht
f Kontakt
g elektrische Leitung
h Heißdampfrohr
i Kühlwasserablauf
k Verflüssiger
l Verdampfer
m Wasserabscheider
n Eiszelle
o Kühlwasserzufluß
p Wasserumschalter
q Behälter für Sperrflüssigkeit
r Kocher-Aufsauger
s Kühlwasserablauf
t elektrische Heizung

Eine Anlage, bei der die Ammoniakwege für Kochen und Kühlen durch Sperrflüssigkeiten gesteuert werden, stellt die Firma Mannesmann-Industrie- und Handels-A.-G., Berlin, her, Abb. 33. Die Richtungen, in denen Ammoniak und Wasser fließen, sind in Abb. 33 für das Kochen durch ausgezogene Pfeile, für das Kühlen durch gestrichelte Pfeile bezeichnet; *q* ist der Behälter mit der Sperrflüssigkeit, z. B. Quecksilber.

Als Sperrflüssigkeit kann man aber auch nach einem Vorschlag von Gebr. Bayer, Augsburg, das flüssige Ammoniak im Verdampfer verwenden, Abb. 34[18]). Der im Kocher *a* gebildete Dampf tritt durch den Abscheider *b* in den Kondensator *c* und von da verflüssigt in den Verdampfer *d*, wobei das Rohr *e* bis zum Boden des Verdampfers reicht. Beim Kühlen ist dann der Weg durch das Rohr *e* gesperrt, und die kalten Dämpfe werden durch das Rohr *f* unter den Flüssigkeitsspiegel des Kochers geleitet.

Rückführung des mitgerissenen Wassers

In Abb. 35 ist die von Gebr. Bayer, Augsburg, vorgeschlagene Lösung dargestellt[19]). Die Leitung *a*, durch die die kalten Ammoniakdämpfe während des Kühlens aus dem Verdampfer *c* in den Aufsauger *b* gelangen, reicht bis zum Boden des Verdampfers und hat im oberen Teil des Verdampfers eine verhältnismäßig enge Öffnung *d*.

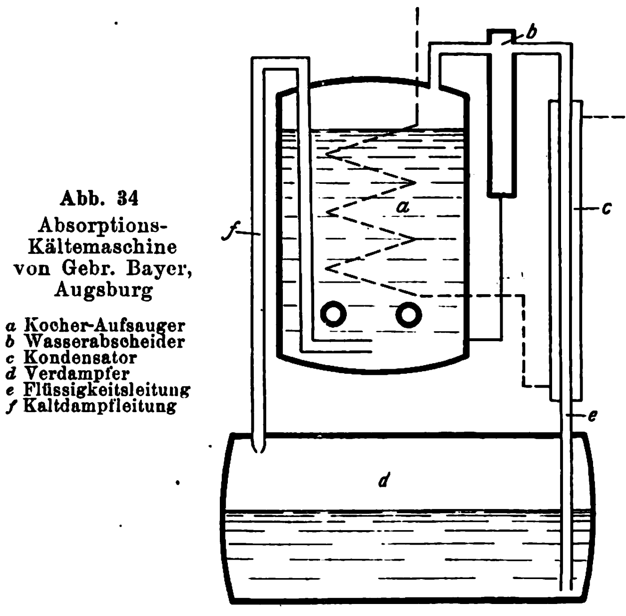


Abb. 34
Absorptions-Kältemaschine von Gebr. Bayer, Augsburg

a Kocher-Aufsauger
b Wasserabscheider
c Kondensator
d Verdampfer
e Flüssigkeitsleitung
f Kaltdampfleitung

Diese Öffnung reicht im gewöhnlichen Betrieb zum Abführen der kalten Dämpfe aus dem Verdampfer aus. Um gelegentlich das mitgerissene Wasser zurückzuführen, das sich am Boden des Verdampfers sammelt, verstärkt man durch künstlich erhöhte Wärmezufuhr im Verdampfer die Dampfbildung so, daß die kleine Öffnung *d* nicht mehr ausreicht; der Dampf drückt dann die gesamte Flüssigkeit des Verdampfers durch die Leitung *a* in den Aufsauger zurück.

Hinter der ersten Windung des Doppelrohrkondensators *e* ist ein Wasserabscheider *f* eingebaut. *g* sind die Heizpatronen.

Auch bei der Anlage nach Abb. 34 läßt die Verengung im Rohr *f* nur die bei gewöhnlichem Betrieb entwickelte Dampfmenge durch. Bei starker Dampfentwicklung wird die gesamte Flüssigkeit durch das Rohr *e* in den Absorber zurückgedrückt.

Umschalten von Kochen auf Kühlen

Das Umschalten wird vielfach von Hand bewirkt. Man benutzt eine Weckeruhr, die nach Ablauf des Kochens durch das Klingeln an das Umschalten des Hand-

[18]) DRP 423042. [19]) DRP 419729.



griffs erinnert, womit das Abstellen der Heizquelle zwangläufig gekuppelt wird. Für das selbsttätige Umschalten gibt es verschiedene Möglichkeiten: Die Schaltbewegung kann z. B. durch die Temperatur der heißen Lösung am Ende des Kochens beeinflußt werden; diese Temperatur darf nicht wesentlich über 120° steigen, wenn nicht größere Wassermengen mitgerissen werden sollen.

Das Druckrohr *a* des Temperaturreglers, Abb. 33, Mannesmann, ragt in den Kocher hinein; die Membran *b* unterbricht, wenn sie sich ausdehnt, den Kontakt *f* des Heizstroms und schaltet gleichzeitig das Kühlwasser vom Kondensator auf den Absorber um. Ähnliche Schalter haben auch die Polaris-Maschinen von Gebr. Bayer, Augsburg. Nach Ablauf des Kühlens kann das Wiedereinschalten der Heizquelle durch einen Thermostaten erfolgen, der von der Temperatur im Verdampfer oder im Kühlschrank beeinflußt wird.

Die Schaltbewegung könnte auch dadurch ausgelöst werden, daß die ganze Anlage um eine feste Achse schwenkbar angeordnet wird. Kocher und Verdampfer liegen auf verschiedenen Seiten dieser Achse. Während des Kochens wird der Kocher immer leichter und der Verdampfer immer schwerer. Diese Gewichtverschiebung leitet eine Kippbewegung ein, die die Anlage auf Kühlen umschaltet. Die Kippbewegung kann außer zum Umschalten natürlich auch zum Umsteuern der Ammoniakwege und zum Rückführen des mitgerissenen Wassers ausgenutzt werden[20]).

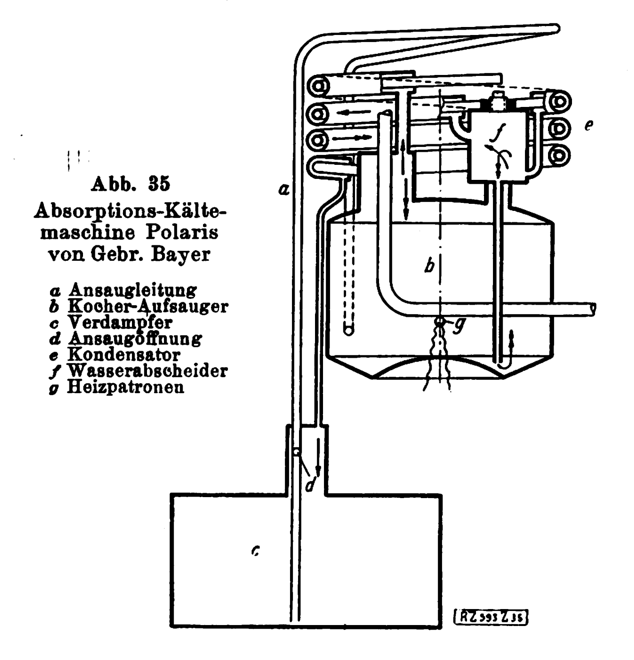


Abb. 35
Absorptions-Kältemaschine Polaris von Gebr. Bayer

a Ansaugleitung
b Kocher-Aufsauger
c Verdampfer
d Ansaugöffnung
e Kondensator
f Wasserabscheider
g Heizpatronen

Schließlich kann die Umschaltung auch mit Hilfe eines mit einem Uhrwerk versehenen Zeitschalters erfolgen. Einen solchen Zeitschalter hat die elektrisch beheizte Absorptionsmaschine der Hall-Borchert Manufacturing Co. in Scranton, Pa.

Trockene unterbrochen arbeitende Absorptionsmaschinen

Die schlechte Wärmeleitfähigkeit der festen Absorptionsstoffe (Salze, aktive Kohle u. a.) und das Bestreben, den allseitigen Zutritt des Ammoniaks zu diesen Stoffen zu erleichtern, führt zu Bauarten des Kochers, bei denen der absorbierende Stoff in dünnen Schichten auf gut wärmeleitenden Unterlagen (Rippen, Tellern, Röhren, Horden) ausgebreitet ist. Der Kocher erscheint von außen als langgestreckter stehender Zylinder (z. B. bei der „Sicfrigo"-Anlage, Abb. 27).

Bei den Absorptionsmaschinen ist in der Regel wirtschaftlicher Betrieb nur bei Beheizung mit Gas oder flüssigen Brennstoffen möglich. Dabei hat sich gezeigt, daß mittelbare Beheizung durch Wasser, das bis dicht an seinen Siedepunkt erwärmt wird und im Kocher wie in einer Schwerkraft-Warmwasserheizung umläuft, sehr vorteilhaft ist (Sicfrigo). Der Wassermantel erhöht zwar den Wasserwert des Kochers und damit die bei jedem Anheizen aufzuwendende Wärmemenge, doch wird das erzeugte heiße Wasser beim Umschalten auf Kühlen durch das von unten in den Kochermantel eindringende Kühlwasser vorgeschoben und fast ohne Temperaturverlust für Haushaltzwecke (Kochen, Waschen, Spülen, Baden) gewonnen.

Da im Heizmantel kein Überdruck herrschen soll, ist die Temperatur der Ammoniak-Austreibung im Kocher auf 100° begrenzt. Das hat zwar zur Folge, daß nur etwas mehr als die Hälfte des vom Chlorkalzium aufgenommenen Ammoniaks für die Kälteerzeugung nutzbar gemacht werden kann, verbürgt aber den sehr wichtigen Vorteil, daß selbst bei völligem Ausbleiben des Kühlwassers der Druck im Kondensator nie über 16 bis 17 at steigt, wodurch weitere Sicherheitsvorrichtungen entbehrlich werden.

Ununterbrochen arbeitende Absorptionsmaschinen

Bevor die ununterbrochen arbeitende Maschine für Haushalt-Kühlschränke verwendet werden konnte, mußte die Flüssigkeitspumpe, die ständig die reiche Lösung aus dem Absorber in den Kocher befördert, durch entsprechende Maßnahmen beseitigt werden. Das Fehlen der bewegten Teile sollte also erhalten bleiben. Hierfür hat man mehrere Wege vorgeschlagen:

Geppert (1899) führte in die Ammoniak-Absorptionsmaschine von Carré ein indifferentes, nicht kondensierbares Gas ein, das durch das Heizen aus dem Kocher ausgetrieben wird und sich nur im Verdampfer und im Absauger ansammelt, wo sein Teildruck den sonst zwischen Kocher und Absorber vorhandenen Druckunterschied ausgleicht. Danach herrscht in der ganzen Anlage der gleiche Gesamtdruck, und das Zurückführen der reichen Lösung in den Kocher erfordert keine Pumpenarbeit.

Als indifferentes Gas wählte Geppert Luft. Der Vorgang im Verdampfer ist von dem in der Carréschen Maschine insofern verschieden, als auf der verdampfenden Flüssigkeit nicht nur der Sättigungsdruck des Ammoniaks, sondern noch der zwei- bis dreimal größere Luftdruck lastet. Es findet also nicht mehr Verdampfung, sondern Verdunstung statt, die etwa mit dem Verdunsten von Wasser von 70° unter Atmosphärendruck verglichen werden kann. Das Verdunsten geht wesentlich langsamer vor sich als das Verdampfen, weil die gebildeten Dämpfe durch das indifferente Gas diffundieren müssen. Die Geschwindigkeit des Verdunstens war bei der Anlage von Geppert so gering, daß man die Luft mittels eines Hilfsventilators in Umlauf setzen mußte, um nennenswerte Kälteleistungen zu erzielen, dadurch wurden aber wieder bewegte Teile notwendig.

Die Geschwindigkeit des Diffundierens und damit des Verdunstens kann man wesentlich steigern, wenn man als indifferentes Gas nicht Luft, sondern Wasserstoff wählt.

Die Verwendung von Wasserstoff haben zuerst v. Platen und Munters in Stockholm vorgeschlagen[21]). Maschinen dieser Art werden jetzt von der A.-B. Elektrolux, Stockholm, gebaut. Die Wirkungsweise zeigt Abb. 36. Verdampfer *f* und Absorber *h* sind nebeneinander angeordnet, wobei der Verdampfer etwas höher steht. Nachdem das Gasgemisch von Ammoniak und Wasserstoff im Absorber das ganze Ammoniak an die auf Schalen herabrieselnde arme Lösung abgegeben hat, tritt reiner Wasserstoff aus dem Absorber im Sinne des oberen Pfeiles in den Verdampfer. Hier rieselt das vom Kondensator kommende flüssige Ammoniak ebenfalls auf Schalen *g* herab, die zur Erhöhung der Verdunstungsgeschwindigkeit dienen. Die gebildeten Ammoniakdämpfe mischen sich mit dem Wasserstoff. Da das Gewicht dieses Gasgemisches im Verdampfer schwerer ist als die von Ammoniak befreite Wasserstoff-Gassäule im Absorber, so entsteht ein selbsttätiger Umlauf der Gase im Sinne der Pfeile durch den Absorber und Verdampfer, wodurch die Diffusionsgeschwindigkeit bedeutend erhöht wird.

[20]) Z. B. im DRP. 435994 und im französ. Pat. 606700 Société Anonyme „Frigor".

[21]) B. v. Platen und C. G. Munters, Teknisk Tidskrift (1925) S. 89, vergl. auch Z. Bd. 70 (1926) S. 597 und Z. f. d. ges. Kälte-Ind. Bd. 33 (1926) S. 106.



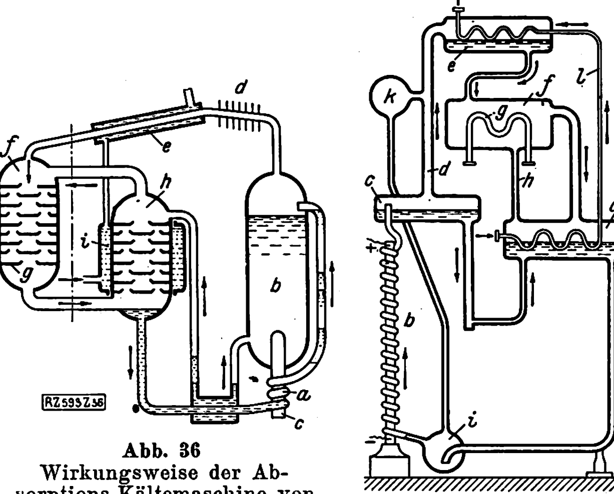


Abb. 36
Wirkungsweise der Absorptions-Kältemaschine von v. Platen und Munters

a Blasenbildner
b Kocher
c elektrischer Heizkörper
d Wasserabscheider
e Kondensator
f Verdampfer
g Verteilbleche
h Absorber
i Kühlwassermantel

Abb. 38
Ausführung der Maschine von Altenkirch in Glas

a Absorber
b Kocher
c Abscheider
d Steigrohr
e Verflüssiger
f Verdampfer
g Kühlrohr für Sole
h Abflußrohr
i, k Wasserabscheider
l Kühlrohr

Die Rückführung der im Absorber gebildeten reichen Lösung in den höher liegenden Kocher *b* erfolgt durch Heizen der die reiche Lösung führenden Rohrleitung *a* vor deren Eintritt in den Kocher[22]); *c* ist der elektrische Heizkörper. Durch diese Heizung wird das Ammoniak schon in der Steigleitung ausgetrieben, so daß die Flüssigkeitsäule hier spezifisch leichter wird (Thermosyphon). In Abb. 36 ist *d* der Wasserabscheider (Rektifikator) und *e* der Kondensator. Das Kühlwasser tritt zuerst in den Wassermantel *i* des Absorbers und dann in den Kondensator. Bei einer Energiezufuhr von 300 W soll die Maschine eine Kälteleistung von 80 kcal/h entwickeln.

Bei dem neuesten Muster (1927) der Elektrolux-Anlagen[23]) sind verschiedene Änderungen vorgenommen worden. Die stündliche Kälteleistung ist auf rd. 100 kcal/h erhöht. Der Solebehälter (in Abb. 36 ist der Blasenbildner durch eine Soletasche geführt) ist fortgelassen, und der Kühlkörper für die unmittelbare Verdampfung ist mit einem Mantel aus Aluminiumguß versehen und in der oberen Ecke des Kühlschrankes angeordnet, Abb. 37. Darunter liegt in einem isolierten Kasten die übrige Anlage. Die elektrische Heizleistung ist auf 360 W erhöht, doch kann sie bei geringerem Kältebedarf ohne nennenswerte Verschlechterung des Wirkungsgrades auch auf 180 und 280 W umgeschaltet werden. Sobald das Kühlwasser ausbleibt, wird der elektrische Strom durch einen Sicherheitsschalter selbsttätig abgestellt.

Ein ganz anderes Verfahren für eine fortlaufend arbeitende Absorptionsmaschine ohne bewegte Teile hat Altenkirch angegeben[24]). Der Druckunterschied zwischen dem Kocher und Absorber wird hier durch die Flüssigkeitssäule der reichen Lösung überwunden; der Absorber *a*, Abb. 36, ist so hoch über dem Kocher *b* angeordnet, daß der Druck der Flüssigkeitsäule in der Verbindungsleitung und des Dampfes im Kocher ausreicht, um die reiche Lösung in den Abscheider *c* zu befördern. Es ist klar, daß man auf diese Weise nur verhältnismäßig kleine Druckunterschiede überwinden kann. Für Ammoniakmaschinen mit mehreren Atmosphären Druckunterschied eignet sich dieses Verfahren nicht. Dagegen lassen sich Anlagen mit Wasserdampf und Schwefelsäure (Unterdruckanlagen) leicht ausführen; denn hier beträgt der Druckunterschied nur 0,03 bis 0,04 at. Bei so kleinen Druckunterschieden genügt auch schon die Thermosyphon-Wirkung, also ein kommunizierendes Rohr, dessen aufsteigender Ast unter starker Dampfentwicklung geheizt wird. Eine solche Anlage, Abb. 38, muß wegen der chemischen Wirksamkeit der konzentrierten Schwefelsäure in Glas, Porzellan oder Ton ausgeführt werden.

Schließlich ist noch ein drittes Verfahren für ununterbrochen arbeitende Absorptionsanlagen ohne bewegte Teile bekannt geworden; danach führt man das Ammoniak aus der niedrig gespannten reichen Lösung des Absorbers in die hochgespannte arme Lösung des Kochers unter Zuhilfenahme des osmotischen Druckes über[25]). In der Leitung vom Absorber zum Kocher befindet sich eine halbdurchlässige Membran, z. B. aus unglasiertem Porzellan, das mit Paraffin behandelt ist. Sobald die Konzentration des Ammoniaks im Absorber, im Vergleich zu der Konzentration im Kocher, einen gewissen Wert überschreitet, tritt Ammoniakdampf in den Kocher über, bis ein von Druck und Temperatur auf beiden Seiten der Membran abhängiges Gleichgewicht erreicht ist. Ob Absorptionsanlagen nach diesem Verfahren bereits ausgeführt sind, ist nicht bekannt geworden. [B 593]

[22]) Diesen Vorschlag hat wohl zuerst E. Altenkirch gemacht, vergl. DRP 427 278. Die Elektrolux-Gesellschaft hat neuerdings andere Mittel zum Erreichen des gleichen Zieles angegeben.
[23]) Vergl. „Cold Storage and Produce Review", London, März 1927.
[24]) DRP 395 421 und 427 278; vergl. auch Z. Bd. 70 (1926) S. 597. Die Patente werden von den Siemens-Schuckertwerken, Berlin, verwertet.

[25]) DRP 400 488, A. B. Zander und Ingeström und H. Hylander in Stockholm.

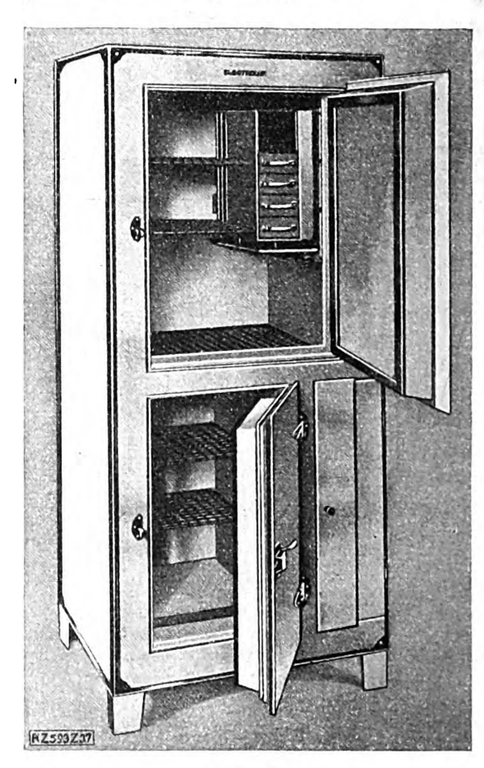


Abb. 37
Neues Muster des Elektrolux-Kühlschrankes

RUNDSCHAU

Über den Stil im technischen Schrifttum und Geschäftsverkehr

„Die Zeichnung ist die Sprache des Ingenieurs. Sie ist das internationale Verständigungsmittel der technischen Welt." Diese Wahrheit ist das erste, was der angehende Ingenieur auf der Fachschule oder der Hochschule hört, wenn ihm die Notwendigkeit der zeichnerischen Darstellung dargelegt wird. Ein allen technisch Gebildeten geläufiges Verständigungsmittel ist um so notwendiger, je weiter die Fachgebiete des Ingenieurwesens auseinanderstreben, sich verzweigen und verästeln. Aber der technische Verkehr spielt sich nicht nur zwischen Ingenieuren ab. In der Wirtschaft, der die Technik letzten Endes dient, spricht — im großen und im kleinen — vielfach der technisch nicht gebildete Kunde, der Finanzmann oder der Verwaltungsbeamte das letzte Wort. Der Ingenieur muß deshalb in der Lage sein, aus seinem Tätigkeitsbereich heraus die Zeichnung durch das gesprochene oder geschriebene Wort allgemeinverständlich und wirksam zu ergänzen. Und hierin ist der Ingenieur vielfach — ich möchte fast sagen: in der Regel — merkwürdig ungewandt. In dem Einleitungsvortrag zu einem seiner Kurse sagte kürzlich ein bekannter Lehrer der Redekunst: „Wenn man einen Ingenieur nach dem Zweck und der Arbeitsweise dieser oder jener Maschine fragt, dann stottert er einige halbe Sätze, die der Laie nicht versteht, zieht schließlich seine ständige Waffe, den Bleistift, und sagt, erleichtert aufatmend: „Ich will es Ihnen mal eben aufzeichnen." So übertrieben das Urteil sein mag, es ist nicht unberechtigt.

Es trifft sich häufig, daß die technisch bestbegabten Ingenieure im sprachlichen Ausdruck geradezu hilflos sind. Dabei hat der Ingenieur wichtige Aufgaben in der Sprachschöpfung zu erfüllen. Er ist meist derjenige, der für die Entdeckungen, Erfindungen und neuen Begriffe aus Naturwissenschaft und Technik neue Wörter finden muß, die Begriff und Verkörperung decken.

Der Mangel an sprachlicher Gewandtheit ist darauf zurückzuführen, daß hervorragende Fähigkeiten meist als einzige auftreten, und daß die Begabung für technisches und überhaupt exaktes Wissen und Können äußerst selten mit einer Begabung für Sprachen im allgemeinen, insbesondere für die Muttersprache, und für das eng mit ihr verwandte Musikempfinden zusammentreffen. Ausnahmen, die die Regel bestätigen, sind einige unserer Geistesfürsten, einige geniale Physiker und große Musiker und die Dichteringenieure Max Maria von Weber und Max Eyth. Je schwächer die einzelnen Fähigkeiten ausgeprägt sind, desto häufiger scheinen die Übergangsformen abgerundete Geister mit einer Durchschnittsbegabung für eine größere Zahl von Wissensgebieten hervorzubringen. Über diese Feststellung scheinen Pädagogik, Psychologie und Philosophie der Technik noch nicht hinausgekommen zu sein.

Jeder hat es erlebt, welche Qualen ein rednerisch schlechter Vortrag den Zuhörern bereiten kann, jeder weiß, daß die Fähigkeit, einen überlegenen Gedanken schnell und in klarer und gefälliger Form wiederzugeben, in geschäftlicher Verhandlung für den Erfolg ausschlaggebend sein kann; jeder aufmerksame Leser versteht die suggestive Wirkung einer geschickten Reklame und erkennt den werbenden Wert eines formvollendeten Geschäftsbriefes. Aber vielfach überläßt der Ingenieur die Reklame eigens herangebildeten Werbefachleuten, die formgerechte Bearbeitung von Aufsätzen und anderen Veröffentlichungen der Schriftleitung der Zeitschriften, Form und Ordnung von Vorträgen dem guten Willen des Vortragenden und dem verzweifelten Vorsitzenden der Versammlung. Schlechte Verhandlungsführer sind seltener; sie werden schnell durch das Sieb des Erfolges hindurchgerüttelt. Ganz im argen liegt die persönlichste Form des technischen Verkehrs, der tägliche geschäftliche Briefwechsel.

Soll das gesprochene oder geschriebene Wort den gewünschten Erfolg haben, so muß die Sprache **grammatisch richtig, schlicht, sachlich und zweckmäßig, lebendig und flüssig** sein.

Überlegungen, ob eine Satzform oder ein Ausdruck **richtig** ist oder nicht, ersetzt dem stilistisch Gewandten das Sprachgefühl. Wer kein ausgeprägtes Sprachempfinden besitzt, der vergegenwärtige sich den eigentlichen oder ursprünglichen Sinn des gewählten Wortbildes. Im übrigen hilft hier nur zähe Selbsterziehung, bewußte aufmerksame Lektüre und Übung, nötigenfalls unter Anleitung, und Studium der Grammatik, die doch selbst der Ausländer beherrschen lernt.

Die **schlichteste** Darstellung eines Gedankens ist stets die beste. Die deutsche Sprache selbst erleichtert die Kunst der einfachen Gedankenfolge, da sie gestattet, durchweg in Hauptsätzen zu sprechen und Möglichkeiten bietet, sogar ursächliche und bedingte Zusammenhänge durch Aussagesätze wiederzugeben. Mancher würde seinen Stil schon verbessern, wenn er so schriebe, wie er zu sprechen gewohnt ist. In der Umständlichkeit der Sprache wird uns leider in unseren eigenen Reihen das denkbar schlechteste Beispiel gegeben durch das — Patentwesen. In der formalrechtlich eingebürgerten Form wird jeder Patentanspruch zu einem Ungetüm. Alle Aussagen, die den Erfindungsgegenstand lückenlos beschreiben sollen, sind in einem Nebensatz untergebracht. Die sinnverwirrenden Verschachtelungen, die sich daraus ergeben, sind äußerlich schon „dadurch gekennzeichnet, daß" abwechselnd Präposition und Artikel einander folgen, bisweilen drei und vier Paare.

Sachlichkeit soll oberster Grundsatz für jede Äußerung des Ingenieurs sein, auch für die Reklame. In der deutschen technischen Reklame wirkt vorwiegend die Überzeugungskraft der Tatsache. Im Geschäftsbrief wird man eine sachliche Schilderung finden, wenn man sich ständig die Frage vorlegt: Was will ich sagen? Man vermeide jede Übertreibung, die äußerlich meist schon an Pleonasmen kenntlich ist und sich dadurch selbst entlarvt. Übertreibung ist die Waffe des Schwachen, von dem Walther Rathenau in seinen „Reflexionen" sagt: „Er wird schwatzhaft, eindringlich und aufdringlich. Er ist der Erfinder der Superlative und Hyperbeln. Denn nach Sklavenart ist er gewohnt und einverstanden, daß ihm ungern und nur zur Hälfte geglaubt wird." Unserm durch Schlagworte ermüdeten Ohr klingt der Positiv stärker als der Superlativ.

Ob eine Äußerung **zweckmäßig** ist, wird man stets feststellen können, wenn man sich fragt, was der Zuhörer oder der Leser erfahren will oder wissen muß, um den behandelten Gegenstand richtig beurteilen zu können.

Die **Lebendigkeit** des Ausdrucks gibt der Sprache ihre Färbung. Nichts wirkt so ermüdend wie das Aneinanderreihen von Einzelheiten einer Beschreibung, aus der man das krampfhafte Suchen nach Abwechslung des Ausdrucks und nach neuen Worten von gleicher Bedeutung herausfühlt. Durch lebendige Schilderungen wird der Roman spannend, fesseln Reiseberichte und Naturbeschreibungen. Sie sind die große Kunst des Epikers, wie sie in dem meisterhaften Aufbau der homerischen Bilder ihre Vollendung finden. Das Prinzip läßt sich leicht auch auf trockene technische Ausführungen anwenden. Man beschreibe den Vorgang, nicht den Zustand, schildere nicht, wie die Maschine aussieht, sondern wie und nach welchen Gesichtspunkten sie gebaut wurde und wie sie wirkt. Zahlenangaben und Aufzählungen gehören in Zeichnungen und übersichtliche, allgemein verständliche Tafeln.

Um eine Schilderung lebendig zu gestalten, gibt es ein einfaches Mittel, und zwar dient dies gleichzeitig der **Flüssigkeit** des Stiles, die der Sprache Wohlklang verleiht. Das Geheimnis besteht darin, Vorgänge nicht durch Hauptwörter, sondern durch Tätigkeitswörter auszudrücken. In allen alternden Sprachen zeigt sich die Neigung, die Tätigkeitswörter verschwinden zu lassen und durch Hauptwörter in Verbindung mit Hilfszeitwörtern zu ersetzen. Das Englische und das Französische sind hierin schon weit vorgeschritten. Eine gleichgerichtete Entwicklung ist auch im Deutschen zu erkennen. Der Primitive handelt und spricht vom Handeln. Abstraktes Denken schafft neue Begriffe, die in der Regel zunächst durch ein Hauptwort gedeckt werden. Dementsprechend beobachtet man die Häufung der Hauptwörter am meisten in der Sprache der Fachwissenschaften. Von dort aus pflegt diese Alterserscheinung zusammen mit den Begriffen in den Wortschatz der übrigen Lebensgebiete einzudringen. Leider! Denn die Sprache wird dadurch holperig, klingt schwerfällig und wirkt ermüdend. Ähnlich wie aneinandergereihte und verschachtelte Hauptwörter können Eigenschaftswörter wirken, wenn sie falsch angewandt werden.

Einige dieser Sünden gegen den Geist unserer Sprache, die gerade im technischen Schriftverkehr häufig vorkommen, sollen einmal gesondert unter die Lupe genommen werden.

Beim Gebrauch von farblosen Hilfszeitwörtern häufen sich in der Regel die Hauptwörter auf „ung". Einige Beispiele, wie sie täglich zu lesen sind, sollen das erläutern: „Die Speisewasservorwärmung geschieht; die Verfrachtung des Materials muß erfolgen; die Ausbildung" oder noch schlimmer „die ‚Auslegung' erfolgt; die Maschinen haben

eine Entwicklung erfahren; die Arbeiten erfahren eine Hinausschiebung". Kürzlich schrieb sogar eine bedeutende Zeitung den in dieser Form fast sinnstörenden Satz: „Eine beträchtliche Herabsetzung der Truppen ist vorgenommen worden." In den vorstehenden Fällen muß es heißen: „Das Speisewasser wird vorgewärmt; das Material ist zu verladen; die Maschinen sind ausgebildet" oder „entwickelt worden; die Arbeiten müssen hinausgeschoben werden".

Wenn möglich, sollten die Sätze nicht passiv, sondern aktiv konstruiert werden: „Verladen Sie das Material bitte in Sonderwagen; wir müssen die Arbeiten hinausschieben, wenn . . . usw." Nicht gerade falsch, aber unschön sind die Ausdrücke „in Fabrikation nehmen" statt „bauen", „zum Versand gelangen, auf den Weg bringen".

In dem Satz „die Entstehung des Tones wird hervorgerufen" ist der oben besprochene Fehler mit dem schlimmsten Pleonasmus verbunden. Eine unzulässige Häufung, ein typisches Hendiadyoin, findet sich vielfach in Sätzen, die Wortverbindungen mit der Silbe „bar" enthalten. „Um die praktische Benutzbarkeit des Buches zu erleichtern; die Verwendbarkeit der Maschine ist möglich". Die Silbe „bar" bezeichnet ja schon eine Fähigkeit oder Möglichkeit. Statt „Reservevorrat" zu sagen, wird man in den meisten Fällen nicht weniger deutlich sein, wenn man entweder nur „Reserve" oder nur „Vorrat" sagt.

Richtig gesetzte treffende Eigenschaftswörter beleben die Sprache, können ihr mannigfache Farbtöne und bei kunstvoller Anwendung schillernde Pracht verleihen. Farblose und blasse Adjektiva wirken gerade gegenteilig. „Das erforderliche Material" ist eine übertriebene Genauigkeit. Das Adjektiv kann fortfallen, ohne daß der Sinn gestört wird. Selbst wenn eine nähere Bestimmung hinzutritt, ist immer noch die Konstruktion ohne Adjektiv vorzuziehen. Statt „das für den Bau erforderliche Steinmaterial" sagt man besser „die Steine für den Bau". Daß zu einem Bau Steine erforderlich sind, ist so selbstverständlich, daß es nicht eigens betont zu werden braucht. Unschön, aber leider sehr gebräuchlich ist es, Adverbien als Adjektiva zu behandeln. „Der etwaige Bedarf; die eventuelle Anfrage; der teilweise Betrieb; die zeitgemäße Organisation". Meist wird der Sinn nicht gestört, wenn das falsche Wort ganz fortfällt. Läßt sich der gleiche Sinn nicht durch den unbestimmten Artikel hervorrufen, so dürfte ein Bedingungssatz mit „wenn" oder „falls" jeden Zweifel über die Bedeutung ausschließen. Das Wort „teilweise" und auch „stufenweise" muß in einem ganzen Satz verarbeitet oder durch ein Zeitwort ergänzt werden. Die unrichtige Steigerung zusammengesetzter Adjektiva und Partizipien wie „bestmöglichste" statt „bestmögliche" und „weitgehender" statt „weitergehend" wird vielleicht noch auszurotten sein. Mit aller Schärfe ist die scheußliche willkürliche Substantivierung von Adjektiven auszumerzen, an der manche mit bewundernswerter Zähigkeit festhalten. „Mit Gegenwärtigem gestatten wir uns." Zu welch lächerlicher Form diese Gewohnheit führen kann, zeigt folgendes Beispiel: „Soeben erreichte uns Ihr Geehrtes vom 12 c. t. und nachdem wir auf unser Geehrtes vom 5 c. t. Ihre freundliche Rückäußerung entbehren . . .".

Häßlich sind Wortbildungen wie „expreßpostlich". Warum nicht „durch Eilpost"? Unbedingt falsch sind Wortbildungen, die dem Sinn der Sprache widerstreben. „Ein genauer Beschrieb der Anlage folgt." Wenn der Briefschreiber, der von der „Vergabe des Auftrages" spricht, den Gleichklang mit dem Wort „Vergebung" im Sinne von Verzeihung fürchtet, kann er schreiben „der Auftrag wird vergeben". Es gibt in Deutschland Hauptwörter, die keinen Plural bilden. Sie bezeichnen meist abstrakte Begriffe. „Der Kraftverbrauch der Maschine" heißt in der Mehrzahl „der Kraftverbrauch der Maschinen". Will man sich ganz deutlich ausdrücken, dann schreibe man „der Kraftverbrauch der einzelnen Maschinen" oder „der gesamte Kraftverbrauch der Maschinen" oder „alle Maschinen zusammen verbrauchen so und so viel Kilowatt".

Das Streben, einen möglichst knappen Ausdruck zu finden, führt in Anlehnung an das Englische oft zu vollkommen schiefen Bildern. „Senden Sie uns bitte die dorthabende Maschine, die in Auftrag habende Lieferung, den ausmachenden Betrag." Nicht die Maschine oder die Lieferung hat etwas, sondern der Empfänger des Briefes hat die Maschine oder hat die Lieferung in Auftrag und die Rechnung macht den und den Betrag aus.

Mangelndes Sprachgefühl verrät die Verwechslung von anscheinend und scheinbar, bedauernswert und bedauerlich, wöchentlich und wöchig. Anscheinend heißt: Es sieht so aus und wird auch wohl so sein. Scheinbar heißt: es sieht zwar so aus, ist in Wirklichkeit aber bestimmt nicht so. Bedauernswert ist ein Unglücklicher, der unser Mitleid erregt, bedauerlich ein Irrtum oder ein Fehler, den jemand begangen hat. Eine Meldung ist wöchentlich, d. h. jede Woche zu erstatten. Aber „der dreiwöchige Probebetrieb ist vorüber" heißt: Der Probebetrieb hat ununterbrochen drei Wochen lang gedauert.

Wenn man die Wörtchen „oder aber" hintereinander setzt, dann schlägt der Sinn des einen die Wirkung des anderen tot. Das „aber" ist überflüssig. Das schwerfällige „beziehungsweise", ein Erbstück aus dem vorväterlichen Kanzleistil, kann meistens durch „oder", manchmal durch „und" ersetzt werden. Je einfacher man zu schreiben pflegt, desto kräftiger wirkt der Sinn des schlichten Wortes.

Im allgemeinen verwenden wir viel zu viel Passivkonstruktionen. Diese Ausdrucksweise entspringt dem Wunsche, das persönliche Urteil zurücktreten zu lassen. Die Scheu vor der eigenen Meinung ist so groß, daß manche Redner von sich selbst in der dritten Person sprechen. „Der Vortragende ist der Ansicht . . ." Ganz fürchterlich sind Passivkonstruktionen intransitiver Verben. „Ehe in die Betrachtung der Eigenschaften dieses Materials eingetreten werden kann . . ." oder noch schlimmer „ehe sich eingefunden wird". Schon die deutschen Bezeichnungen: Tätigkeitsform und Leideform, deuten darauf hin, daß man Schilderungen, die aktiv, das heißt doch lebhaft sein sollen, auch aktiv abfassen soll. Findet sich wirklich kein anderes Subjekt für den Satz, so springen die Wörtchen „wir" oder „man" in die Bresche. Aktivkonstruktionen machen die Sprache flüssig.

Eine Satzform, die gottlob immer seltener vorkommt, ist die Inversion nach und. Sie besteht darin, daß in einem Satz, der mit „und" an den vorhergehenden angeschlossen ist und ein anderes Subjekt hat als dieser, das Prädikat vor das Subjekt tritt. „Die Ware ist geliefert und erlauben wir uns, Ihnen unsere Rechnung zu überreichen." Die Inversion fällt ins Wasser, wenn man die beiden Sätze, die ja keinen Satzteil gemeinsam haben, in zwei Hauptsätze zerlegt. Im Sinn ändert die Trennung nichts. Die Inversion ist ein Beispiel für den Wandel der Sprache und des Sprachempfindens. In Goethes Prosa findet sie sich noch häufig. Unserm Sprachgefühl ist sie fremd geworden.

Es sei zugegeben, daß der Inhalt der technischen Arbeit oft schwer darzustellen ist. Eines kann und muß man aber von jedem einzigen verlangen: die Fähigkeit, einen Gedanken klar und in richtigem Deutsch auszudrücken. Vor allem sollte man sich von dem beschränkten, stereotypen Wortschatz der Fachsprache freimachen. Wer Lücken ausfüllen will, die eigentlich schon die Schule hätte schließen sollen, der nehme wieder einmal die deutsche Grammatik zur Hand; wer in Zweifelsfällen einen klaren Bescheid hören will, was richtig oder erlaubt ist und was nicht, der lese bisweilen ein Kapitel aus dem vortrefflichen Büchlein von Wustmann „Allerhand Sprachdummheiten" oder aus den Büchern Engels: Deutsche Stilkunst u. a. Gerade weil die Sachen, mit denen wir Ingenieure zu tun haben, wegen ihrer starren Begriffe spröde und sprachlich schwer zu formen sind, sollten wir die Sprache im technischen Schrifttum und Geschäftsverkehr mehr pflegen, damit sich nicht eine Fachsprache heranbildet, die der Außenstehende nicht mehr versteht. [N 857]

Berlin-Lichterfelde Dr. Dr.-Ing. P. Krebs

Eisenbahnwesen

Versuche mit neuen Dampflokomotiven

Aus einem Bericht über die Erweiterung des nutzbaren Druckgefälles bei Dampflokomotiven von Wagner und Witte im Sonderheft zum 50jährigen Bestehen der Zeitschrift „Glasers Annalen" entnehmen wir folgende Schilderungen über den Stand der Versuche der Deutschen Reichsbahn auf diesem Gebiete:

Die Kruppsche Turbinenlokomotive[1]), die 1924 auf der Eisenbahnausstellung in Seddin vorgeführt worden war, ist inzwischen gründlich umgebaut worden, wobei der Abgasvorwärmer in die Rauchkammer verlegt und der Langkessel um 0,2 m verkürzt wurde. Auch den Kühltender hat man verbessert, um das Mitreißen von Wasser durch den Luftstrom zu verhindern. In den letzten Monaten haben die ersten eingehenden Versuche mit der Lokomotive stattgefunden, die zwar ihre Betriebsbrauchbarkeit und die Erreichbarkeit der zugesicherten Wirkungsgrade (20 vH in der Ebene, 18 vH auf Steigungen von 10 vT) bewiesen haben, aber für einige Zeit abgebrochen werden mußten, da es sich u. a. als notwendig erwiesen hat, die Düsen der

[1]) Z. Bd. 68 (1924) S. 938.



Hauptturbine zu verkleinern. Das Lokomotiv-Versuchsamt hofft aber, voraussichtlich im Laufe dieses Jahres zu einem abschließenden zahlenmäßigen Urteil über die Lokomotive zu gelangen.

Die Fa. Fried. Krupp A.-G. hat inzwischen der Deutschen Reichsbahn den Entwurf einer Hochdruck-Turbolokomotive vorgelegt, deren Kessel für 60 at der Steilrohrbauart der Thornycroft-Schulz-Kessel nachgebildet ist und mit dem Kondensat der Hauptturbinen gespeist wird. Der Kessel hat vier Trommeln, von denen die beiden unteren als reine Wasserkammern seitlich über den Rädern liegen. Eine fünfte kleinere Trommel bildet einen Trockner für den in den Steigrohren erzeugten und in den beiden oberen Trommeln gesammelten Dampf. Ein aus Teilen dieses Kessels zusammengestellter kleiner Kessel hat bei Versuchen zufriedenstellend gearbeitet. Die Turbinenanlage soll eine Hochdruckstufe nach der Bauart von Escher, Wyss & Cie. und zwei Niederdruckstufen umfassen.

Über die Turbolokomotive von Maffei[2]) wird mitgeteilt, daß Streckenfahrten stattgefunden haben, denen weitere Versuche folgen sollen. Dagegen sind die Versuche mit der nach den Angaben der Schmidtschen Heißdampf-Gesellschaft umgebauten dreizylindrigen 2 C-Schnellzuglokomotive[3]), die bei einer der letzten Fahrten in der Ebene mit 772 t schwerem Zug eine mittlere Nutzleistung von 1350 PS am Zughaken ergeben haben, anscheinend schon weiter gediehen. Die zugesicherte Brennstoffersparnis von 20 vH dürfte nach geringfügigen Änderungen sogar überschritten werden, wobei man den bisherigen Betrieb mit Auspuff oder offenem Wasserkreislauf beibehalten kann. Für die Ventile und Wasserstandzeiger hat die Schmidtsche Heißdampf-Gesellschaft eigne Bauarten entwickelt, die sich gut bewährt haben; auch eine einfache Kammerstopfbüchse mit sechs gußeisernen Dichtungsringen hat sich am Hochdruckzylinder als zuverlässig erwiesen.

Die Hochdrucklokomotive nach dem Verfahren von Löffler, die in Zusammenarbeit mit der Reichsbahn bei den Schwartzkopff-Werken entwickelt wird, und eine nach dem Benson-Verfahren arbeitende Hochdrucklokomotive, deren Entwurf die Lokomotivfabrik J. A. Maffei der Reichsbahn unterbreitet hat, vervollständigen diese Übersicht der nach neueren Verfahren arbeitenden Dampflokomotiven, die alle mit Mitteln der Deutschen Reichsbahn ausgeführt werden.

[N 836] H.

[2]) Z. Bd. 70 (1926) S. 1565. [3]) Z. Bd. 69 (1925) S. 1206.

Gesundheitsingenieurwesen

Lastkraftwagen zur Abfuhr von Jauche und Dünger

Zum Entleeren von Düngergruben hat die Firma Fried. Krupp A.-G., Essen, einen Lastkraftwagen mit Kreiselluftpumpe herausgebracht, Abb. 1 bis 4. Der geschweißte Kessel *a* von zylindrischer Form und 5 m³ Inhalt ist auf einem Lagerbock schräg nach hinten geneigt, damit er auch ohne Druck entleert werden und der Inhalt restlos abfließen kann. Das Stahlblech des Mantels ist 5 mm, das der gewölbten Böden 6 mm dick. Der hintere Boden *b* ist mit 24 Gelenkschrauben am Kessel befestigt; an ihm befinden sich drei Schaugläser, die über den Grad der Füllung Auskunft geben. Ein weiteres Schauglas ist am vorderen Boden angebracht. Das Kesselinnere wird durch zwei eingenietete Schwallbleche, die den Kessel beim Leersaugen versteifen und die Schwallwirkung des Inhaltes während der Fahrt abschwächen, in drei Kammern geteilt.

Über der vorderen Kammer befindet sich ein Dom *c* mit Anschlagstutzen für das Saug- und Druckrohr *d*. Die Anordnung der Rohrleitungen auf dem Wagen zeigen Abb. 2 bis 4. Die verschiedenen Saugrohre mit einem Dreiweghahn *e* und einem Vierweghahn *f* sowie die wassergekühlte Luftpumpe *g* sind auf dem Fahrgestell unter dem Kessel gelagert.

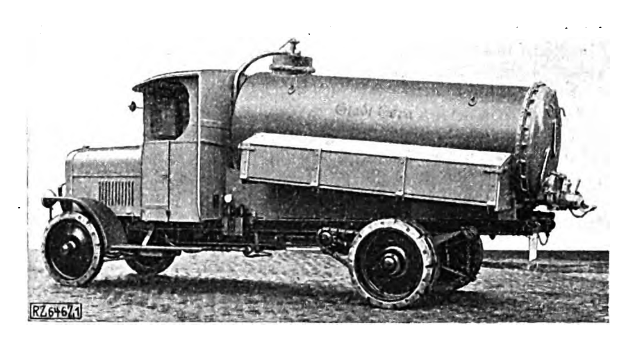


Abb. 1. Lastkraftwagen zur Abfuhr von menschlichen und tierischen Abfallstoffen, Bauart Krupp

Mittels des Vierweghahnes *f* wird jeweils die Verbindung zwischen Kessel und Luftpumpe auf den Saugstutzen oder den Druckstutzen der Luftpumpe eingestellt. Über den Dreiweghahn kann man einen fremden Kessel füllen durch Verbindung der Saugleitung des fremden Kessels mit der Rohrleitung des eignen Wagens.

Die Kreiselluftpumpe ist über ein an das Wechselgetriebe angebautes besonderes Getriebe für zwei Geschwindigkeiten mit dem Motor von 50 bis 55 PS verbunden. Bei voller Geschwindigkeit des Motors läuft die Pumpe mit 1000 Uml./min um. Wenn sie schneller, bis zu 1450 Uml./min, laufen soll, muß vor der Einschaltung der großen Übersetzung die Geschwindigkeit des Motors vermindert werden, da bereits bei 700 Uml./min des Motors die zulässige Höchstgeschwindigkeit der Pumpe erreicht ist.

Da keine Flüssigkeit in die Luftpumpe gelangen darf, muß diese sofort ausgeschaltet werden, wenn der Kessel gefüllt ist. Um den Bedienungsmann aufmerksam zu machen, hat man im Dom einen Schwimmer eingebaut, der bei vollem Kessel die elektrische Leitung zum Bosch-Horn schließt und dies dadurch zum Tönen bringt. Ein Sicherheitsventil im Dom schließt außerdem die Saugleitung selbsttätig ab. Falls dieses Ventil nicht dicht schließt, wird die unter Umständen übertretende Flüssigkeit in den Sicherheitstopf *h* gezogen, wo sich ein zweites selbsttätig wirkendes Absperrventil befindet.

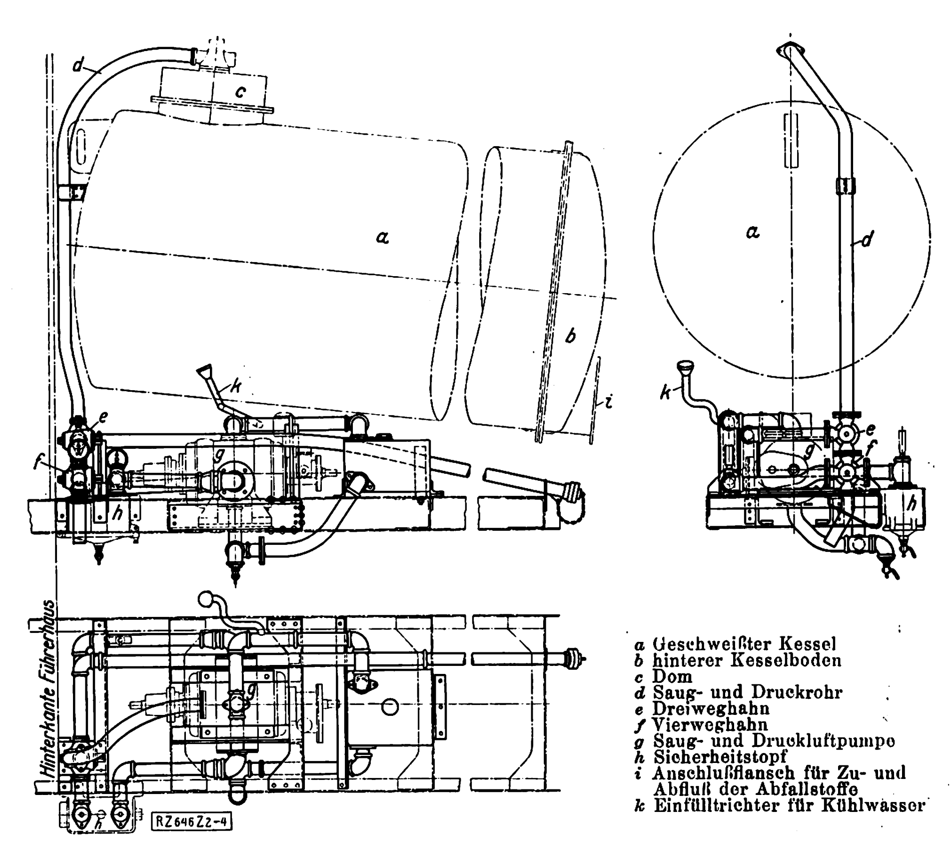


Abb. 2 bis 4
Anordnung der Rohrleitungen auf dem Jauche- und Düngerwagen, Bauart Krupp

Sollte sich während der Arbeit die Saugleitung verstopfen, kann sie durch einen einfachen Handgriff auf Druck umgestellt werden, wodurch die Störung beseitigt wird. Der Zu- und Abflußschieber für die Abfallstoffe ist auf den Anschlußflansch des hinteren Bodens befestigt, *i* in Abb. 2. Das Füllen des Kessels dauert 3 bis 5 min. Man kann den Wagen auch zum Trockenlegen überschwemmter Keller usw., z. B. bei Rohrbrüchen, gut benutzen.

Das Fahrgestell ist das übliche der Kruppschen 5 t-Lastkraftwagen mit Kardan- oder Kettenantrieb. Der Vierzylindermotor mit seitlichen Ventilen hat Lamellen-Wasserumlaufkühlung. Die Luftpumpe stammt von der Demag, A.-G., Duisburg. [M 646]

Berlin Seidel

Erdbau

Nachträgliche Pfahlgründung eines abgesackten Turbinenfundamentes

Im den Jahren 1919/20 brachten die Berliner Städtischen Elektrizitätswerke, A.-G., Berlin, in ihrem Kraftwerk Moabit II eine neue Dampfturbine, Bauart Escher-Wyss, mit 1500 Uml./min in Verbindung mit einem SSW-Stromerzeuger von 20 000 kW zur Aufstellung. Die Bauarbeiten hierfür, die in der Hauptsache in der Ausführung einer normalen Eisenbetongründung bestanden, lagen in den Händen der Firma Wayß & Freytag A.-G., Berlin.

Da man im benachbarten Kraftwerk Moabit I bereits schlechte Erfahrungen bei der Anlage von Turbinenfundamenten gemacht hatte[1]), wurden bei der Gründung der 20 000 kW-Turbine besondere Vorsichtsmaßregeln getroffen, u. a. die Umschließung der Baugrube mittels einer dichten, eisernen Spundwand.

Die Anwendung von Rammpfählen oder von zum Vermeiden von Erschütterungen öfters angewandten einfachen Bohrpfählen war in Erwägung gezogen worden; die Arbeitsweise bei der Herstellung solcher Pfähle in nächster Nähe laufender Maschinen und wichtiger, schwerbelasteter Gebäudeteile schien aber ihre Anwendung zu verbieten.

Aus Abb. 5 bis 7 ist die ursprüngliche Ausbildung der Gründung ersichtlich. Die größte Bodenpressung unter der 2,10 m dicken Eisenbeton-Grundplatte betrug etwa 1 kg/cm² und war wesentlich geringer als unter dem etwa 15 m entfernten Schornstein, sowie unter dem größten Teil der unmittelbar neben der Turbine errichteten Gebäudegründungen.

Einige Zeit nach Inbetriebnahme der Turbine zeigten sich jedoch trotz der geringen Bodenbeanspruchung und des aus dem bekannten Berliner Sandboden bestehenden, an sich guten Baugrundes ungleichmäßige Senkungen der Gründung bis zu 15 mm. Risse im Fundament sowie Unregelmäßigkeiten im Gange der Turbine konnten nicht festgestellt werden. Die Hoffnung, daß die Senkungen von selbst aufhören würden, sobald der Boden unter der Grundplatte genügend zusammengedrückt wäre, erfüllte sich nicht. Die Senkungen schritten immer weiter fort, so daß Sicherungsmaßnahmen erforderlich wurden.

[1]) Z. Bd. 63 (1919) S. 969.

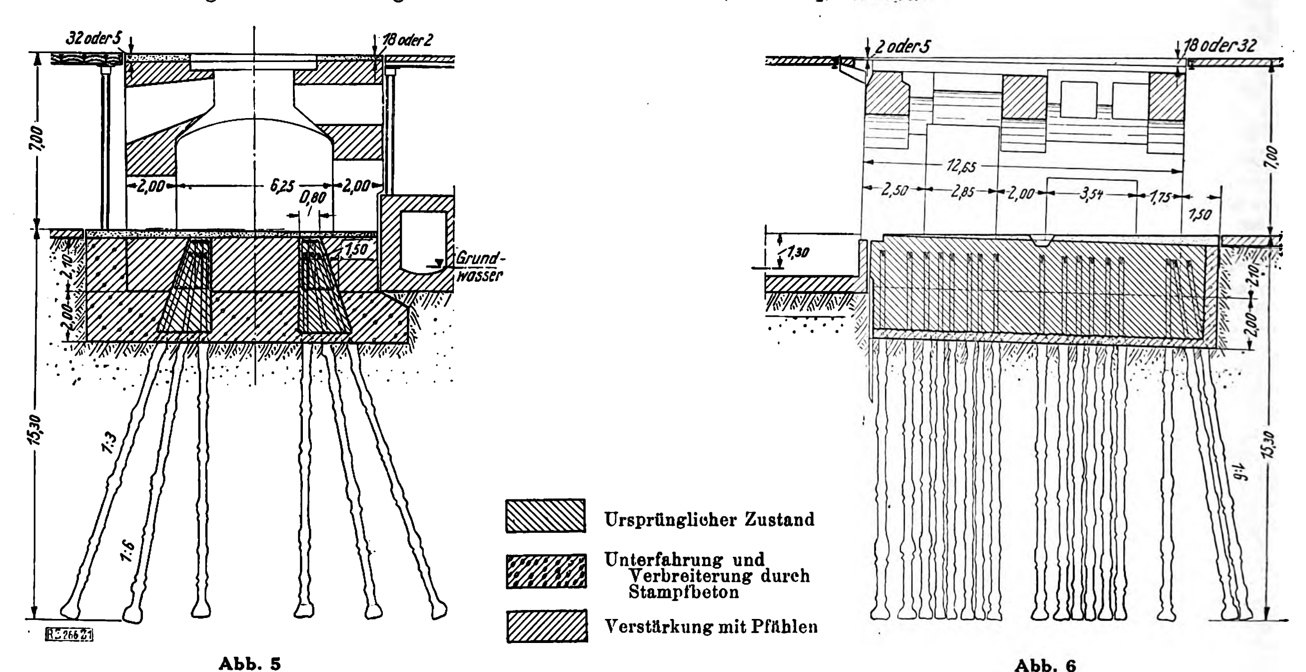


Abb. 5

Abb. 6

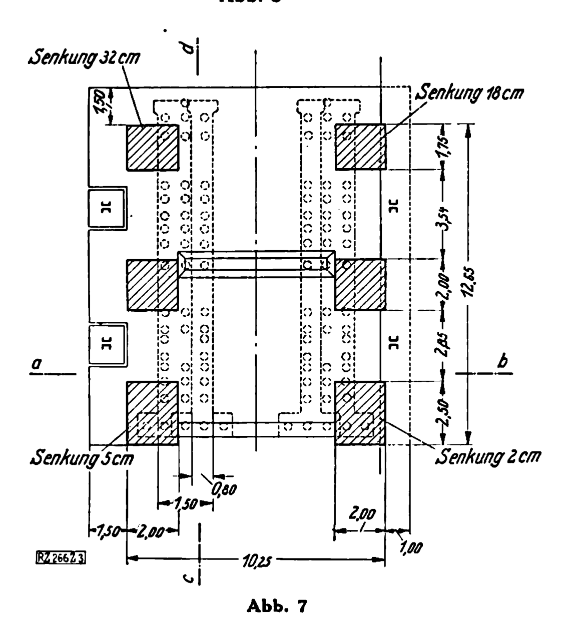


Abb. 7

Abb. 5 bis 7
Gründung für eine Dampfturbine von 26 000 PS bei 1500 Uml./min

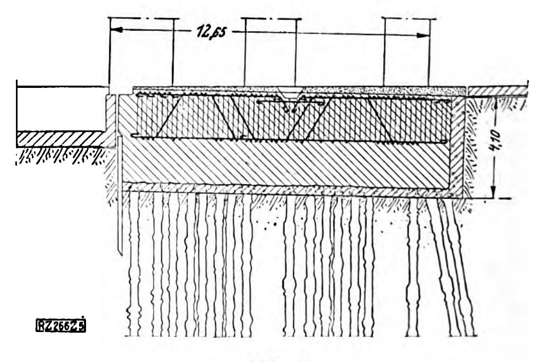


Abb. 8
Bewehrung der neueingezogenen Längsträger



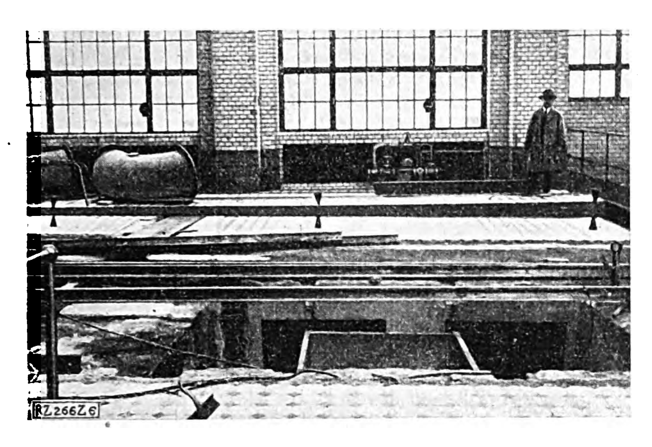


Abb. 9
Ansicht der eingetretenen Senkungen

Auf der Suche nach den Ursachen der Schäden glaubte man, die ungewöhnlichen Senkungen der Grundplatte in dem bisher als tragfähig angesprochenen Baugrund auf Schwingungserscheinungen im Turbinenfundament zurückführen zu sollen. Bei der Ausführung der Grundplatte konnte eine Schwingungsberechnung noch nicht vorgenommen werden, da damals die grundlegenden Untersuchungen für eine derartige Berechnung noch nicht vorlagen. Die nachträgliche Durchführung einer solchen ergab jedoch, daß der gefährliche Zustand der Resonanz zwischen Eigenschwingungen der Grundplatte und Umlaufzahl der Turbine nicht vorhanden ist.

Da die Sohle des Fundamentes im wechselnden Grundwasserspiegel lag, wurde von Sachverständigen eine Unterfahrung des ganzen Fundamentes mit einer 2 m dicken Stampfbetonplatte bis in eine Tiefe, die ständig unter Grundwasser lag, vorgeschlagen und mit größter Vorsicht ausgeführt, Abb. 5 bis 8.

Die neue Platte sollte gleichzeitig durch ihre größere Grundfläche weitere Bodenschichten zur Aufnahme der Lasten heranziehen und durch Vergrößerung der Gesamtmasse der Gründung die Einwirkung der unvermeidlichen Schwingungen der Maschine vermindern. Diese Maßnahme erwies sich jedoch als erfolglos. Die Senkungen schritten weiter fort und nahmen schließlich einen solchen Umfang an, daß an einer Ecke der Grundplatte eine Senkung von 32 cm festgestellt wurde. Die daneben liegende Ecke war um 18 cm, die andern Eckpunkte um 2 und 5 cm abgesackt. Abb. 9 zeigt ein Bild dieser Senkungen.

Jetzt vorgenommene neue Probebohrungen unmittelbar seitlich der Grundplatte, die sich bis auf eine Tiefe von 10 m unter Kellersohle erstreckten, zeigten durchweg guten Baugrund.

Diese auffallenden und außergewöhnlichen Senkungen wurden auf Grund des Baugrundbefundes während der Unterfahrungsarbeiten und daran geknüpfter theoretischer Erwägungen, die näher auszuführen hier zu weit führen würde, auf dynamische Einwirkungen der Grundplatte auf den Untergrund, hervorgerufen durch Schwingungen der Platte, zurückgeführt. Hieraus ergab sich die Notwendigkeit, die Bodenschichten in möglichst großer Tiefe zur Aufnahme der dynamischen Einwirkungen heranzuziehen. Von der Firma Wayß & Freytag A.-G., Berlin, wurde daher den Berliner Städtischen Elektrizitätswerken eine Abfangung der ganzen Gründung durch einen Pfahlrost aus Preßbetonpfählen vorgeschlagen und auch ohne Störung des Betriebes der unmittelbar benachbarten Turbinen ausgeführt. Für die Anordnung des Pfahlrostes, die aus Abb. 5 bis 8 zu erkennen ist, waren nachstehende Gesichtspunkte maßgebend.

Der Entwurf sah vor, die vorhandene Konstruktion der Grundplatte, die trotz der starken Schrägstellung keine Risse zeigte, beizubehalten. Die Tischplatte und die Gründungsstützen wurden daher vollständig unversehrt gelassen und nur die Grundplatte zum Durchführen der Pfähle ausgestemmt. Mit Rücksicht auf die Lage der Bewehrungseisen wurden die Pfähle in zwei Längsgruppen innerhalb der Gründungsstützen zusammengefaßt und die Pfähle so verteilt, daß ihr Schwerpunkt mit der Resultierenden der gesamten Lasten zusammenfällt, so daß alle Pfähle gleichmäßig beansprucht wurden. Zur Erhöhung der Seitensteifigkeit wurden die Pfähle teilweise schräg angeordnet. Im ganzen wurden 98 Pfähle mit einer durchschnittlichen Belastung von 27 t eingetrieben.

Als Pfahlart wurde der Druckbetonpfahl, Bauart Wolfsholz, gewählt, der bei ähnlichen nachträglichen Abfangungen bereits öfters mit gutem Erfolg angewendet worden war, und der auch in diesem Fall einer besonders schwierigen Gründung Vorteile bot. Da infolge der geringen verfügbaren Höhe keine Ramme aufgestellt werden konnte, war man von vornherein auf eine Gründung mit Bohrpfählen angewiesen, die auch den Vorzug hatten, daß man sie ohne störende Erschütterungen in den Boden eintreiben konnte. Die Nähe von Gründungen des bestehenden Gebäudes und insbesondere von in Betrieb befindlichen Maschinen, sowie die sehr beschränkte Grundfläche für die Anordnung der Pfähle verlangten eine Bohrpfahlbauart größter Sicherheit und höchster Tragfähigkeit der Pfähle. Diese Bedingungen werden durch den von der Firma August Wolfsholz, Preßzementbau-A.-G., Berlin, hergestellten Druckbetonpfahl erfüllt, bei dem durch Wegdrücken des Grundwassers mittels Druckluft der Beton im Trockenen eingebracht und schichtenweise in die umgebenden Bodenschichten eingedrückt wird.

Vor Ausführung der Pfähle wurden schwalbenschwanzförmige Schlitze in der Grundplatte herausgestemmt, wobei

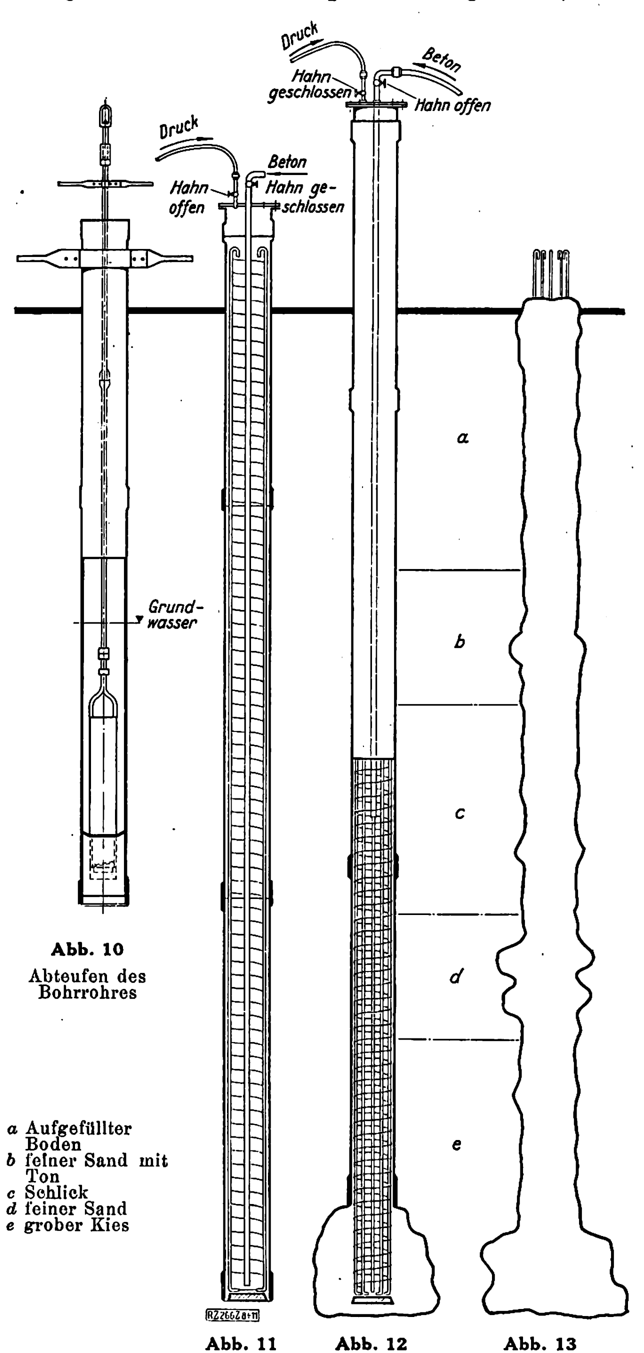


Abb. 10 Abteufen des Bohrrohres

Abb. 11 **Abb. 12** **Abb. 13**

Abb. 11. Eisenbewehrung eingesetzt und Rohr mit Preßeinrichtung verschlossen
Abb. 12. Einpressen des Betons unter gleichzeitigem Hochziehen des Bohrrohres
Abb. 13. Fertiger Eisenbetonpfahl
Abb. 10 bis **13.** Einbau der Pfähle



man den untersten Teil von 50 cm Höhe der Stampfbetonplatte stehen ließ, um ein Hereinquellen des feinen Sandes und damit ein Unterspülen der Gründung zu verhindern. Dieser stehengebliebene Teil wurde von jedem einzelnen Pfahl durchbohrt. Die Herstellung der Pfähle ist in Abb. 10 bis 13 dargestellt. Die Pfähle erhielten eine Eisenbewehrung aus Längseisen mit einer schraubenförmigen Umwicklung. Nach Herstellung der Pfähle wurde in die Schlitze der Grundplatte die in Abb. 9 dargestellte Längsbewehrung eingebracht, die eine gleichmäßige Verteilung der Gründungslasten auf die Pfähle gewährleistet, und hierauf die Schlitze mit Beton ausgefüllt.

Damit alle von den früheren Setzungen des Bodens herrührenden Hohlräume unter der Gründung ausgefüllt werden konnten, wurden gleichmäßig verteilt 27 Bohrlöcher durch die Grundplatte hindurchgetrieben, und Zementmörtel unter einem Druck von 10 at bis zur vollen Sättigung unter die Gründungssohle eingedrückt. Die schräge Lage der Turbinengründung konnte durch die Unterfangung natürlich nicht beseitigt werden. Durch Ausgleichbeton auf der Tischplatte und dem Fußboden des Maschinenkellers wurde wieder eine wagerechte Fläche geschaffen, auf der die Maschine aufgebaut werden konnte.

Zu Beginn des Jahres 1924 wurde die Anlage wieder in Betrieb genommen. Dabei zeigte es sich, daß die Erschütterungen an der Grundplatte selbst in annähernd gleichem Maße wie früher auftreten, jedoch haben die seit dieser Zeit gemachten Messungen keine neuen Senkungen der Grundplatte sowie der umliegenden Bauteile erkennen lassen, so daß man von einem vollen Erfolge des angewandten Verfahrens mittels Druckbetonpfähle sprechen kann.

Der vorliegende Fall, daß eine an sich einwandfrei gebaute Turbinengründung infolge Senkungen im Untergrund absackt, steht nicht vereinzelt da. Von der Firma Wayß & Freytag, A.-G., Berlin, wurden Turbinengründungen in Finkenheerd und in Trattendorf erbaut, an denen ebenfalls Senkungserscheinungen auftraten und die auf ähnliche Weise, wie im vorliegenden Falle, mit Preßbetonpfählen unterfangen wurden. In allen diesen Fällen ruhte die Grundplatte auf einem nach bisherigen Begriffen als guter Baugrund anzusprechenden Sand oder feinerem Kies im Grundwasser. Diese Erfahrungen haben zu der Erkenntnis geführt, daß Gründungen, die dauernd Erschütterungen auf den Untergrund übertragen, grundsätzlich auf Pfähle zu gründen sind, wenn der Gründungskörper auf sandigem oder kiesigem Boden im Grundwasser ruht, selbst dann, wenn dieser Untergrund sich bislang für ruhende Lasten als guter Baugrund bewährt hat.

Demzufolge haben die Berliner Städtischen Elektrizitätswerke bei einer Erweiterung des Kraftwerkes Moabit die neu gebauten Turbinengründungen von vornherein auf Preßbetonpfähle gestellt und ebenso bei dem Neubau des Großkraftwerks Klingenberg verlangt, daß die dort aufgestellten Turbinengrundplatten eine Pfahlgründung erhielten. Der Notwendigkeit einer derartigen Gründung haben ebenfalls die Elektrowerke, A.-G., bei den kürzlich ausgeführten Erweiterungen des Kraftwerkes Zschornewitz Rechnung getragen und die dort aufgestellte 37 500 kW-Dampfturbine mittels Preßbetonpfähle nach dem Wolfsholzschen Druckluftverfahren gegen den Untergrund abgestützt. [M 266]

Berlin Thümen

Kleine Mitteilungen

Das Neches-Kraftwerk

Das vor einigen Monaten in Betrieb genommene Neches-Kraftwerk, am Ufer des Neches Flusses, 3,5 km südlich von Beaumont gelegen, soll nach seinem endgültigen Ausbau 200 000 kW leisten und große Teile von Texas und Louisiana mit Kraft versorgen, darunter die Städte Beaumont und Port Arthur. Zur Zeit sind zwei Babcock & Wilcox-Kessel mit 28 at Betriebsdruck und 370 ° Dampftemperatur in Betrieb, ferner eine Westinghouse-Turbodynamo von 25 000 kVA Leistung, 13 200 V Spannung und 1800 Uml./min. Um die Betriebsicherheit des Kraftwerkes zu erhöhen, hat man außer Gasfeuerung auch Ölfeuerung für die Kessel vorgesehen; man plant auch den Einbau einer Kohlenstaub-Aufbereitanlage. Als Brennstoff stehen zur Verfügung Erdgas von 8300 kcal/m³ oberem Heizwert, ferner Heizöl, das unmittelbar von einer in der Nähe befindlichen Ölraffinerie geliefert wird. Die Brenner sind innerhalb weniger Minuten von Gas auf Öl und umgekehrt umzustellen. („Electrical World“ 10. September 1927 S. 499)
[N 874 a] Pt.

Amerikanische Personenzuglokomotiven

Vier bei der amerikanischen Central Vermont-Bahn neu in Dienst gestellte 2 D 1-Heißdampf-Personenzuglokomotiven haben 147 t Dienstgewicht. Die Zugkraft beträgt rd. 20 000 kg bei einem Reibungsgewicht von 97,5 t und einem Reibungswert von 4,9. Der Durchmesser der Treibräder beträgt 1850 mm; die Zylinder haben 660 mm Bohrung und 710 mm Hub. Der Kesseldruck beträgt 14 at. Die Lokomotiven sind mit Coffin-Speisewasservorwärmern und Überhitzern ausgerüstet. Die Dampfzuleitung wird durch eine Walschaert-Steuerung und einen Ashcroft-Füllungsregler geregelt. Zum Umsteuern dient eine Alco-Vorrichtung. Die Kreuzköpfe sind nach Rogatchoff ausgebildet. Die Tender laufen auf zwei zweiachsigen Drehgestellen und haben ein Fassungsvermögen von 37,8 m³ Wasser und 14 t Brennstoff. („Railway Age“ 10. September 1927 S. 478*) [N 874 b] Krs.

Kriegschiffbau in England

Mitte September ist der Kreuzer „London“ vom Stapel gelaufen, eines der neun Schiffe der „Kent“-Klasse. Das Schiff hat hohen Freibord, geringen Sprung vorn und wenig ausfallende Spanten. Eine Rückkehr zur früheren Bauart kennzeichnet jedoch die Ausführung als Glattdeckschiff mit zwei leichten Masten ohne Kommandostände usw., die hier im Brückenaufbau untergebracht sind.

Der Kreuzer ist rd. 180 m lang und hat 10 000 t Verdrängung. Parsons-Getriebeturbinen treiben die vier Schrauben an; die Yarrow-Kessel haben nur Ölfeuerung. Bei 90 000 PS_e hofft man, 31,5 bis 32 Kn Geschwindigkeit zu erreichen.

Die Bewaffnung umfaßt acht 20 cm-Geschütze und zwanzig kleinere Kanonen, vier 10 cm-Flugzeug-Abwehrgeschütze und acht Torpedorohre. Der Seitenpanzer fehlt. Hingegen ist ein bogenförmiges 10 cm dickes Panzerschutzdeck mit gepanzerten Munitionsaufzugschächten vorgesehen. Die jährlichen Instandhaltungskosten werden auf 4,8 Mill. ℳ geschätzt. („Engineering“ 23. September 1927 S. 404)
[N 874 d] Ls.

Neue Hochbrücken über den Mississippi

Zwischen den Staaten Missouri und Illinois sollen demnächst fünf Straßenbrücken in Eisenkonstruktion über den Mississippi fertiggestellt werden. Die größte dieser Brücken, die Chain of Rocks-Brücke, wird rd. 1640 m lang sein und zwei Öffnungen von je 212 m, fünf von 122 m, zwei von 91 m und sieben von 61 m Weite haben. Der Fahrdamm auf der Brücke wird 6,1 m breit sein. Die Baukosten sollen 2,3 Mill. $ betragen.

Die 465 m lange Alton-Brücke, die sieben Öffnungen hat, ist bereits im Bau. Sie wird mit der ebenfalls im Bau befindlichen Bellfontaine-Brücke über den Missouri durch eine 6,4 km lange Kraftwagenstraße von 6 m Breite verbunden werden und damit die kürzeste Verbindung zwischen Alton und St. Louis sein. Beide Brücken werden insgesamt 2,65 Mill. $ kosten.

Am weitesten fortgeschritten ist der Bau der Louisiana-Brücke. Sie wird 1350 m lang sein; die Strombrücke wird vier Öffnungen von je 99 m Weite haben. Der 6 m breite Fahrdamm wird asphaltiert werden. Ebenfalls im Bau ist die Brücke bei Kap Girardeau von rd. 1000 m Länge, während von einer neuen Brücke bei Cairo erst der Entwurf vorliegt. („Engineering News-Record“ 15. September 1927 S. 431) [N 874 e] Sd.

Hängebrücke über den Hudson[1])

In den Vereinigten Staaten ist der Bau der ersten New Yorker Hudsonbrücke in Angriff genommen worden. Sie führt von Fort Lee nach Fort Washington im Staate New Jersey. Die Hauptspannweite zwischen den beiden Strompfeilern wird mit 1067 m die bisher größte Spannweite von Hängebrücken um das Doppelte übertreffen. Sie wird zwei übereinanderliegende Fahrbahnen von je rd. 32 m Breite haben. Acht Reihen Kraftwagen werden zu gleicher Zeit die obere Fahrbahn benutzen können; die untere Fahrbahn bleibt dem Schnellbahnverkehr vorbehalten. Die beiden Strompfeiler sind rd. 200 m hoch; die Entfernung vom Wasserspiegel bis zur Unterkante der Brücke beträgt rd. 60 m, so daß die größten Dampfer hindurchfahren können. Die Kosten sind auf 75 Mill. $ veranschlagt. Der Bau soll 1932 beendigt sein. [N 874 f] Rg.

[1]) Demnächst erscheint ein ausführlicher Aufsatz über diese Brücke.



Elektrische Küchen in Amerika

In Chikago sind in dem kürzlich fertiggestellten Seneca apartment hotel, dem größten der Stadt, die Küchen der 192 Einzelwohnungen mit elektrischen Herden für 6000 W ausgerüstet worden; jeder Herd hat drei obere Kochstellen und zwei geschlossene Brat- oder Backöfen. Auch elektrische Kühlschränke sind eingebaut. Im Gegensatz zu andern Gebäuden mit Kleinwohnungen, wo der Strom- oder Gaspreis in der Miete enthalten ist, hat im Seneca apartment hotel jede Einzelwohnung ihren eigenen Zähler. Der Entschluß, elektrische Küchenherde einzubauen, erscheint um so bemerkenswerter, als zwei andre Gebäude unter der gleichen Verwaltung wie das Seneca apartment hotel Kocheinrichtungen mit Gasheizung haben. Die gesamte elektrische Anlage in dem neuen Gebäude erfordert 2000 kW Leistung. („Electrical World" 10. September 1927 S. 520) [N 874 h] Pa.

Wirtschaftliche Verlegung von Hochspannungsleitungen in den Vereinigten Staaten von Amerika

Bei der Herstellung der rd. 165 km langen Drehstromleitung für 220 kV zwischen Sacramento und Merced, Cal., die die Netze der Great Western Power Co. und der San Joaquin Light and Power Corp. verbindet, wurden, wo irgend möglich, mechanische Hilfsmittel angewendet, um Arbeitslöhne zu sparen. Nach der ersten Besichtigung der Strecke wurden Luftbildaufnahmen von dem Gelände gemacht, nach denen man die Einzelheiten festlegte. Die Eisenteile der Tragmaste wurden in Bündeln zu rd. 270 bis 360 kg versandt und mit einem fahrbaren Fordson-Kran auf die Lastkraftwagen übergeladen. Zum Bohren der Erdlöcher für die Mastgründungen dienten Erdbohrmaschinen mit gezähnten Erdbohrern von rd. 1 m Dmr. Das Bohren eines Loches von 2,75 m Tiefe dauerte 20 min; gegenüber Handarbeit wurden bei Maschinenbenutzung rd. 50 ℳ für jedes Loch erspart. Der genaue Abstand der vier Löcher für die Mastfüße wurde mit zerlegbaren Lehren aus leichtem Eisenfachwerk abgesteckt. Da die Masten 30 m hoch waren und 7,35 m Abstand zwischen den vier Füßen hatten, war es nicht zweckmäßig, sie am Boden zusammenzubauen und dann aufzurichten; sie wurden deshalb entweder Stück für Stück aufgebaut, oder es wurden einzelne Felder am Boden zusammengebaut und dann aufgerichtet. Zwischen beiden Verfahren war kein wesentlicher Unterschied der Kosten. Zur Verlegung der Leitungen wurden drei Haspeln auf je einem zweiräderigen Karren hintereinandergehängt und von einem Raupenschlepper gezogen; die Leitungsstränge von rd. 3,2 km Einzellänge wurden in dem ebenen Gelände am Boden ausgelegt und dann über Seilrollen aus Aluminium, die auf kegeligen Rollenlagern liefen, hochgezogen und an den 14gliederigen Kettenisolatoren befestigt. Die Kosten der Dreiphasenleitung mit rd 400 mm² Aluminium und den Leitungsmasten, die für eine zweite Dreiphasenleitung vorgesehen sind, betrugen (einschließlich eines Wegerechtes für 25 m) rd. 40 000 ℳ/km. („Electrical World" 10. September 1927 S. 505) [N 874 g] Pa.

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Neue Wilhelmstr. 4. bezogen werden. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 3501)

Raschlaufende Ölmaschinen. Von Dr. Otto Kehrer. München und Berlin 1927, R. Oldenbourg. 111 S. m. 81 Abb. Preis 12 ℳ.

Anlaß zu der vorliegenden Arbeit bot die eingehende Untersuchung eines Glühkopfmotors von H. Lanz, Mannheim. Im ersten Teil werden die Versuchsergebnisse dieser Maschine bei üblicher Betriebsweise bekanntgegeben, die in ihrer Auswirkung auf die Konstruktion der Halbdieselmaschine sehr wertvolle Richtlinien schaffen. Bemerkenswert ist auch die Auswertung der Messungen über Durchfluß- und Verdampfkühlung, die bei den Versuchen angewandt wurde. Über die Grenzen der für die Praxis bestimmten Versuche hinaus wird der Einfluß der Drehzahländerung auf die Arbeitsweise des gleichen Motors untersucht. Der Verfasser steuert hiermit auf den zweiten Teil seiner Arbeit zu: den Vergleich der Glühkopfmaschine mit der schnelllaufenden kompressorlosen Dieselmaschine und der Vergasermaschine. Hierbei benutzt er eine neuartige Darstellung, die — mit dem Drehmoment als Parameter — den funktionalen Zusammenhang zwischen Brennstoffverbrauch, Leistung und Drehzahl besonders klar veranschaulicht.

Die Abhandlung wird vervollkommnet durch vergleichende Einbeziehung ähnlicher Motoren in- und ausländischen Ursprungs. Sie wird deshalb allen, die schaffend oder forschend auf dem Gebiete der raschlaufenden Schwerölmaschine tätig sind, wertvolle Hinweise und Anregungen geben können. [E 656] Dipl.-Ing. A. Leitner

Technische Hydrodynamik. Von Franz Prašil. 2. neubearb. Aufl. Berlin 1926, Julius Springer. 303 S. m. 109 Abb. Preis 24 ℳ.

Das Buch behandelt hauptsächlich Aufgaben, wie sie etwa beim Bau von Wasserturbinen, Kreiselpumpen, Wasserkraftwerken auftreten. Es ist in erster Linie für akademisch gebildete Ingenieure geschrieben; daher werden auch solche mathematische und graphische Verfahren bevorzugt, die der sonstigen Vorbildung dieses Leserkreises entsprechen. Das Buch ist nicht gerade leicht zu lesen. Immerhin scheint der Erfolg der 1. Auflage zu zeigen, daß der Verfasser auf Grund seiner langjährigen Lehrerfahrung doch einigermaßen den richtigen Ton in seiner Darstellung gefunden hat. Besonders eingehend beschäftigt sich der Verfasser mit Verfahren zur graphischen Konstruktion von Strömungsnetzen, die man etwa als eine Erweiterung der Verfahren der konformen Abbildung auf dreidimensionale Vorgänge ansehen kann. Die konforme Abbildung selbst wird natürlich ebenfalls ausführlich behandelt. Der praktische Wert solcher Abbildungsverfahren, die sicher manche schwierige Aufgabe der anschaulichen Denkweise des Ingenieurs näherbringen, steht außer Zweifel. Das Buch ist daher hauptsächlich allen, die sich gerade mit solchen Fragen befassen, zu empfehlen. [E 792] A. Betz

Müller-Pouillets Lehrbuch der Physik. 11. Aufl. 3. Bd., 1. Hälfte: **Physikalische, chemische und technische Thermodynamik.** Bearb. von A. Eucken. Braunschweig 1926, Friedrich Vieweg & Sohn. 1185 S. m. 575 Abb. Preis 68 ℳ.

Die vorliegende neue Auflage dieses altbewährten Lehrbuches ist bestens geeignet, den Ingenieur mit den neuesten physikalischen Forschungsergebnissen vertraut zu machen. Das Buch zeichnet sich dadurch aus, daß neben der physikalischen Thermodynamik auch deren Anwendungen auf chemische und technische Probleme ausführlich behandelt sind. Auch Vorgänge, die vielfach nicht zur Thermodynamik gezählt werden, wie die Verbrennung der Brennstoffe (hier vermisse ich die Besprechung der Ergebnisse von Tizard und Pye über den Zündverzug bei der Kompressionszündung von Brenngasen), die Gesetze der Wärmeleitung und die des Wärmeüberganges sind aufgenommen und mustergültig dargestellt. Ich kann deshalb das Werk sowohl als Lehrbuch wie als Nachschlagebuch bestens empfehlen.

Nur mit der gewählten Bezeichnungsweise kann ich mich verschiedenen Ortes nicht ganz einverstanden erklären, z. B. nicht damit, daß jede Zustandänderung, ob umkehrbar oder nicht, bei der kein Wärmeaustausch mit der Umgebung stattfindet, als Adiabate bezeichnet wird. Im technischen Schrifttum wird durchgängig nur eine umkehrbare Zustandänderung ohne Wärmeaustausch mit der Umgebung Adiabate genannt (siehe z. B. Zeuner, Technische Thermodynamik Bd. 1 S. 138). Eine Drosselung oder eine Expansion mit Reibung wie in der Dampfturbine sind im technischen Schrifttum keine adiabatischen Zustandänderungen. Diese Bezeichnungsweise ist auch sonst in der Physik nicht üblich (siehe z. B. M. Planck, Thermodynamik, 8. Aufl. S. 60). [E 388] Nußelt

Die Einflüsse bewegter Lasten auf Brücken und das Problem der Radreibung. Von Artur Buchwald. Wien 1926, Gewerbliche Druck- und Verlagsanstalt. 54 S. m. 7 Abb. Preis 7 ö. Sch.

Die Abhandlung stellt sich zur Aufgabe, die Bedeutung der verschiedenen Reibungsvorgänge für die Belastung von Brücken unter Heranziehung der neuen Erkenntnisse über den Aufbau der Metalle und die Abnutzungserscheinungen zu klären. Die entwickelten Vorstellungen kann der Berichterstatter jedoch nicht als einen Fortschritt auffassen. Auf einer idealglatten Fläche kann eine Arbeitsübertragung von den Rädern auf die Lauffläche im Gegensatz zu den Ausführungen des Verfassers überhaupt nicht stattfinden. Die Einführung einer „klemmenden Reibung" infolge der Wirkung von Oberflächenrauhigkeiten erscheint überflüssig, da die gleitende Reibung allein alle geforderten Eigenschaften aufweist. [E 767] G. Sachs

Technologie der Textilfasern. Herausgeg. von R. O. Herzog. 2. Bd. 1. T.: **Die Spinnerei.** Von A. Lüdicke. Berlin 1927, Julius Springer. 268 S. m. 440 Abb. Preis 28 ℳ.

Für den Fachmann ein anregendes Buch, das ihm Bekanntes in neuer Beleuchtung zeigt, Entfallenes wieder zur Erinnerung bringt und Neues hinzufügt. Dem Studierenden, dem Techniker und dem Kaufmann ist das Werk gewissermaßen „das Sprungbrett", von dem aus das Eindringen in die Fachzeitschriften dieses in Deutschland noch zu wenig gewürdigten Gewerbezweiges erleichtert wird. Der Verfasser kennt die Schwierigkeiten, die sich dem Leser unserer bisherigen Werke bieten, und hat versucht, diese durch möglichst elementare Darstellung geringer erscheinen zu lassen, was auch als geglückt anzusehen ist.

Angenehm berührt der Wegfall der vielen Fremdwörter, wenn sie auch nicht vollständig vermieden sind, was meines Erachtens kein Ding der Unmöglichkeit wäre. Die Gliederung des Werkes ist mit großer Überlegung durchgeführt, die Spaltung in die einzelnen Rohstoffe tritt zurück, so daß Wiederholungen erspart sind und technologisch Gleichartiges zusammengenommen werden konnte.

Das Werk empfiehlt sich selbst, es braucht nicht empfohlen zu werden. Es bildet den zweiten Band einer Gesamttechnologie der Textilfasern. Eine Übersicht über die Gliederung dieses Gesamtwerkes läßt einen Abschnitt vermissen, der, streng genommen, zwar nicht zur Technologie gehört, der aber meines Erachtens unbedingt notwendig sein wird, nämlich die „Mechanik in der Textilindustrie".

[E 791] Dr.-Ing. Heinrich Brüggemann

Thermochemische Versuchsanstalt Prof. Dr. Aufhäuser: **Brennstoffuntersuchungen 1926.** Hamburg 1927, Selbstverlag. 23. S.

Die bekannten Kohlentafeln sind in ihrer diesjährigen Ausgabe gegenüber der vorjährigen in manchen Punkten nicht unwesentlich ergänzt worden. Bei allen Kohlensorten ist jetzt auch der untere Heizwert der wasser- und aschenfreien Substanz angegeben. Ferner ist die Gliederung der Brennstoffe jetzt übersichtlicher. Neu und für die Praxis sehr wichtig ist ferner die Aufnahme von verschiedenen Braunkohlenstauben in die Tafeln. Leider vermißt man entsprechende Angaben über Steinkohlenstaub.

Sehr bemerkenswert ist der Aufsatz über die Brenngeschwindigkeit der Kohlen im Vorwort; hier sind in ganz gedrängter, klarer Form die wichtigsten Verbrennungsbedingungen zusammengestellt. Pt.

Kohle-Koks-Teer, 15. Bd.: **Über den estländischen Ölschiefer „Kukkersit".** Von Helmut W. Klever und Karl Mauch. Halle a. d. S. 1927, Wilhelm Knapp. 60 S. Preis 5,20 ℳ.

Über den estländischen Ölschiefer ist in den letzten Jahren eine größere Anzahl von Veröffentlichungen in der Hauptsache nach der geologischen, abbautechnischen und schweltechnischen Seite hin erschienen. Der vorliegende Band 15 der Abhandlungen zur Praxis der Gewinnung, Veredelung und Verwertung der Brennstoffe behandelt auf Grund von Laboratoriumsversuchen die Substanzumwandlungen beim Benzolaufschluß und der Urverkokung des Kukkersits und die sich daraus ergebenden Schlußfolgerungen auf die Bildung von Phenolen, Asphalt und Erdöl. Als auch für den deutschen Ölschiefer technisch wichtiges Ergebnis der Untersuchungen ist die Möglichkeit zu nennen, in dem Aufschlußbitumen, dessen Ausbeute um 25 bis 33 vH höher liegt als die mittlere Teerausbeute beim gewöhnlichen Schwelen, größere Mengen eines hochwertigen Naturasphaltes gewinnen zu können. [E 824] Pr.

Technologie der Textilfasern. Herausgeg. von R. O. Herzog. 2. Bd. 3. T.: **Wirkerei, Strickerei,** Netzen, Filet, Maschinenflechten und -klöppeln, Samt, Plüsch usw. Teppiche, Strickmaschinen. Berlin 1927, Julius Springer. 615 S. m. 824 Abb. Preis 57 ℳ.

Eidgenössische Materialprüfungsanstalt an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich: Diskussionsbericht Nr. 12: **Über elektrisch und autogen geschweißte Konstruktionen.** Zürich 1926. 46 S. m. Abb. Preis 5 Fr.

Wärmetechnische Beratungsstelle der deutschen Glas-Industrie Frankfurt a. M.: **Glasschmelz-Wannenöfen.** Frankfurt a. M. 1927, Selbstverlag der W. B. G. 75 S. m. 79 Abb. u. 8 Taf. Preis 3 ℳ.

Die Wellen, die Schwingungen und die Naturkräfte. Von Max Möller. 2. bis 4. Teil: Die elastische Welle sowie Elektrizität und Magnetismus als Erscheinungsformen von Wellen und Schwingungen. Braunschweig 1927, Vieweg & Sohn. 2. Lfg. 268 S. m. 68 Abb. Preis 5 ℳ.

Merkblatt II/III der Frankfurter Gesellschaft für Konjunkturforschung. **Berechnung und Ausschaltung von Saisonschwankungen.** Karlsruhe 1927, G. Braun. 36 S. Preis 1,80 ℳ.

Das Härten von Stahl und Eisen. Von Ernst Menzel. 6. Aufl. von C. E. Berck. Berlin 1927, Maetzig & Co. 123 S. m. 60 Abb. Preis 3 ℳ.

Haeders Hilfsbücher für Maschinenbau. II. Bd.: **Gasmotoren und Generatoren.** Von Herm. Haeder. Wiesbaden 1927, Otto Haeder. V. Aufl. 356 S. m. 800 Abb. u. 43 Taf. Preis 13 ℳ.

Über den Bau und die Bedienung von Destillier- und Rektifizier-Apparaten für alkoholhaltige Maischen. Von Harald Nehbel. Berlin 1927, Maetzig & Co. 2. Aufl. 548 S. m. 250 Abb. Preis 24 ℳ.

Der praktische Automobil-Mechaniker. Von Heinz Fiebelkorn. Stuttgart 1927, Ernst Heinrich Moritz. 292 S. m. 283 Abb. Preis 12,50 ℳ.

Beihefte zum Zentralblatt für Gewerbehygiene u. Unfallverhütung. 7. Beiheft: **Arbeit und Ermüdung.** Berlin 1927, Julius Springer. 91 S. m. 44 Abb. 4,80 ℳ.

Stilkes Rechtsbibliothek Nr. 31: **Die Hauszinssteuer und die Finanzierung des Wohnungsbaues in Preußen.** Von Friedrich-Karl Surén und Adolf v. Heusinger. Berlin 1927, Georg Stilke. 4. Aufl. 420 S. Preis 8 ℳ.

Der alten Steinmetzen Recht und Gewohnheiten. Von Rudolf Wissel. Leipzig 1927, Zentralverband der Steinarbeiter Deutschlands. 165 S. Preis 2,50 ℳ.

Briefwechsel zwischen Carl Friedrich Gauß und Christian Ludwig Gerling. Herausgeg. von Clemens Schaefer. Berlin 1927, Otto Eisner. 820 S. Preis 40 ℳ.

Handbuch für den Deutschen Braunkohlenbergbau. Von G. Klein. Halle a. d. S. 1927, Wilhelm Knapp. 3. Aufl. 1. Bd. 511 S. m. 404 Abb. u. 16 Tafeln. Preis 43 ℳ.

Österreichisches Montan-Handbuch 1927. Herausgeg. vom Verein der Bergwerksbesitzer Österreichs. Wien 1927, Verlag für Fachliteratur G. m. b. H. Preis 12 ℳ.

Technisches Jahrbuch für das Graphische Gewerbe Band 1927. Bearb. von August Stecker. Wilhelmshaven 1927, August Stecker & Co. 312 S. Preis 6 ℳ.

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 71 SONNABEND, 15. OKTOBER 1927 NR. 42

Einfluß des Schweißens auf die Gestaltung

Von Prof. Dr.-Ing. A. Hilpert, Berlin-Charlottenburg[1])

Die hauptsächlichsten Schweißverfahren und ihre Eigentümlichkeiten — Die Gasschmelz- und die Lichtbogenschweißung an Stelle von Nieten, Flanschen und Gußstücken, sowie bei der Ausbesserung und Instandhaltung

Unter Schweißen versteht man das Vereinigen von Metallen und Legierungen, die an der Verbindungsstelle in teigigen oder flüssigen Zustand versetzt sind. Vereinigt man die Werkstücke an der Verbindungsstelle unter Anwendung von Druck in teigigem Zustande, so spricht man von Preßschweißen. Hierzu gehören die Feuerschweißung, die Wassergasschweißung und die elektrische Widerstandschweißung. Vereinigt man die Werkstücke an der Verbindungsstelle in flüssigem Zustand mit oder ohne Zufügung geeigneten Werkstoffes, so spricht man von Schmelzschweißung. Hierzu gehören insbesondere die Lichtbogenschweißung, bei der die Wärme des elektrischen Lichtbogens, und die Gasschmelzschweißung, bei der die Wärme einer aus Gas und Sauerstoff gebildeten Knallgasflamme nutzbar gemacht wird.

Von einer guten Schweißung wird verlangt, daß an der Verbindungsstelle ein Gefüge entsteht, das dem der zu verbindenden Teile möglichst gleich ist[2]).

Mit Rücksicht auf den zur Verfügung stehenden Raum werde ich die F e u e r s c h w e i ß u n g und ebenso die W a s s e r g a s s c h w e i ß u n g nicht behandeln, da ihr Einfluß auf die Gestaltung längst feststeht. Ebenso werde ich auch nicht näher auf die Thermitschweißung eingehen, obschon sie hohe Bedeutung erlangt hat, heute aber wohl ausschließlich für das allerdings sehr große und wichtige Gebiet der Schienenverbindungen in Frage kommt. Auch hier steht die Formgestaltung der zu verschweißenden Enden ziemlich fest, wobei die Thermitschweißung je nach Durchführung entweder als Preß- oder als Schmelzschweißung oder als Vereinigung beider angewendet wird. Auch bei den übrigen Schweißverfahren muß ich mich heute auf die Verschweißung von Eisen beschränken.

Preßschweißung

Ich betrachte nun zunächst die Preßschweißungen, die auf Erwärmung der zu verbindenden Stellen infolge des Überganges von elektrischem Strom beruhen. Man hat hier zunächst die Verschweißung von kleineren Querschnitten nach dem S t u m p f s c h w e i ß v e r f a h r e n, während für größere, besonders auch für verwickelte Querschnitte das A b s c h m e l z v e r f a h r e n in Frage kommt, Abb. 1 bis 7. In beiden Fällen sind die zu vereinigenden Stücke in stromleitende Backen eingespannt; es wird Wechselstrom verwendet, dessen Spannung auf wenige Volt bei hohen Stromstärken herabgesetzt wird. Beim Stumpfschweißen berühren sich die zu verbindenden Teile. Von der Berührungsstelle ausgehend, steigert sich allmählich die Wärme bis auf Schweißhitze, in der die Stücke unter Bildung eines Wulstes zusammengestaucht werden. Die Erwärmungszone ist hierbei umfangreich. Infolgedessen wird auch das Eisen durch die Wärme weitergehend beeinflußt als beim Abschmelzverfahren. Bei diesem werden die Stücke wiederholt nur so weit gegeneinandergerückt, bis sich ein Lichtbogen zwischen ihnen bildet,

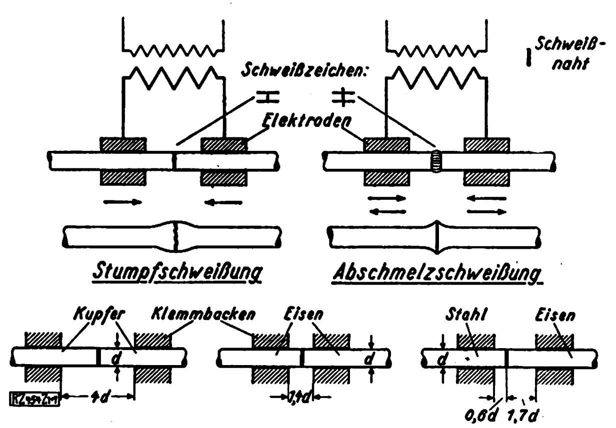


Abb. 1 bis 7
Einspannung der Schweißstellen bei verschiedenen zusammenzuschweißenden Werkstoffen

der die vorstehenden Unebenheiten der zu verschweißenden Querschnittflächen unter lebhaftem Sprühen abbrennt, bis schließlich zwischen parallelen Flächen der Lichtbogen einigermaßen ruhig steht. In diesem Augenblick werden die Stücke schlagartig unter Bildung eines perlenartigen Grates zusammengepreßt. Infolgedessen ist hier die Erwärmungszone nur gering, die hohe Temperatur des Lichtbogens erweist sich für die Verbrennung und Vergasung von Unreinheiten und Oxyden als günstig. Seinerzeit von der Reichsbahn angestellte Versuche haben die Überlegenheit der Abschmelzschweißung gegenüber der Stumpfschweißung in bezug auf Festigkeit und Biegungsfähigkeit für größere Querschnitte klar erwiesen. Für kleinere Querschnitte bis etwa 20 mm Dmr. macht sich der Unterschied nicht stark bemerkbar.

Spannt man statt zweier Stücke ein einziges ungeteiltes Werkstück in die stromführenden Backen, so findet eine Erwärmung dieses Stückes zwischen den Backen statt, die ebenfalls bis zur Schweißhitze gesteigert werden kann. Man hat dann die jetzt oft genannte und immer mehr sich einbürgernde Elektro-Esse, die feuerlose Schmiede, die den Vorzug der raschen und billigen Erwärmung bei gänzlicher Vermeidung von Rauch und Ruß hat.

Praktisch kann man etwa bis 10 000 mm² Eisenquerschnitt und etwa 3000 mm² Kupferquerschnitt verschweißen, doch kommen für besondere Zwecke Sondermaschinen, namentlich für Eisen mit wesentlich höheren Leistungen, in Frage.

Der Einfluß auf die Gestaltung findet nach zwei Richtungen statt. Einmal muß man besonders bei der Stumpfschweißung dafür sorgen, daß die zu verbindenden Stücke an der Verbindungsstelle gleich großen Querschnitt haben. Bei der Abschmelzschweißung kann man manchmal auch von dieser Forderung abgehen, Abb. 8.

Abschmelz-Schweißverbindungen, Abb. 9, sind heut als normale Fertigung zu bezeichnen. Nach diesem Verfahren

[1]) Vorgetragen in der Arbeitsgemeinschaft deutscher Betriebsingenieure zu Berlin am 24. Februar 1927.
[2]) Z. Bd. 71 (1927) S. 571.



Abb. 8
Geschweißte Bergmannshaue

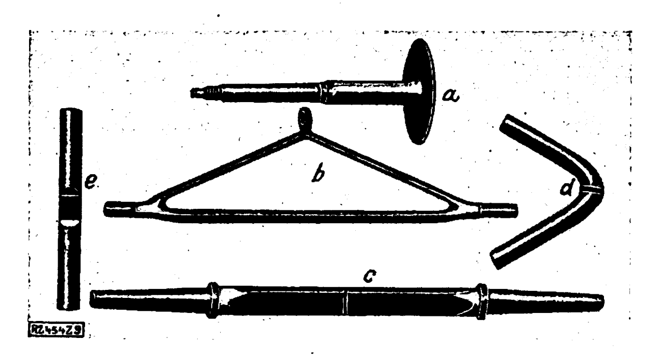


Abb. 9
Abschmelz-Schweißverbindungen
a Puffer *b* Bremsdreieck *c* Wagenachse *d* Welle (4600 mm²) *e* abgeschliffene Schweißstelle (4600 mm²)

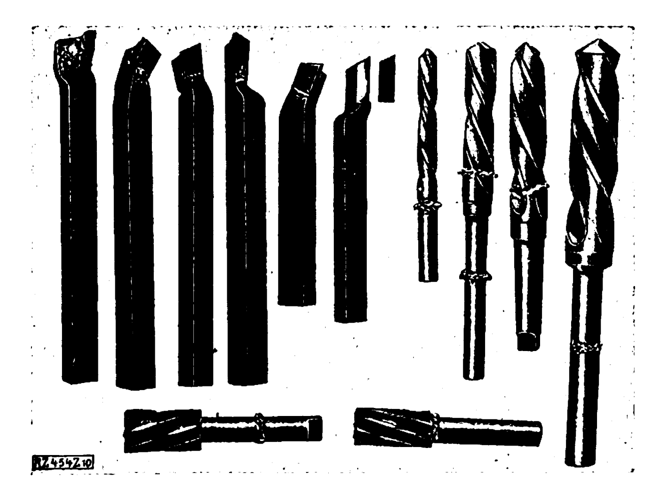


Abb. 10
Nach dem Abschmelz-Schweißverfahren hergestellte Werkzeuge

kann man einfach herzustellende kurze Preßstücke an lange Enden anschweißen, statt eine Formänderung am langen Werkstück vornehmen zu müssen.

Der andere Einfluß auf die Gestaltung besteht darin, daß man mit dem Abschmelzverfahren verschiedene Werkstoffe miteinander verschweißen kann, wie Eisen mit Stahl, Kupfer mit Messing, besonders auch hochwertigen Stahl mit gewöhnlichem. Man kann also mit hochwertigem Werkstoff sparen und dies schon bei der Konstruktion berücksichtigen, Abb. 10.

Abb. 18 (rechts)
Ecke eines Rahmens mit angepunkteter Schraube

RZ454Z18

Abarten der elektrischen Widerstandschweißung, die wohl am häufigsten angewendet werden, sind die **Punktschweißung** und die Rollen- oder Nahtschweißung. Auch diese Verfahren beruhen auf der Erwärmung infolge Übergangwiderstandes. Abb. 11 bis 17 zeigen schematisch die Anordnung für Punktschweißung, die man praktisch bei Blechen bis 8 mm Dicke anwendet. In der Regel wird man wesentlich dünnere Bleche verwenden. Die Güte der Punktschweißung hängt vom Elektrodendurchmesser, Elektrodendruck, Schweißzeit und Stromstärke ab. Das günstige Zusammentreffen aller dieser Punkte muß berücksichtigt werden. Bei guten Punktschweißungen reißt eher das Blech aus, als daß der Schweißpunkt abgeschert wird. Saubere Blechoberfläche an den Verbindungsstellen ist notwendig.

Die Punkteindrücke machen sich mehr oder weniger bemerkbar. Durch besondere Form der einen Elektrode kann nun erreicht werden, daß wenigstens auf einer Seite der Punkteindruck möglichst verschwindet, was für nachträgliche Oberflächenbearbeitung von Wichtigkeit ist. Ebenso kann man durch entsprechende Ausbildung der Elektroden Schrauben, Abb. 18, Stifte und dergl. mit dem Blech verbinden, was früher nur durch Vernieten oder Verschrauben möglich war. Ferner lassen sich Augen zur Verstärkung der Bleche für späteres Lochbohren und Gewindeschneiden oder Hülsen für Füße anbringen. Im übrigen wendet man die Punktschweißung an Stelle des Nietens und Lötens bei dünnen Blechen, Abb. 19, an. Verwickelte Gehäuseformen kann man statt durch Ziehen aus einem Stück durch Zusammenpunkten mehrerer einfacher Stücke herstellen, wobei man das Blech günstiger einteilen und viel Ausschuß vermeiden kann, Abb. 20.

Ebenso wendet man viel die **Nahtschweißung**, Abb. 21 bis 27, bei Blechen bis zu 1,5 mm Dicke an.

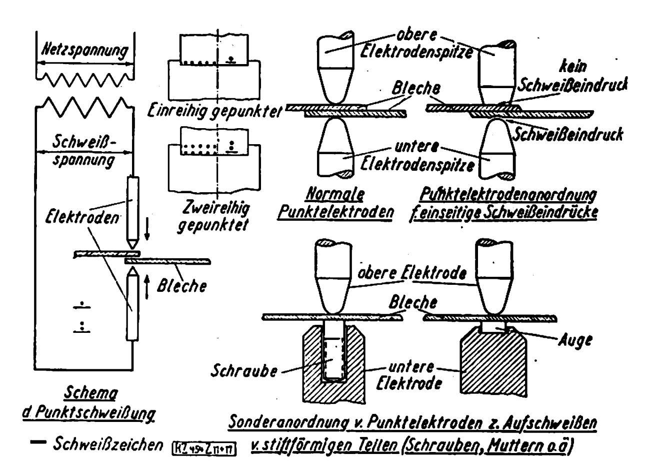


Abb. 11 bis 17
Elektrische Punktschweißung

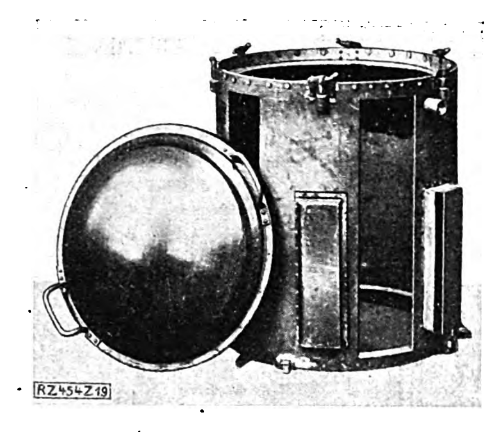


Abb. 19
Mittels Punktschweißung hergestelltes Scheinwerfergehäuse

Blechgeschirre und Gehäuse einfacherer Formen werden nach diesem Verfahren geschweißt, wobei man viel an Blechabfällen erspart. Dünne Bleche kann man statt überlappt auch stumpf schweißen; die Naht entsteht durch ganz geringe Überlappung der Bleche unter dem Einfluß des Rollendruckes; nach vollzogener Schweißung entsteht eine fast ebene Oberfläche.

Bedingung für dichte Nähte ist, daß die Bleche an der Verbindungsstelle blank sind. Dies kann man durch Abschmirgeln oder Sandstrahlgebläse erreichen. Die Blechersparnis bei der Nahtschweißung gegenüber dem Ziehverfahren zeigt Abb. 28.

Schmelzschweißung

Die wichtigsten Arten der Schmelzschweißung sind: die Gasschmelzschweißung, besonders in ihrer Form als Azetylen-Sauerstoff-Schweißung, und die Lichtbogenschweißung. In beiden Fällen beträgt die Temperatur der Schmelzflamme über 3000 °, und in beiden Fällen werden bei dickeren Blechen Zusatzstoffe zur Herstellung der Verbindung eingeschmolzen. Bei der Azetylen-Sauerstoff-Schweißung benutzt man neben dem Sauerstoff entweder in Geräten hergestelltes oder in besonders vorbereitete Flaschen eingepreßtes Gas, gelöstes Azetylen (Dissous-Gas). Im letzteren Falle kann man die Anlage überall schnell aufstellen. Außer Azetylen werden zur Zeit noch Wasserstoff (in Flaschen), verdampftes Benzol (Fernholz-Brenner), Leuchtgas und andere Stoffe verwendet.

Für Lichtbogenschweißung kann man sowohl Gleichstrom als Wechselstrom verwenden; man benutzt sie jedoch erst bei etwa 3 mm dicken Blechen, während man mit der Gasschmelzschweißung auch noch ganz dünne Bleche verschweißen kann.

Gute Schweißung vorausgesetzt, hat die Schweißnaht bei der Gasschmelzschweißung im ungehämmerten Zustand 60 bis 80 vH, im gehämmerten Zustand 80 bis 100 vH der Festigkeit des Bleches. Dabei hat die Schweißnaht noch eine verhältnismäßig gute Dehnung, weil der die Schweißflamme umgebende reduzierend wirkende Gasmantel Sauerstoff und Stickstoff der Luft von der Schmelze fernhält und weil die Schmelze verhältnismäßig langsam erstarrt. Die reduzierende Zone der Schmelzflamme zeigen Abb. 29 und 30.

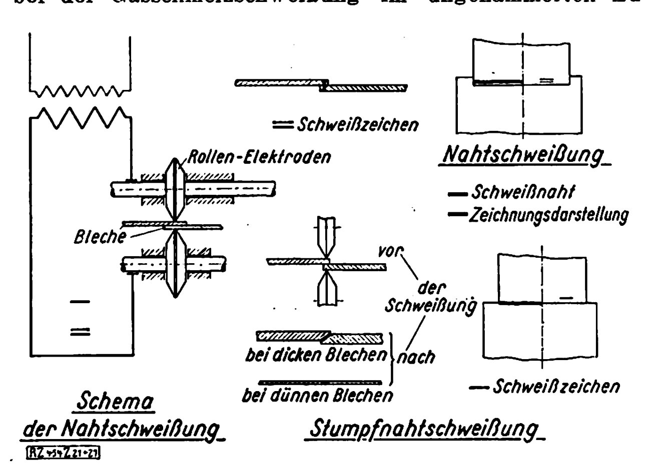


Abb. 21 bis 27
Elektrische Nahtschweißung

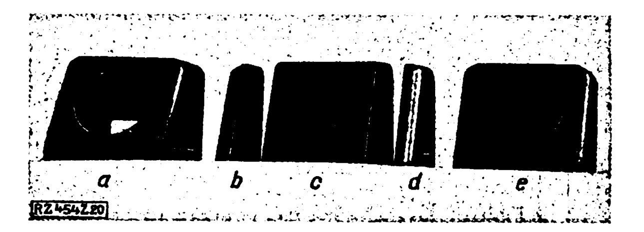


Abb. 20
Gezogenes und geschweißtes Gehäuse
a gezogen *b, c, d* Einzelteile, die zusammengepunktet werden
e zusammengepunktet

Mit der Lichtbogenschweißung kann man mit gewöhnlichen Elektroden bei Gleichstrom eine Festigkeit von 90 bis 100 vH erreichen, dagegen hat die Naht nur ganz geringe Dehnung, was erklärlich wird durch das außerordentlich rasche Erstarren des eingeschmolzenen Stoffes und durch die Aufnahme von Stickstoff und Sauerstoff aus der umgebenden Luft in die Schmelze. Ein Glühen und Hämmern derartig elektrisch geschweißter Nähte würde nur noch den ungünstigen Einfluß des aufgenommenen Stickstoffs erhöhen, soll also unterbleiben. Solche Nähte, die besonders auf Biegung beansprucht werden, stellt man heute vorzugsweise durch Gasschmelzschweißen her.

Wichtig für beide Schweißarten sind die eingeschmolzenen Zusatzstoffe, die man bei der Gasschmelzschweißung als Schweißdraht, bei der Lichtbogenschweißung als Elektrode bezeichnet; denn von diesen Zusatzstoffen, die bezüglich ihrer Zusammensetzung auf die zu

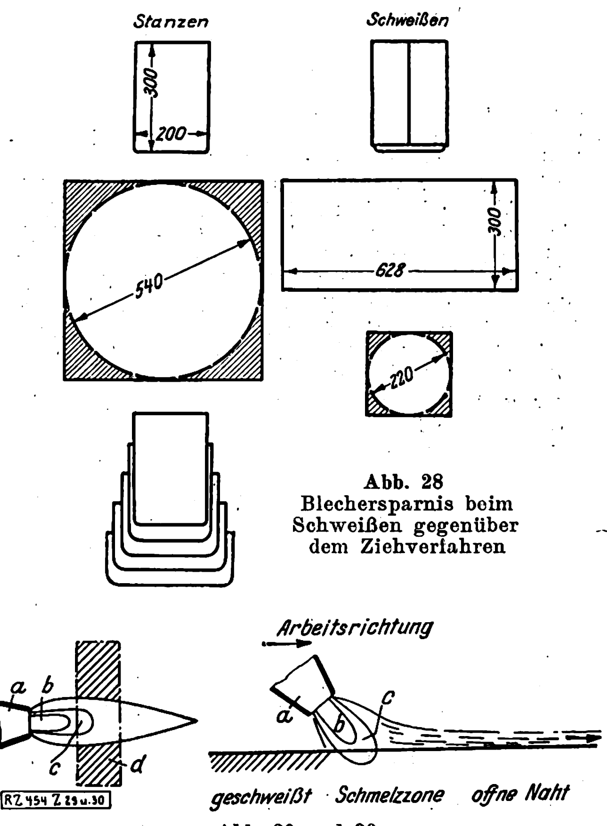


Abb. 28
Blechersparnis beim Schweißen gegenüber dem Ziehverfahren

Abb. 29 und 30
Azetylen-Sauerstoff-Schmelzflamme
a Brennerspitze *b* helleuchtender Flammenkegel
c reduzierende Flammenzone *d* Werkstoff

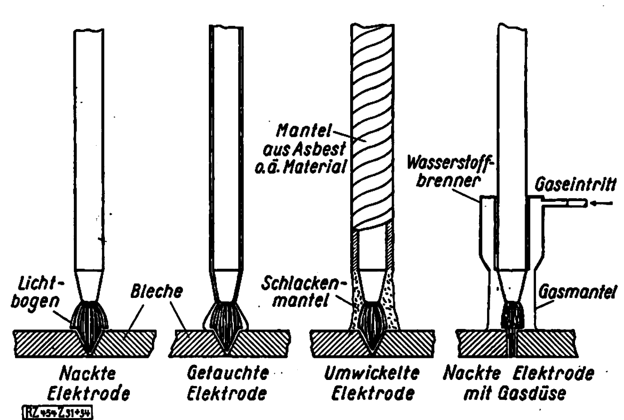


Abb. 31 bis 34
Lichtbogen mit nackten und umhüllten Elektroden

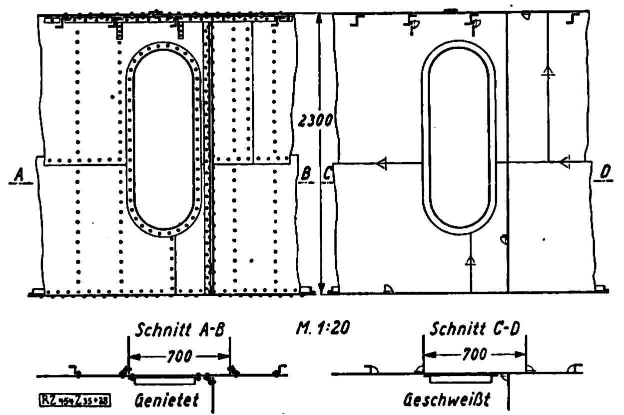


Abb. 35 bis 38
Leichtes Schott mit Tür. Gegenüberstellung von Nietung und Schweißung

verschweißenden Werkstoffe abgestimmt sein müssen, hängt das Gelingen einer brauchbaren Schweißung ab.

Man hat nun auch für die Lichtbogenschweißung eine Schutzhülle um die abtropfenden oder absprühenden Elektrodenstoffe zu schaffen gesucht. Man verwendet neben den sogenannten nackten Elektroden jetzt vielfach auch umhüllte Elektroden, die je nach ihrer Herstellung als getauchte und als umwickelte Elektroden bezeichnet werden, Abb. 31 bis 34. Die bei Bildung des Lichtbogens abschmelzende Umhüllung soll einen Gas- und Schlackenmantel um die absprühenden Elektrodenstoffe bilden und so das Eindringen von Luft und Stickstoff in die Schmelze verhindern. Außerdem sollen die auf die abgeschmolzenen Teile sich legenden flüssigen Schlacken die Erstarrung der Schmelze verzögern, und auch der Lichtbogen selbst soll durch den Mantel, insbesondere bei Wechselstrom, ruhiger geführt werden. Tatsächlich sind mit solchen Elektroden gute Dehnungen erreicht worden.

Neuerdings bildet man bei der AEG ein rein amerikanisches Verfahren aus[3]). Um die Elektrode herum erzeugt man einen Mantel aus Wasserstoff, wobei der Wasserstoff unter dem Einfluß des Lichtbogens in seine Atome zerlegt wird, Abb. 34; bei der Wiedervereinigung der Atome entsteht viel Wärme, so daß die Schmelze ähnlich wie bei der Gasschmelzschweißung fließt und dehnbare Nähte erreicht werden[4]).

Indem ich nun auf das Konstruktive übergehe, möchte ich zunächst auf die bei der Schmelzschweißung gebräuchlichen Verbindungsarten hinweisen, die in den deutschen Normenblättern DIN 1912, Blatt 1 bis 3, zusammengestellt sind. Der große Anwendungsbereich der

[3]) Z. Bd. 70 (1926) S. 758.

[4]) Es wurde ein von der Firma Thun & Brandt im Versuchsfeld für Schweißtechnik aufgenommener Film eines zwischen Werkstück und Elektrode arbeitenden Gleichstromlichtbogens unter 40facher Zeitdehnung gezeigt. Die sehr lebhafte Gas- und Dampfentwicklung der abschmelzenden Umhüllung war deutlich in ihrem Verlauf zu erkennen.

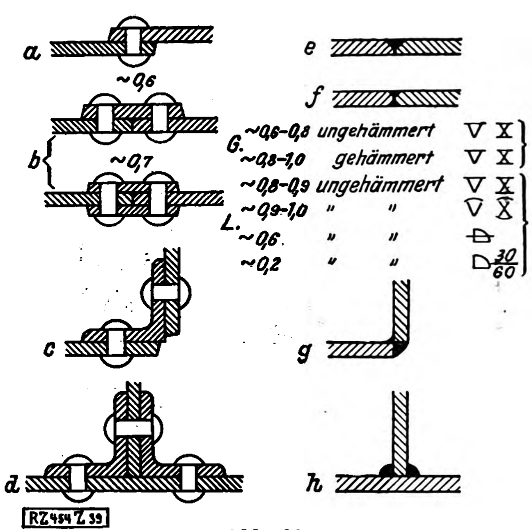


Abb. 39
Festigkeitsverhältnis der Verbindung zum vollen Blech

a überlappte Nietung
b Laschennietung
c Winkelvernietung
d T-förmige Vernietung
e, *f* Stumpfschweißung
g Winkelstoß
h T-Stoß

neueren Schweißverfahren hat es notwendig gemacht, bereits für die Konstruktionszeichnungen Kurzzeichen einzuführen, die in den Normenblättern enthalten sind. Abb. 37 und 38 zeigen ein Anwendungsbeispiel solch genormter Zeichen, gleichzeitig ist die Schweißung der Nietung gegenübergestellt, Abb. 35 bis 38.

Bezüglich des Einflusses der Schweißung auf die Gestaltung muß ich nochmals betonen, daß feststehende Formen noch nicht vorhanden sind und alles noch im Werden ist. Ich glaube aber am besten zum Ziele zu kommen, indem ich entsprechende kennzeichnende Beispiele und ihre Formgebung zeige, und zwar unter Verwendung der neuen Schweißverfahren an Stelle von Nieten, von Flanschen und von Gußstücken sowie bei der Ausbesserung und Instandhaltung.

An Stelle der Vernietung

Bei der Vernietung tritt an Stelle der überlappten und Laschennietung *a* und *b*, Abb. 39, der Stumpfstoß *e* oder *f*, an Stelle der Winkelvernietung *c* der Winkelstoß *g* und an Stelle der T-förmigen Verbindung *d* der T-Stoß *h*. Besonders eingehende Erfahrungen liegen aus dem Schiffbau vor[5]). Gegenüber der Vernietung treten hier bei Verwendung der Lichtbogenschweißung durch Ersparnis an Arbeit und Gewicht der überlappten Teile Gesamtersparnisse von 60 bis 70 vH bei mittleren und 30 bis

[5]) Z. Bd. 68 (1924) S. 740, 1276, Bd. 69 (1925) S. 605.

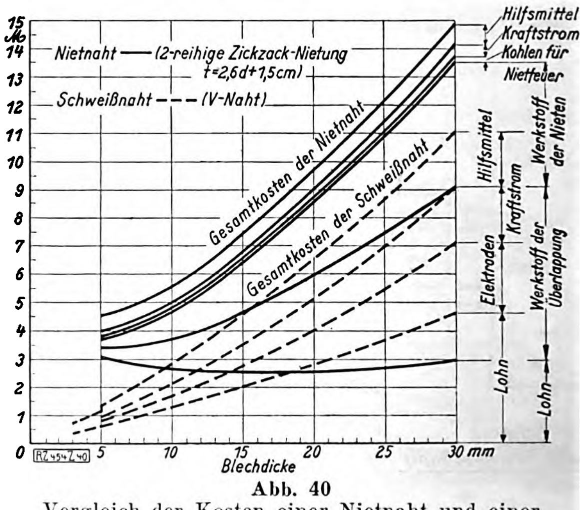


Abb. 40
Vergleich der Kosten einer Nietnaht und einer Schweißnaht

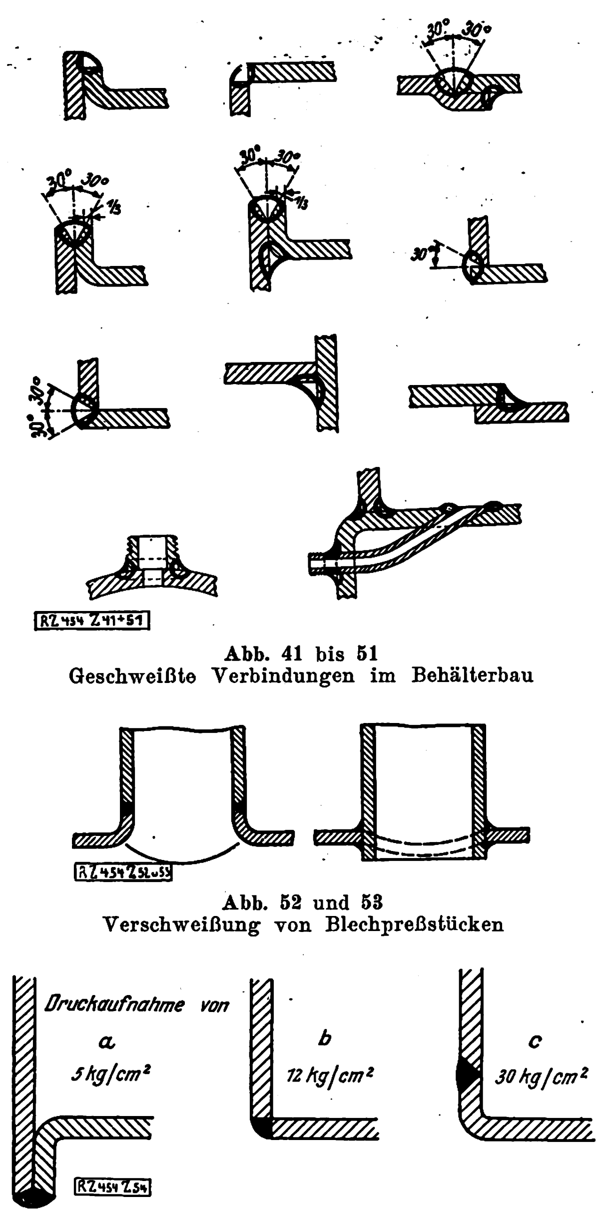


Abb. 41 bis 51
Geschweißte Verbindungen im Behälterbau

Abb. 52 und 53
Verschweißung von Blechpreßstücken

Abb. 54
Eckschweißungen an Ölbehältern

40 vH bei dickeren Blechen ein. In Abb. 40 sind die Kosten einer Schweißnaht und einer zweireihigen Zickzacknietung für 1 m Länge verglichen[6]). Hiernach verhalten sich z. B. die Kosten von Schweiß- und Nietnaht bei 15 mm Blechdicke wie 100 : 170.

Vielseitig kann man geschweißte Verbindungen besonders im Behälterbau[7]) ausführen, Abb. 41 bis 51. Hierbei werden die Schweißnähte am haltbarsten sein, wenn sie möglichst wenig auf Biegung beansprucht werden. Man wird also Anordnungen namentlich der jetzt oft verwen-

[6]) Strelow, „Maschinenbau" Bd. 6 (1927) S. 549 u. f.
[7]) Vergl. Höhn, Z. Bd. 70 (1926) S. 117 u. f.

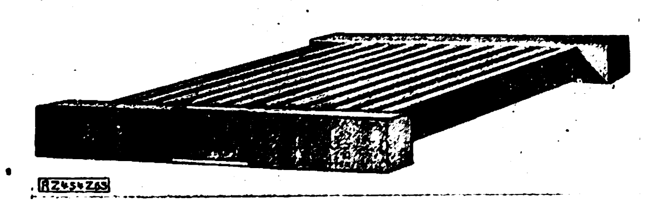


Abb. 65
Geschweißter Hohlrost

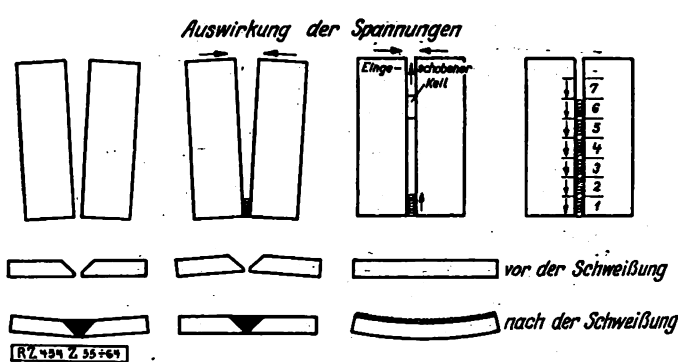


Abb. 55 bis 64
Auswirkungen von Spannungen

deten Verschweißung von Blechpreßstücken zum ganzen Stück zweckmäßig so treffen, daß die Schweißnaht mit der neutralen Faser zusammenfällt, oder auf Zug statt auf Biegung beansprucht wird, Abb. 52 und 53. Bei drei Eckschweißungen an Ölbehältern, Abb. 54 a bis c, die vergleichsweise vorgenommen waren, hielt die auf reinen Zug beanspruchte Naht, Abb. 54 c, am besten.

Die Schmelzschweißung kann durch die beim Schweißen auftretenden Spannungen, die natürlich um so größer werden, je stärker und länger die Schweißstelle erhitzt wird, stark beeinflußt werden. Die Lichtbogenschweißung, bei der ein sofortiges Erstarren nach dem Schweißen eintritt, ist daher der Gasschmelzschweißung überlegen. Einige Auswirkungen von Spannungen und wie man ihnen begegnen kann, zeigen Abb. 55 bis 64. Die Spannungen möglichst gering zu halten — ganz aufheben kann man sie meistens nicht —, ist Aufgabe des guten Schweißers und des überwachenden Betriebleiters. Man wird so schweißen müssen, daß sich der Werkstoff möglichst von selbst ausdehnen und zusammenziehen kann, und daß ferner die Wärme an keiner Stelle zu lange einwirkt. Besonders beim Lichtbogenschweißen läßt sich dies durch Schweißen kleiner Längen nacheinander immer an verschiedenen Stellen erreichen, so daß das ganze Stück nirgends mehr als handwarm wird. Auch ist das Werkstück so zu konstruieren, daß man möglichst bequem an die Schweißstellen herankommen kann.

Der Hohlrost, Abb. 65, ist durch Einschweißen der dreieckigen Rohre in das viereckige Querrohr hergestellt. Um gute Zugänglichkeit zu den Schweißstellen zu haben,

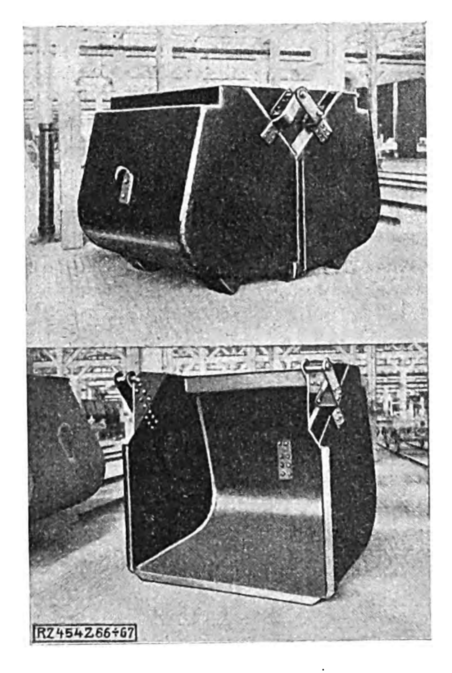


Abb. 66 und 67
Geschweißte Kohlengreifer

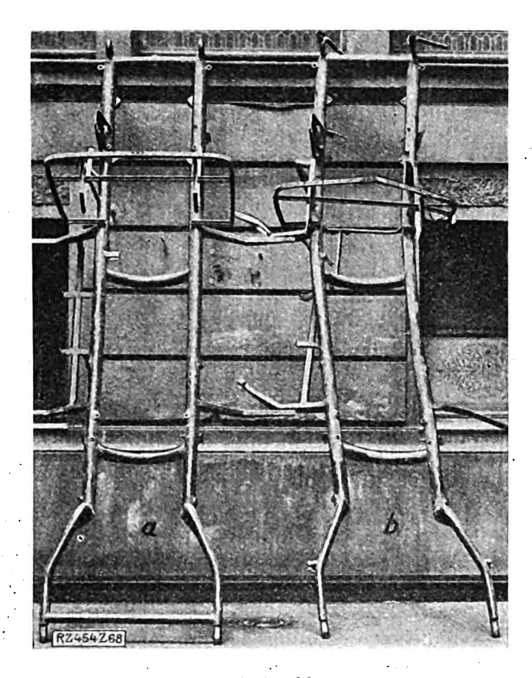


Abb. 68
Aus Eisenrohren von 70 mm Dmr. zusammengeschweißter Kraftwagenrahmen von 3,5 m Länge
a vor, *b* nach einem Anprall des Kraftwagens mit 80 km/h an einen Baum

ist das viereckige Querrohr aus einem U-förmig gebogenen Blech hergestellt, auf das erst nach Anschweißen der Rohre der Deckel aufgeschweißt wird. Die Schweißung erhöht auch oft infolge glatterer Form die Lebensdauer des Stückes und Schonung des Inhaltes. So stellt die Firma Fried. Krupp A.-G. jetzt Kohlengreifer gasgeschweißt, Abb. 66 und 67, statt winkelvernietet her. Die Abmessungen betragen rd. 3, 2 und 2 m, der Inhalt rd. 9,6 m³. Schonung der Kohlen und geringere Rostung sind die Folge.

Große Transformatorenkasten aus 7 mm dickem Blech hat man ohne nennenswerte Wärmespannung zusammengeschweißt, die Nähte dichten gegen warmes Mineralöl gut ab.

Einen 3½ m langen, aus Eisenrohren von 70 mm Dmr. zusammengeschweißten Kraftwagenrahmen, Bauart Dr. Sablatnik, zeigt Abb. 68 a. Eine größere Anzahl mit derartigen Rahmen ausgestattete Kraftwagen sind seit längerer Zeit in Berlin in Betrieb. Die Rohre sind lediglich aneinandergepaßt und durch Gasschmelzschweißung verbunden. Bei einem Kraftwagenunglück wurde solch ein Rahmen bei 80 km/h Geschwindigkeit gegen einen Baum geschleudert und stark verbogen. Aber keine der Rohrschweißstellen des Rahmens hat auch nur geringste Beschädigung dabei erlitten. Die Verbiegungen sind von den zwischen den Schweißstellen liegenden Teilen aufgenommen worden, Abb. 68 b. Diese Erfahrung hat man wiederholt bei Zusammenstößen geschweißter Teile gemacht. So z. B. beim Zusammenstoß einer vollständig elektrisch geschweißten Schute von etwa 60 B.-R.-T. mit einem Dampfer von 600 B.-R.-T., wobei aber nicht die Schute, sondern der genietete Dampfer zu Schaden kam.

Ähnliches ereignete sich bei dem Zusammenbau von geschweißten großen Turbinenrohren, die infolge Bruch des Seilförderwagens von dem oben am Berg gelegenen Wasserschloß weit ins Tal hinabkollerten und dort wohl außerordentlich stark verbeult, aber ohne Risse in den

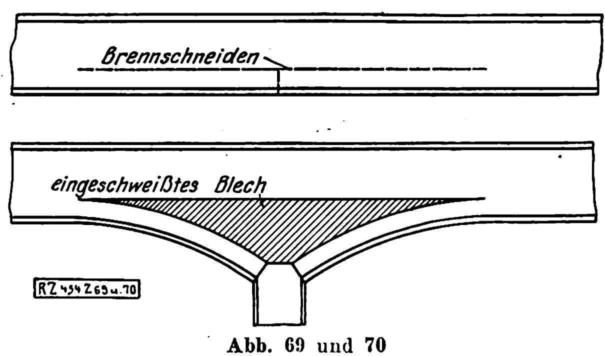


Abb. 69 und 70
Formgebung durch Brennschneiden und Schweißen

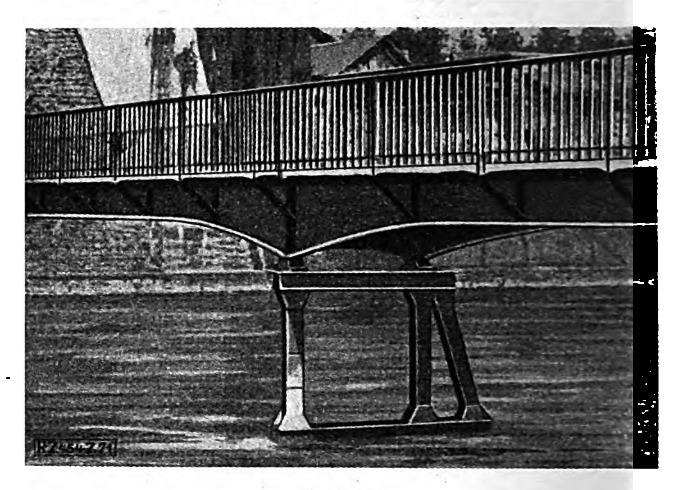


Abb. 71
Verschweißung von Brückenträgern



Abb. 72
Aufbau eines Speichers für Aluminium von 5200 m³ Inhalt mittels elektrischer Schweißung

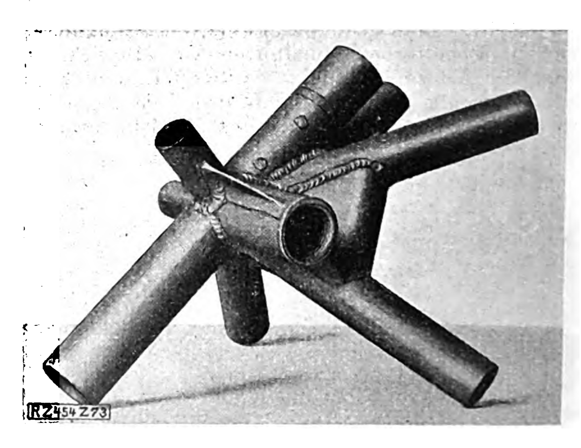


Abb. 73
Aus Stahlrohren geschweißter Knotenpunkt



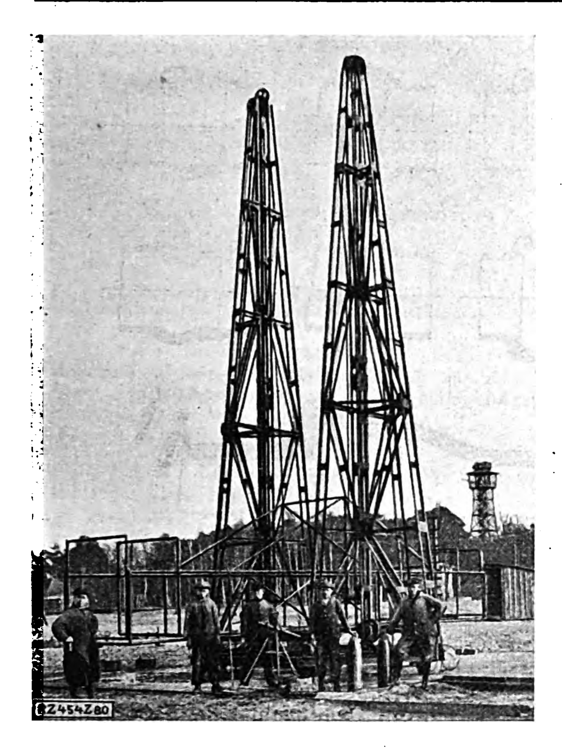
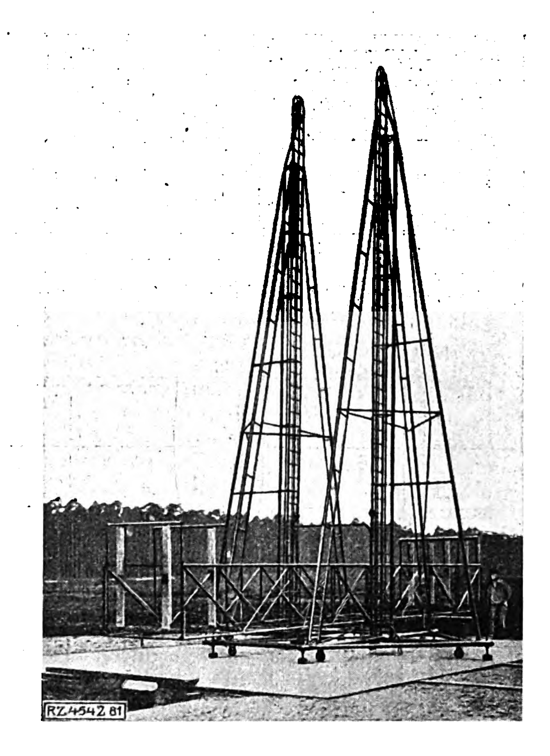


Abb. 80 (links)
12 m hohe Eisentürme, aus vernietetem Profileisen hergestellt

Abb. 81 (rechts)
Dieselben Türme, aus wesentlich leichteren Rohren zusammengeschweißt



Schweißnähten ankamen. Die Schweißnaht, besonders die elektrische, wirkt also wie eine Versteifung, etwa wie ein aufgenietetes T-Eisen, so daß die schwache Stelle immer jenseits der Nahtmitte liegt.

Vernietung im Eisenhochbau

Die Verschweißung an Stelle der Vernietung im Eisenhochbau[8]) wird in Deutschland im Gegensatz zu Amerika, Frankreich, Belgien, Schweiz, nech sehr wenig angewendet.

Man kann z. B. mittels des Schneidbrenners auch bei großen Profilträgern Formgestaltungen vornehmen, Abb. 69 und 70. Eine solche Gestaltung, im Brückenbau angewendet, zeigt Abb. 71. Abb. 72 zeigt einen großen Silo für Aluminium von 5200 m³ Inhalt im Aufbau durch elektrische Schweißung von oben nach unten fortschreitend. Die Arbeiter bleiben stets während des Zusammenbaues in gleicher Höhe.

Flugzeugbau

Auch im Flugzeugbau wendet man besonders die Gasschmelzschweißung weitgehend an[9]). Viele Teile stellt man durch Verschweißen von Stahlrohren her. Die Knotenpunkte von Rohren, Abb. 73, entstehen dadurch, daß man die geschlitzten Rohre über ein Knotenblech schiebt, Abb. 74 bis 76, oder die Rohre durch sattelförmige Zwischenstücke versteift, Abb. 77 bis 79. Auch Augen und Ösen an Rohrenden werden angeschweißt. Solche Rohrverbindungen, gegebenenfalls noch ineinandergesteckt und durch Schweißen verbunden, haben eine große Starrheit.

Ich glaube, man wird gestützt auf die Erfahrungen aus dem Flugzeugbau und dem noch zu besprechenden Rohrleitungsbau, bald schon zu einer recht nützlichen Anwendung geschweißter Rohrverbindungen auch im Eisenhochbau kommen; denn die Eigenschaften des Rohres, nach allen Richtungen hin gleichmäßige Knickfestigkeit bei verhältnismäßig geringem Gewicht zu haben, ist für den Eisenhochbau besonders wertvoll. Ansätze sind hier bereits vorhanden. Die beiden 12 m hohen Eisentürme, Abb. 80, sind nach der bisherigen Art durch Profileisen-Vernietung hergestellt, die zwischen beiden aufziehbare 10 m lange Brücke jedoch ist bereits aus Rohren geschweißt, wobei schon eine erhebliche Gewichtverminderung erreicht wurde. Abb. 81 zeigt denselben Doppelturm in der endgültigen Form, aus wesentlich leichteren Rohren zusammengeschweißt.

[8]) Z. Bd. 71 (1927) S. 289. Vergl. „Schweißtechnik", Berlin 1926, VDI-Verlag. S. 21. [9]) „Schweißtechnik" S. 35.

An Stelle der Verflanschung

Bei der Anwendung der Schweißung an Stelle der Verflanschung hat man für Rohrverbindungen neue Wege geschaffen, und man wird bald den Flansch wohl nur noch da verwenden, wo Formstücke, Ventile und dergl. eingebaut oder große Längen unterteilt werden müssen. Man kann wohl behaupten, daß für die im Rohrleitungsbau zunehmenden Drücke die Schweißung als ein willkommener Helfer gekommen ist.

Bei Hochdruck-Flanschverbindungen für Dampfrohre von mehr als 100 mm Dmr. und Drücke von 35 at und mehr bei einer Überhitzung von 425°, Abb. 82 und 83, wendet man die sonst übliche Sicherheitsvernietung des Flansches mit dem Rohr nicht mehr an. Das Rohr ist lediglich zur Längenfestlegung leicht auf den Flansch aufgewalzt. Der über die Flanschnut vorstehende Rohrrand wird mit dem Schweißbrenner warm gemacht und umgebördelt und dann verschweißt. Die Röhren für Fernleitungen, insbesondere für Gas, wird man mit Rücksicht auf die an den Muffen oder Flanschen auftretenden Undichtigkeiten verschweißen. Solche geschweißte Fernleitungen kann man in beträchtlich langen Strängen über dem nur ganz schmal ausgehobenen Graben zusammenschweißen und auf Dichtigkeit prüfen, so daß man mit geringen Erdaushebungen auskommt. Durch Prüfung mit Druck-

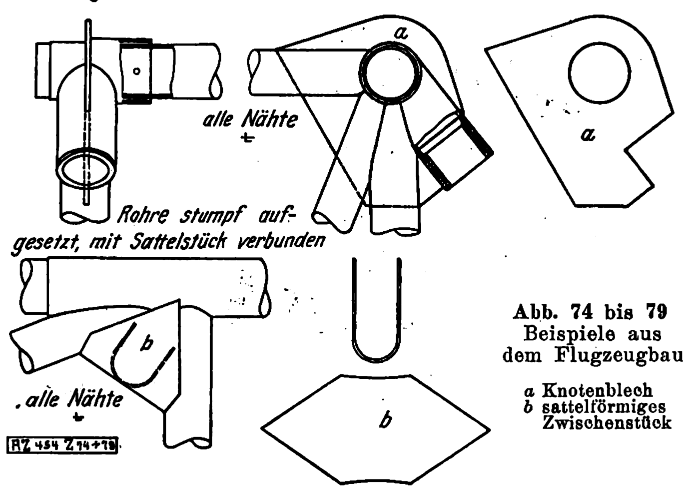


Abb. 74 bis 79 Beispiele aus dem Flugzeugbau

a Knotenblech
b sattelförmiges Zwischenstück

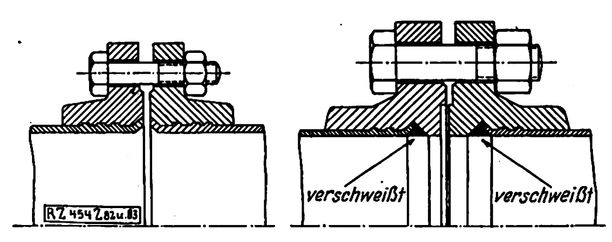


Abb. 82 und 83
Rohrverbindung für hohen Druck

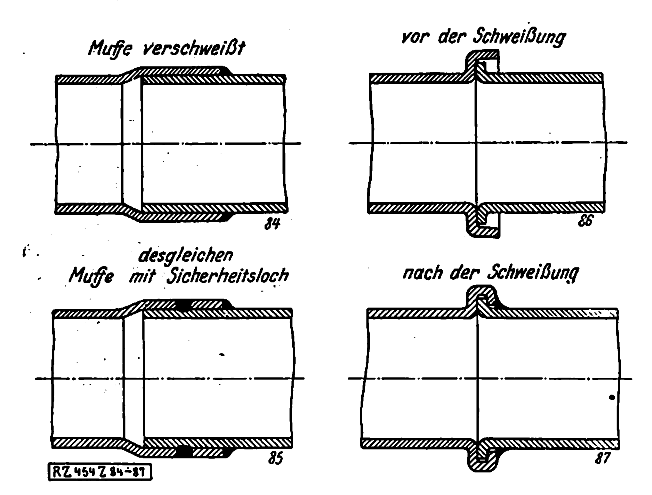


Abb. 84 bis 87
Rohrverbindungen

luft und Abpinseln der Schweißstellen mit Seifenwasser findet man sofort die fehlerhaften Stellen.

Bei der Stumpfnahtschweißung, die in der Regel bis zu 10 at, oft aber für wesentlich höhere Drücke angewendet wird[10]), kann der Einschweißwerkstoff durch die Fuge sickern und in Form sogenannter Schweißbärte, besonders bei kleinen Durchmessern, den Rohrquerschnitt verengen. Die Gefahr beseitigt man durch einen zwischen die Rohre an der Verbindungsstelle eingelegten und mit den Rohrenden verschweißten dachförmigen Zwischenring.

Zweckmäßige Rohrverbindungen zeigen Abb. 84 bis 95. Durch die Muffe wird das Rohr zentriert, durch die Kehlschweißung am Muffenrand die Dichtigkeit erreicht, Abb 84. Gegebenenfalls kann man durch sogenannte Lochschweißung eine Sicherung gegen Zug

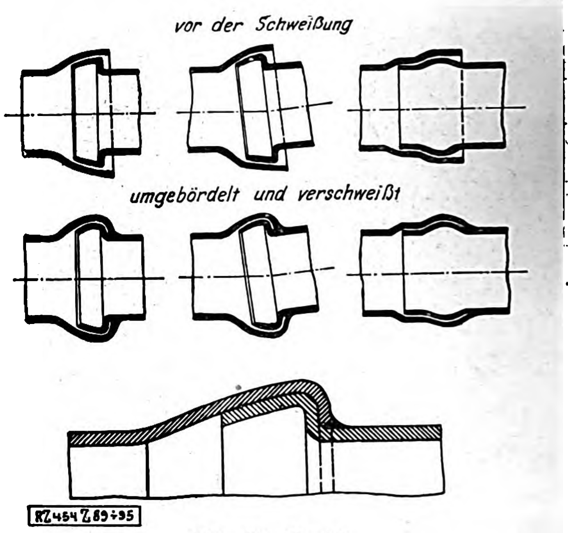


Abb. 89 bis 95
Rohrverbindungen vor und nach dem Schweißen

und Druck erreichen, Abb. 85. Bei Röhren größeren Durchmessers erwärmt man den überstehenden Muffenrand mit dem Schweißbrenner, bördelt ihn um und verschweißt ihn, wodurch volle Entlastung der Schweißnaht eintritt, Abb. 86 bis 88. Ähnliche Rohrverbindungen zeigen Abb. 89 bis 95; man kann noch eine Richtungsänderung der Rohre bis etwa 5° vornehmen.

Die Muffenschweißungen haben große Festigkeit und Dichtigkeit, wie Versuche im Versuchsfeld für Schweißtechnik der Technischen Hochschule, Charlottenburg, ergeben haben. Ein solches Muffenrohr von 100 mm l. W. und 4 mm Wanddicke riß erst bei 250 at im gesunden Werkstoff in der Muffe beginnend auf.

Die Benutzung des Schweißbrenners nicht nur zum Schweißen, sondern auch zum Erwärmen zwecks Formänderung erweist sich auch sonst bei der Verlegung als sehr nützlich. So können z. B. Rohrleitungen kleineren Durchmessers bequem den Geländeerfordernissen entsprechend geformt werden.

Bei größeren Rohrleitungen, wo es auf die Güte der Schweißung besonders ankommt, empfiehlt es sich, rücksichtslos von Zeit zu Zeit irgendwo Stücke der Schweißung mit dem Brenner herauszuschneiden, um sich selbst oder den Schweißer durch Schliffbilder der untersuchten Stelle von der Güte oder Unbrauchbarkeit seiner Arbeit

[10]) Bei einer Hochdruck-Versuchsanlage von Prof. Dr. Löffler, sind seit etwa zwei Jahren durch V-Naht verschweißte Rohrschlangen anstandlos im Betrieb, die bei 50 bis 70 mm l. W. und 10 mm Wanddicke dauernd mit 80 bis 100 at bei etwa 500°C Ueberhitzung beansprucht werden. Der Prüfdruck betrug 200 at.



Abb. 88
Muffenkehlschweißung für Wasserleitungsröhren von 600 mm l. W.

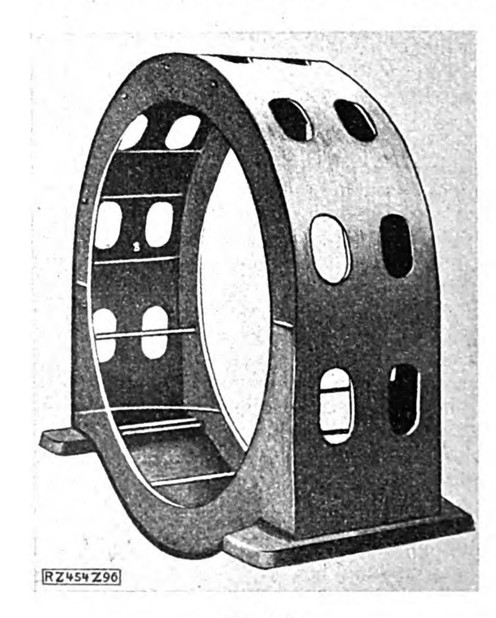


Abb. 96
Geschweißtes Dynamogehäuse von 3 m Dmr.



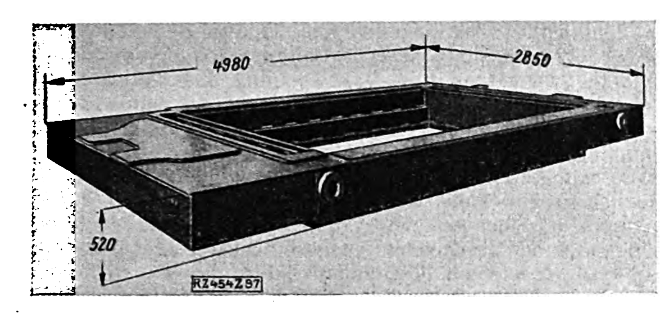


Abb. 97
Fundamentrahmen von 5, 3 und 0,5 m, aus 12 bis 20 mm dicken Flußstahlplatten mittels Lichtbogenschweißung hergestellt

zu überzeugen. Ein nachträgliches Wiedereinschweißen des betreffenden Stückes oder eines Ersatzstückes beseitigt rasch den Schaden.

An Stelle von Gußstücken

Ich komme nun zu der Schweißung an Stelle von Verwendung von Gußstücken. Es ist verlockend, statt des spröden Gußeisens den homogenen, wesentlich festeren und leichteren Flußstahl zu verwenden.

Man hat z. B. ein Dynamogehäuse von 3 m Dmr., Abb. 96, durch Schweißen und Brennschneiden hergestellt; es wiegt wesentlich weniger als das bisher verwendete Gußgehäuse. Einen ganz wesentlichen Fortschritt wegen seiner Größe zeigt der Fundamentrahmen von rd. 5, 3 und 0,5 m, Abb. 97, der ganz aus 12 bis 20 mm dicken Flußstahlplatten mittels Lichtbogenschweißung hergestellt ist. Durch Einschweißen von Querstücken kann die Starrheit beliebig groß gemacht werden.

Die Unterlagen für Abb. 98 verdanke ich der Freundlichkeit der AEG, deren Arbeiten ich als eine fortschrittliche Tat bezeichnen möchte. Die bisherige Formgebung großer verwickelter Stücke durch Gießen ist vollständig verlassen worden; das Werkstück ist vielmehr durch Zusammenschweißen von Flußstahlblechen, also unmittelbar nach der Zeichnung aufgebaut worden, genau so, wie der Tischler das Modell nach der Zeichnung herstellt. Das bisherige Gußgewicht in Höhe von 11 000 kg konnte auf etwa 6000 kg bei dem Schweißstück vermindert werden. Außer dieser Gewichtersparnis sind noch die Kosten des verwickelten Modells, sowie die Kosten für Hin- und Rückfracht des Modelles und des Abgusses erspart worden, und vor allem auch die Wartezeit für die Fertigung des Modells und des Abgusses. So konnten trotz der erheblichen Schweißerlöhne schon bei der Anfertigung des ersten Stückes Ersparnisse erreicht werden; zur Zeit soll sich eine Reihe von 20 Stück gegen Stücklohn in Arbeit befinden.

Ich glaube bestimmt, daß diese Art der Fertigung unmittelbar nach der Zeichnung wegen der Ersparnisse sehr bald ganz wesentlich an Umfang gewinnen wird, und glaube nicht zu viel zu behaupten, wenn ich sage, daß allmählich eine Verringerung der Gußerzeugnisse zugunsten einer Vermehrung der Walzerzeugnisse eintreten wird.

Wiederherstellung und Instandhaltung einzelner Teile

Bei der Anwendung der Schweißung zur Wiederherstellung und Instandhaltung von einzelnen Teilen handelt es sich weniger um den Einfluß auf die konstruktive Gestaltung, als vielmehr um die Erhaltung von Werten. Zur Ausbesserung kommen meist gebrochene gußeiserne Stücke; es darf behauptet werden, daß man in den meisten Fällen die einzelnen Teile einwandfrei durch Gußeisenschweißung wieder instandsetzen kann, doch sollte man hierzu nur erfahrene, gewährleistende Fachfirmen hinzuziehen, wenn es sich um größere und teure Stücke handelt, nicht aber sollte man aus falschem Ehrgeiz ohne die nötigen Erfahrungen selbst an solche Ausbesserungen herangehen.

Handelt es sich um kleinere Ausbesserungen an Gußstücken, so können sie häufig durch Kaltschweißung, d. h. ohne das Stück teilweise oder ganz zu erwärmen, ausgeführt werden; hierbei wendet man häufig die Lichtbogenschweißung an, weil dabei verhältnismäßig wenig Spannungen im Werkstoff erzeugt werden.

Wendet man die Warmschweißung an, wobei das ganze Werkstück gleichmäßig erhitzt wird, so werden die Spannungen am besten vermieden. Entsprechende Einbau- und Anwärmvorrichtungen sind dann notwendig.

Ich glaube, daß auch die Ausbesserschweißungen noch weit mehr angewendet werden könnten als bisher. Wenn man über die Ablagerplätze der Gas- und Wasserwerke, großer Maschinenfabriken, Bergbaubetriebe u. a. schreitet, wundert man sich oft, was alles zum Schrott geworfen wird. Verhältnismäßig viel Werte könnten erhalten und Kapital erspart werden, das jetzt für Neuanschaffungen ausgegeben wird; denn im allgemeinen betragen die Kosten solcher Schweißungen je nach Form und Größe der Stücke nur rd. 10 bis 30 vH des Neuanschaffungswertes, ganz abgesehen von der wesentlichen Verkürzung des etwaigen Betriebstillstandes.

Ausgezeichnetes hat in dieser Hinsicht die Reichsbahn, besonders in ihrem Eisenbahnwerk Wittenberge, geleistet, wo man in vorbildlicher Weise gebrochene Gußstücke, hauptsächlich Lokomotivzylinder, wieder instandsetzt.

In den amerikanischen Häfen lagen bei Ausbruch des Weltkrieges 103 Dampfer von 6000 bis 54 000 t, von denen 20 durch die Besatzung für die Fahrt dadurch unbrauchbar gemacht wurden, daß man besonders die gußeisernen Zylinder zerstörte. Durch Lichtbogenschweißung wurden die Zylinder, ihre Zahl betrug 70, in kurzer Zeit ohne Ausbau instandgesetzt. Nach 5½ Monaten waren die Schiffe wieder fahrbereit.

Auftragschweißung

Durch die Schmelzschweißung in ihrer Form als Auftragschweißung wird die konstruktive Ausbildung, besonders aber auch die Wirtschaftlichkeit, wesentlich beeinflußt. Durch die Auftragschweißung können alle die Stücke betriebfähig erhalten werden, die bisher bei Eintritt übermäßigen Verschleißes beiseite geworfen und durch neue ersetzt wurden.

Das sehr plötzliche Erstarren der Schmelze bei der Lichtbogenschweißung in Verbindung mit einem entsprechend zusammengesetzten Elektrodenwerkstoff gibt dem aufgetragenen Schweißgut eine hohe Verschleißfestigkeit. Infolgedessen braucht man jetzt Stücke, die bisher mit Rücksicht auf den Verschleiß entweder durchweg aus hochwertigen Werkstoffen gefertigt wurden oder bei gewöhnlichen Werkstoffen sehr dick bemessen wurden, jetzt nur noch so dick zu bemessen, wie es die Beanspruchung, nicht aber der Verschleiß erfordert, besonders z. B. für Zapfen, Gleitflächen, Schienen, Spurkränze.

Bei stets wiederkehrenden, dem Verschleiß unterworfenen Teilen, insbesondere Rollen-, Spurkränzen und dergl., empfiehlt es sich, die Auftragschweißung durch geeignete Maschinen, Abb. 99, vorzunehmen. In Betrieben,

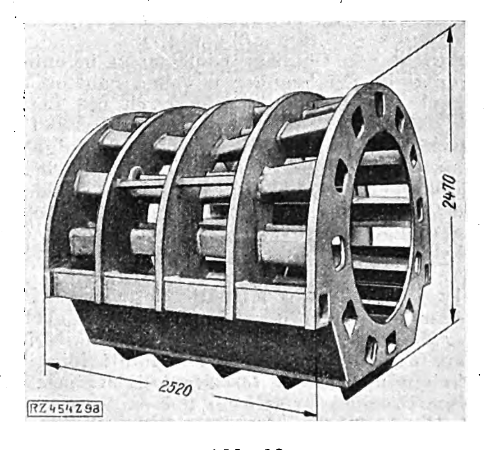


Abb. 98
Mittels Schweißung hergestelltes Dynamogehäuse



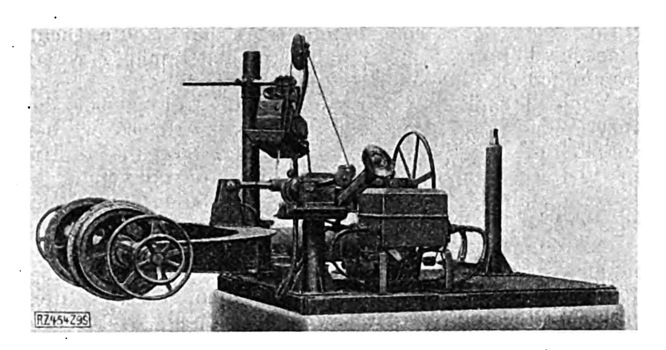


Abb. 99
Selbständige Maschine für Auftragschweißung auf Räderlaufflächen

in denen die arbeitenden und die beweglichen Teile durch Sand, Kohle, Staub und dergl. sehr stark dem Verschleiß unterworfen sind, machen sich solche Einrichtungen für Auftragschweißungen in Kürze bezahlt; es brauchen vor allem kaum mehr Ersatzteile auf Lager gehalten zu werden.

Man muß jedoch die Auftragschweißung so vornehmen, daß unzulässige Erwärmung vermieden wird; es können sonst beim Schrumpfen der aufgetragenen Schicht leicht Werkstoffrisse entstehen. Zielbewußte Wärmeableitung, sogar solche durch Spritzwasser, wirkt günstig; ebenso ist ununterbrochene und verteilte Schweißung von Nutzen.

Schlußbemerkungen

Die neueren Schweißverfahren haben auf die Fertigung und den Betrieb Einfluß gewonnen, einen Einfluß, der immer mehr wachsen wird. Hieraus ergibt sich aber auch die Pflicht, in die für die Fertigung maßgebenden Kreise, nämlich Konstrukteure, Betriebleiter und Schweißer, ein immer größeres Verständnis für diese Verfahren hineinzutragen; denn die Schweißung wird in dem Maße vorwärtsschreiten, in dem der Schweißer selbst zuverlässiger wird und in dem eine verständnisvollere Anwendung und Überwachung das Zutrauen zu der Schweißung vergrößern wird. Noch ist man nicht so weit, daß für den Schweißer, ebenso wie für den Schlosser, den Schmied, den Tischler usw. eine geordnete Ausbildung mit Abschlußprüfung verlangt wird, doch wird es in absehbarer Zeit dazu kommen. Inzwischen haben größere Firmen zur Selbsthilfe gegriffen und erziehen sich unter entsprechender Ausbildung ihre eigens für das Schweißerhandwerk bestimmten Lehrlinge zu tüchtigen Berufsschweißern. Auch die Reichsbahn bildet ihre Schweißer mustergültig aus.

An vielen Fachschulen und höheren Maschinenbauschulen bestehen seit geraumer Zeit Lehrgänge über Schweißtechnik für die dortigen Schüler. Von den Technischen Hochschulen hat als erste Charlottenburg vor 3½ Jahren ein Versuchsfeld für Schweißtechnik nebst entsprechenden Vorlesungen eingerichtet; vor 1½ Jahren ist Braunschweig nachgefolgt, an andern Hochschulen sind auch schon Bestrebungen in dieser Richtung im Gange. Es ist also wenigstens schon einem Teil der Studierenden an den Hochschulen Gelegenheit geboten, sich in diesem neuen Verfahren theoretisch und praktisch auszubilden.

Aber auch dem im Betriebe stehenden Ingenieur ist vielfach diese Möglichkeit geboten durch die von dem sehr rührigen Verband für autogene Metallbearbeitung in den meisten Industriezentren mehrmals im Jahre veranstalteten theoretischen und praktischen Kurse, die aber auch nur als Notbehelf zu betrachten sind. Wir haben heute in Deutschland noch viel zu wenig auf diesem neuen Gebiet bewanderte Betriebsingenieure; die wenigen, die fertig darin sind, sind zu zählen, aber die vielen Werdenden sind für solche Kurse bisher sehr dankbar gewesen, da sie durch diese befähigt wurden, in ihren Betrieben vieles mit besserem Verständnis und kritischer zu betrachten als bisher, und sich auch den Schweißern gegenüber sicherer fühlen konnten. [B 454]

Hochdruckdampf-Kraftanlagen

Eine sehr gut abgeschlossene Übersicht über den heutigen Stand der Krafterzeugung mittels hochgespannten Dampfes gaben die Vorträge, die am 29. September 1927 in der Mitgliederversammlung der Studienkommission für Hochdruckanlagen bei der Vereinigung der Elektrizitätswerke unter dem Vorsitz von Stadtrat Dr. Mayer, Stettin, gehalten wurden. Auf einen Bericht des Geschäftsführers über die gegenwärtige Richtung in der Weiterentwicklung von Hochdruckdampf-Kraftwerken im Auslande, namentlich in den Vereinigten Staaten, folgten Vorträge von Obering. Gleichmann über die Arbeiten nach dem Benson-Verfahren bei den Siemens-Schuckertwerken, von Prof. Dr. Löffler über den Stand der nach seinem Verfahren erbauten Anlagen, von Dir. Hartmann über die neuesten Arbeiten der Schmidtschen Heißdampf-Gesellschaft und von Dir. Pander über Dauerversuche an einem Atmos-Dampferzeuger.

Der Bericht von Obering. Gleichmann betonte namentlich die günstigen Erfahrungen mit dem Baustoff der Rohre für den Benson-Kessel; er wurde durch die Besichtigung des neuen stehenden Benson-Dampferzeugers für 30 t/h Dampfleistung bei 180 at und 425 ° am darauffolgenden Tage wirksam unterstützt. Dir. Dr. R. Werner betonte bei der Begrüßung der Gäste, daß man sich gerade von dem Benson-Verfahren eine wesentliche Verbilligung großer Kraftanlagen und gleichzeitig die Verbesserung der Wirtschaftlichkeit bis an die heute möglich scheinende Grenze verspreche.

Wie Prof. Dr. Löffler mitteilte, ist die 600 PS-Anlage mit stehender Einzylindermaschine in Floridsdorf bei Wien seit einiger Zeit mit vollem Erfolg im Betrieb. Die wesentlich größere Anlage in Witkowitz konnte infolge von Bauschwierigkeiten noch nicht fertiggestellt werden. Als besondern Vorteil seines Verfahrens hob der Vortragende hervor, daß die Umlaufpumpe, deren Kraftverbrauch bei höheren Drücken unwesentlich sei, nur gesättigten Dampf aus dem Dampferzeuger in den Überhitzer zu treiben habe, so daß die Heizfläche des Überhitzers niemals durch Kesselstein verunreinigt werde. Man kann daher zum Speisen der Anlage Wasser verwenden, das in der üblichen Weise chemisch gereinigt worden ist.

Dir. Hartmann wies u. a. auf die Vorteile des neuen Verfahrens der Schmidtschen Heißdampf-Gesellschaft mit mittelbarer Beheizung und auf die günstigen Ergebnisse der Versuche mit der nach diesem Verfahren umgebauten Schnellzuglokomotive bei der Deutschen Reichsbahn hin, über die wir bereits berichtet haben[1]). Die Schmidtsche Heißdampf-Gesellschaft habe zur Zeit eine Schiffsanlage für 65 at und eine ortfeste für 100 at in Auftrag. Die Versuche, über die Dir. Pander berichtete, hatten insofern ein bemerkenswertes Ergebnis, als sie die hohe Verdampfleistung der umlaufenden Glieder des Atmos-Kessels zum Ausdruck brachten. Nach den Berechnungen entfallen von der insgesamt umgesetzten Wärme 46 vH auf den Vorwärmer, 38,5 vH auf die Dampferzeuger und 15,5 vH auf den Überhitzer. Die Versuche sind ohne jede Störung verlaufen. An der Aussprache beteiligte sich auch der Erfinder des Kessels, Blomquist.

Zum Schluß sprach Prof. Dr. Loschge, München, über die möglichen Arbeitsmittel für Dampfkraftanlagen. Ein von ihm unter Zugrundelegung gleicher Grenzverhältnisse durchgerechneter Vergleich ergibt, daß man bei reinen Wasserdampfanlagen im äußersten Falle mit 39,9 vH, bei Anlagen, deren obere Temperaturstufe durch Diphenyloxyd ausgenutzt wird, 44,1 vH und bei Anlagen mit Quecksilber für die obere Temperaturstufe sogar 53 vH als thermodynamischen Wirkungsgrad erreichen kann. Der Vortrag und ein ausführlicherer Bericht über die Verhandlungen dieser Versammlung werden demnächst im „Archiv für Wärmewirtschaft und Dampfkesselwesen" veröffentlicht.

[N 883] H.

[1]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 1306 und Bd. 71 (1927) S. 1442.

Die Umstellung eines 50 Jahre alten Textilunternehmens auf fließende, zeitgemäß richtige Fertigung

Von G. Schlesinger, Charlottenburg

(Schluß von S. 1426)

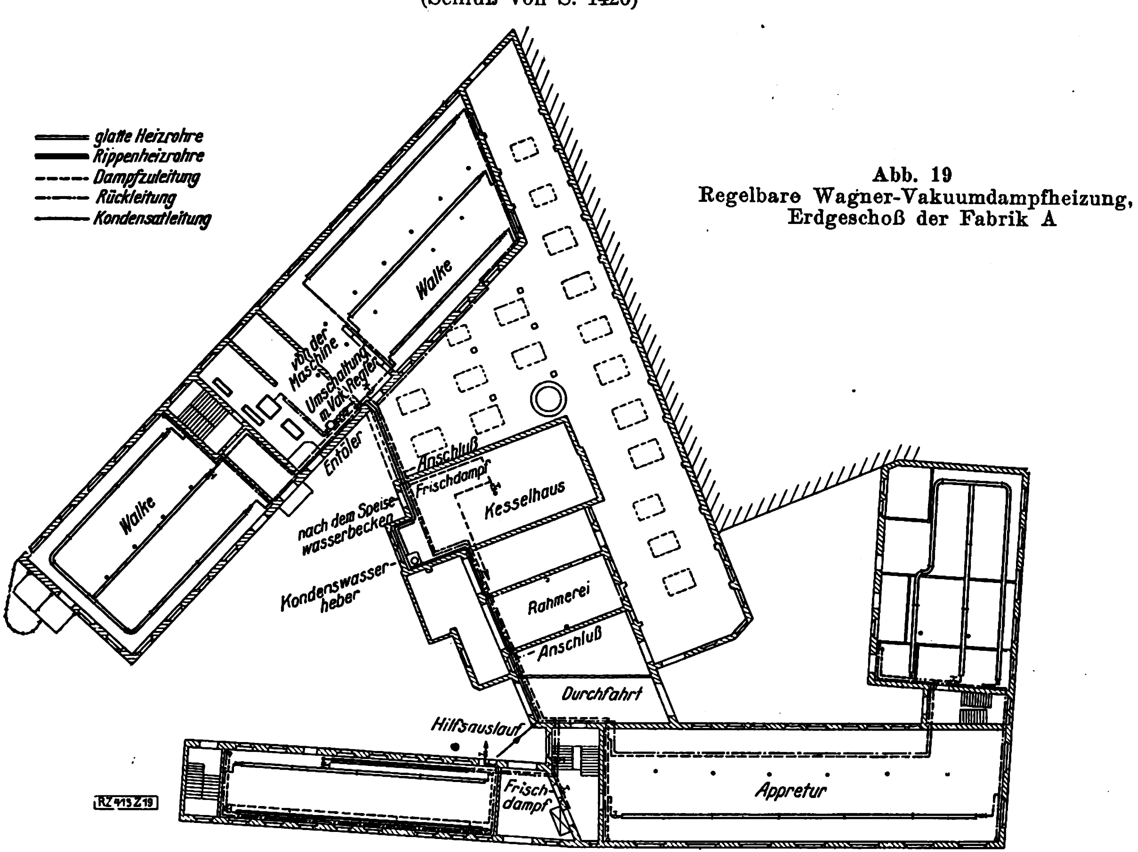


Abb. 19
Regelbare Wagner-Vakuumdampfheizung, Erdgeschoß der Fabrik A

Die Kraft- und Wärmewirtschaft

Die weite Entfernung der Fabriken A und B voneinander machte die Versorgung mit Kraft und Licht aus einem eigenen Betriebe unmöglich, da die Stadtverwaltung die Anlage eigener Versorgungskabel von A nach B nicht gestattet hätte und weil ferner die Verlegung eines solchen eigenen Kabels viel zu kostspielig geworden wäre. Also mußten beide Fabriken völlig gesondert voneinander behandelt werden.

Ist schon im Maschinenbau die Anpassung an die örtlichen Bedingungen wichtig — wenn auch in einer Maschinenfabrik der ganze Posten Licht und Kraft im Vergleich zu den übrigen Kostenstellen verhältnismäßig geringfügig ist —, so spielt eine sachgemäß angepaßte Kraft- und Wärmewirtschaft in einer Textilfabrik in wirtschaftlicher Beziehung geradezu eine entscheidende Rolle. Webstühle, Schär-, Zwirnmaschinen, Walken und Waschmaschinen, Reiß- und Krempelwölfe sowie Spinnmaschinen verbrauchen sehr viel Kraft; Trocknerei, Wäscherei, Färberei und Bleicherei verbrauchen dauernd viel Wärme; die zweckmäßige Verknüpfung beider ist daher ein zwingendes Gebot.

Da, wie oben geschildert, die Fabrik B im wesentlichen die Spinnerei enthält, einschließlich der Färberei, Karbonisation und Trocknerei, während die Fabrik A die Tuchfabrikation von der Schärmaschine bis zum appretierten Stück aufnehmen sollte, so läßt sich hier am besten nach diesen beiden Stellen trennen, die infolge ihrer Lage und ihrer vollkommen andersartigen Beschäftigungsweise gar nichts miteinander gemein haben.

Fabrik A:

In dieser Fabrik kommt für die Benutzung des Abdampfes nur die Winterzeit in Frage. Im Sommer ist für Abdampf zu Trocken-, Wasch- und Heizzwecken keine Verwendung. Im Winter müssen einmal die Bureauräume gut geheizt werden, dann aber ist es vor allem notwendig, die Temperatur in den Websälen gleichmäßig und ziemlich hoch zu halten, damit die Finger beim Andrehen der Fäden und Anschirren der Ketten genügend feinfühlig bleiben und durch gleichmäßige Raumtemperatur und Feuchtigkeit die Zahl der Fädenbrüche auf den Schärmaschinen und Webstühlen nicht zu hoch wird.

Zum Kraftbetriebe der Fabrik war eine etwa dreißig Jahre alte Kondensationsmaschine von 250 PS vorhanden, die in der Hauptsache mit Transmissionsantrieb, ferner durch einen verwickelten Winkelantrieb mit Kegelrädern die verzwickt liegenden Werkstätten (im wesentlichen Hochbauten, vgl. Abb. 6) mit Kraft versorgte. Nur für einen Teil der Fabrik, für den die Dampfmaschine ohnedies nicht ausreichte, wurde Gleichstrom mit 220 V dem städtischen Netz entnommen.

Infolge der Aufstockung der Fabrik und infolge der Hinzufügung eines Neubaues war eine erhebliche Anzahl von neuen Räumen hinzugekommen, für die eine Heizung überhaupt noch nicht vorhanden war. Die beiden Flammrohrkessel von 100 m² und 80 m² Heizfläche bei 12 at Betriebsdruck hätten unter den vorliegenden Verhältnissen nicht ausgereicht, um die vorhandene Hochdruck-Dampfheizung neben der Kondensationsmaschine mit Dampf zu versorgen. Da die Aufgabe der Neuorganisation erst Anfang September 1923 an mich herantrat, und die Notwendigkeit zu heizen schon Ende Oktober, also nur 6 bis 8 Wochen später, erfüllt werden mußte, so war die Aufgabe, sofort eine richtige Lösung zu finden, nicht einfach. Sie wurde in der Einrichtung einer Vakuumheizung (Abdampfheizung) gesehen, da eine Nachrechnung ergab, daß die Kondensationsdampfmenge bei normaler Belastung der Dampfmaschine mit 250 PS ausreichte, um sämtliche Werkstattgebäude mit Kondensdampf zu heizen.

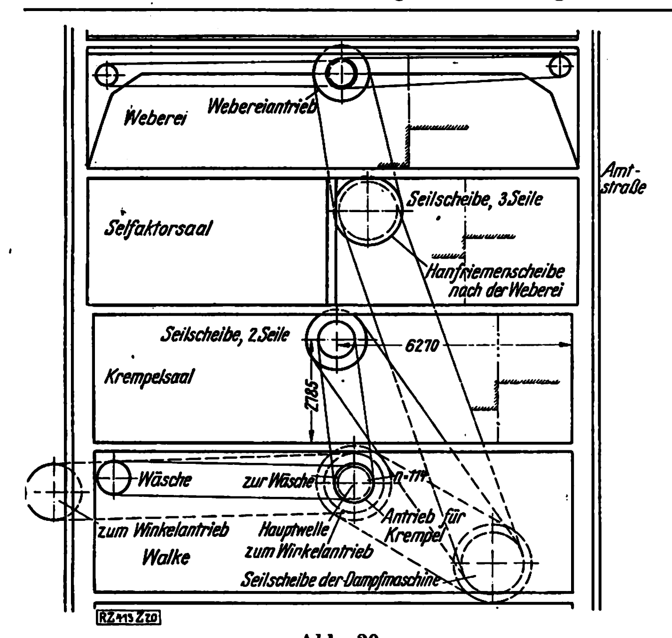
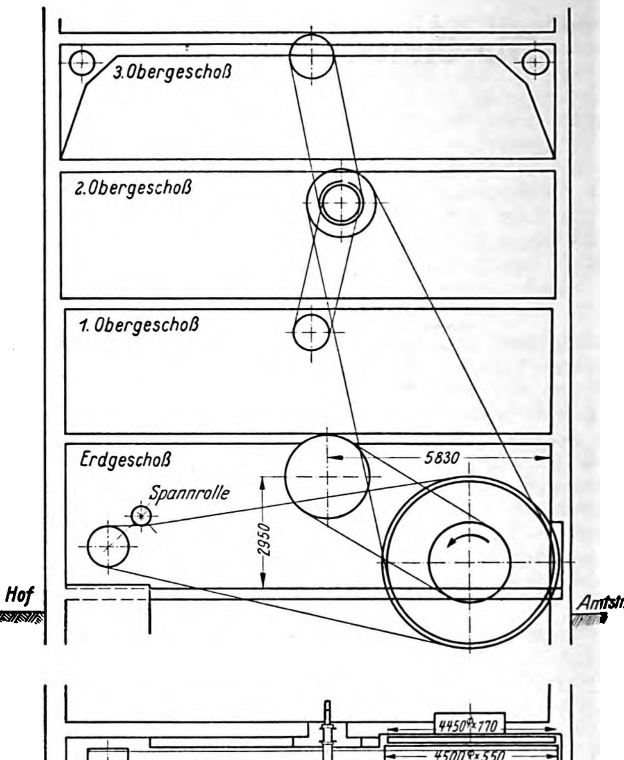


Abb. 20
Hauptantrieb im Gebäude 8 (Fabrik A) vor dem Umbau



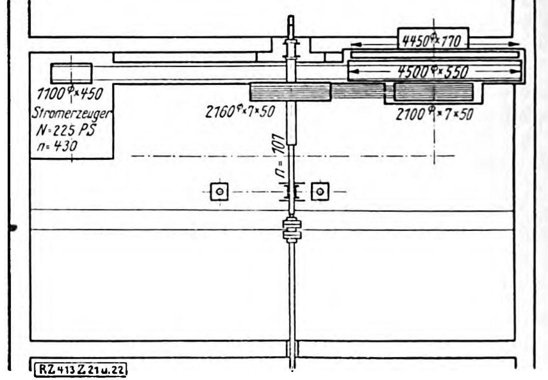


Abb. 21 und 22
Hauptantrieb im Gebäude 8 nach dem Umbau

Die Ausführung erhielt die Firma Fritz Wagner, Crimmitschau, mit der wir eine Anlage, Abb. 19, ausarbeiteten. Sie wurde in der Zeit von sechs Wochen in einwandfreier Weise ausgeführt, wobei es gelang, die Luftleere der vorhandenen Dampfmaschine, die durch einen Fehler in der Kondensationsanlage ursprünglich nur 65 vH betrug, nach Einschaltung der Unterdruckheizung, für deren Betrieb ausschließlich der alte vorhandene Kondensator benutzt wurde, auf 74 vH zu erhöhen. Dadurch stieg der Wirkungsgrad der Dampfmaschine um etwas mehr als 5 vH. Die Räume waren nach Inbetriebnahme der Wagnerschen Heizung, auch an kalten Tagen, einwandfrei geheizt, und es wurde für den Dampfbetrieb mit Heizung nicht mehr ausgegeben, als bisher für die Dampfmaschine allein nötig gewesen war. Die erzielte Ersparnis wurde so handgreiflich, daß von den bisher betriebenen zwei Heizkesseln der kleinere Kessel von 80 m² stillgelegt wurde und bis heute nicht wieder in Betrieb gesetzt zu werden brauchte. Er wird nur als Hilfskessel benutzt, wenn in der Sommerzeit die Untersuchung und Reinigung des großen Kessels notwendig ist.

Für die Bureauräume wurde die schon vorhandene Warmwasser-Heizanlage beibehalten. Das warme Wasser erzeugt man im Kesselhaus durch einen Abdampfvorwärmer. Die guten Ergebnisse aber mit der Unterdruckheizung in den Websälen, ihre einfache Regelung für jeden Raum und die milde Wärme, die sie erzeugt, haben den Entschluß reifen lassen, auch die Bureauräume mit dieser Heizung zu versehen, die trotz der nicht gerade schönen großen schmiedeisernen Röhren später angelegt werden soll. Im Sommer wird dann die Unterdruckheizung abgeschaltet und der normale Einspritzkondensationsbetrieb aufrechterhalten, so daß die Dampfmaschine im Winter und Sommer wirtschaftlich arbeiten kann. Die Kosten der Heizanlage werden in sehr kurzer Zeit getilgt sein.

Gleichzeitig mit der Umänderung der Heizung in der Fabrik A wurde eine vollkommene Umgestaltung der Energieversorgung und Zuleitung vorgenommen. Wie oben bereits erwähnt, wurden die Maschinenstränge in den einzelnen Bauwerken und Stockwerken teils auf mechanischem Wege, unmittelbar durch Riemen, teils durch Entnahme des Stromes von der Stadt, endlich durch Stromerzeugung mittels zweier eigener kleiner Dynamomaschinen von 60 und 80 PS angetrieben, die durch eine Zwischentransmission und Riemen von der 250 PS leistenden Hauptdampfmaschine bewegt wurden (Abb. 20). Vor dem Umbau wurden die Geschosse des Gebäudes 8 mit Ausnahme der neuen Obergeschosse, das ganze Gebäude 14 und die dazwischen liegenden früheren Färbereibetriebe mechanisch durch Riemen und Kegelräder-Winkelgetriebe angetrieben.

Die Gleichstrom-Dynamos reichten mit ihren 140 PS nicht aus, so daß in den Morgen- und Abendstunden, in denen auch der Lichtbedarf größer war, die Stadt zur Stromlieferung hinzugezogen werden mußte, weil die Dampfmaschine wegen ihrer ungünstigen Lage nicht voll belastet werden konnte und weil die ganze Anlage wegen der weitverzweigten Transmissions- und Riemenstränge mit schlechtem Wirkungsgrad arbeitete. Eine eingehende Untersuchung der Kraftverluste unter gleichzeitiger Messung der einzelnen Stellen hatte für die umgebaute Gesamtanlage einen Bedarf von rd. 295 PS einschließlich der Beleuchtung ergeben, Zahlentafel 1, unter der Voraussetzung einer vollen Belastung der Fabrik.

Auf Grund dieser Übersicht wurde der Plan gefaßt, eine Anlage zu schaffen, bei der alle mechanischen Riemenübertragungen beibehalten werden sollten, die einen günstigen Wirkungsgrad hatten und bequem lagen, während alles übrige elektrisch mittels Gruppenantriebes oder Einzelantriebes betrieben werden sollte, mit der Absicht, die eigene Dampfmaschine dauernd voll zu belasten und nur den Rest der Spitzenbelastung von der Stadt übernehmen zu lassen.

Dadurch konnte man einen möglichst günstigen Wirkungsgrad erzielen und gleichzeitig für die Heizung die größte Dampfmenge abgeben. So ergab sich folgende Lösung: Alle Riementriebe des Gebäudes 8, in dessen Erdgeschoß die Dampfmaschine stand, wurden belassen, da der Riemenschacht bereits vorhanden und unter Billigung durch die Baupolizei völlig abgeschlossen vom übrigen Gebäude war, so daß er ohne die übliche Feuersgefahr

Zahlentafel 1.
Übersicht über den Kraftbedarf der Fabrik A

Geschoß			je Maschine PS	Höchster Kraftbedarf insgesamt bei vollem Betrieb PS		Normalkraftbedarf PS	Unmittelbar von der Maschine mechanisch übertragen: ohne Verlust	Unmittelbar von der Maschine mechanisch übertragen: zuzüglich ~ 12 vH Verlust	Elektrisch in Gruppen angetrieben: eingebaute Leistung PS	Elektrisch in Gruppen angetrieben: zuzüglich ~ 24 vH Verlust PS
	Gebäude 8									
E	Alte Walke:									
	6 Zylinderwalken	je	4	24						
	5 Lochwalken	je	6	30						
	5 Waschmaschinen	je	3,5	17,5						
	3 Zentrifugen	je	3	9						
	1 Mammutpumpe		16	16	96,5	63,3				
	Neubau:									
	5 Zylinder-Walken	je	4	20						
	2 Lochwalken	je	6	12						
	6 Waschmaschinen	je	3,5	21						
	2 Zentrifugen	je	3	6	59	42	105,3	120		
I	Schuhstoffweberei:									
	14 Webstühle	je	1,2		16,8	12				
II	Schuhstoffweberei:									
	35 Webstühle	je	1,2		42	30				
III	Schuhstoffweberei und Zwirnerei:									
	14 Webstühle	je	1,2	16,8						
	13 Spulmaschinen, mit 360 Sp. von	je	1/50	7	23,8	15	57	65		
	(7) 8 Zwirnmaschinen, mit (1300) 1500 Sp. von	je	1/50		30	21			20	27,5
IV	Leimerei und Kettschärerei:									
	2 Leimmaschinen	je	5		10	10 }			15	20
	4 Kettschärmaschinen	je	2		8	6 }				
	Gebäude 10. Mittelgebäude und Anbau:									
E	Rahmerei:									
	2 Rahmenmaschinen	je	10		20	20			20	26,5
I	Schererei:									
	13 Schermaschinen	je	1,3		17	12			12,5	16
	Rauherei (Anbau):									
	15 Rauhmaschinen	je	3 bis 5		60	42	42	50		
	Schlosserei				10	5			5	6,5
	Gebäude 9									
E	Appretur:									
	3 Muldenpressen	je rd.	4,5	13,5						
	1 Dekatiermaschine		6	6						
	1 Ratiniermaschine		1,7	1,7						
	3 Dampfbürsten	je	2	6						
	2 Wickelmaschinen	je	0,5	1	28,2	20			20	25
I	Weberei für Konfektion:									
	26 Webstühle	je	0,7	18,2						
	2 Kettschärmaschinen	je	1,3	2,6						
II	Weberei für Konfektion:									
	27 Webstühle	je	0,7	19						
	1 Kettschärmaschine		1,3	1,3						
III	Weberei für Konfektion:									
	20 Webstühle	je	0,7	14						
	2 Kettschärmaschinen	je	1,3	2,6	57,7	40			40	53
	Gebäude 14									
E	Weberei für Konfektion:									
	13 Webstühle	je	0,7	9						
	1 Kettschärmaschine		1,3	1,3						
I	Weberei für Konfektion:									
	13 Webstühle	je	0,7	9						
	1 Kettschärmaschine		1,3	1,3						
II	Weberei für Konfektion:									
	13 Webstühle	je	0,7	9						
	1 Kettschärmaschine		1,3	1,3						
III	Weberei für Konfektion:									
	13 Webstühle	je	0,7	9						
	1 Kettschärmaschine		1,3	1,3						
IV	Weberei für Konfektion:									
	10 Webstühle	je	0,7	7						
	1 Kettschärmaschine		1,3	1,3	49,5	35			35	45
	Transportanlagen:									
	Fahrstuhl am Geb. 8		10	10						
	Fahrstuhl am Geb. 14		5	5						
	Fahrstuhl im Geb. 9		5	5	20	10			10	12
	Kohlenförderanlage } Beleuchtung }	rd.	50		50	50			50	65
	Zusammen							235		296,5
	An der Maschinenwelle {							mechanisch		elektrisch

und Verschmutzung durch die im Raume laufenden offenen Riemen arbeiten kann. Diese unmittelbaren Antriebe arbeiten mit ihrem (ermittelten) Verlust von 12 vH auf alle Fälle günstiger als eine elektrische Übertragung. Auf diese Weise wurden 150 PS unmittelbar von der Dampfmaschine entnommen. Für die Restbelastung wurde die Dampfmaschine elektrisch durch den Stromerzeuger belastet. Hierzu wurde eine Drehstromdynamo von 150 kVA für 380/220 V beschafft.

Die Wahl von Drehstrom mit 380/220 V wurde getroffen, weil dies die normale Spannung für Deutschland ist und weil die Vereinheitlichung der Stromart für beide Fabriken notwendig wurde, um alle Teile austauschbar und in möglichst geringer Zahl auf Lager halten zu können. Außerdem wurden die Anlagekosten mit Rücksicht auf die gleichzeitige Entnahme von Licht- und Kraftstrom kleiner und die Wartung am geringsten.

Eine harte Nuß war die Verbindung des Stromerzeugers mit der Dampfmaschine, weil der Kraftraum außerordentlich eng war. Der übliche „Salon" für die Dampfmaschine war nicht vorhanden. Die Maschine war vielmehr an einer sehr ungünstigen Stelle, gewissermaßen als Aschenbrödel, im Keller untergebracht, da in diesen alten Textilfabriken mit Rücksicht auf die Schwierigkeit des Wettbewerbs jeder auch nur leiseste Luxus von jeher vermieden wird. Die Unterbringung des Riemens von 500 mm Breite (Abb. 21 und 22) verlangte eine Verbreiterung des als Riemenscheibe ausgebildeten Schwungrades. Gleichzeitig mußte dieses Schwungrad eine Nebenscheibe tragen, die mit einem gesonderten Riemen, der schräg nach oben lief, die drei Stockwerke der darüber liegenden Weberei antreiben konnte. Das vorhandene Schwungrad der Dampfmaschine mußte also auf 500 mm verbreitert werden und gleichzeitig eine im Durchmesser kleinere und in der Breite schmalere Stufe angesetzt werden, die die Riemenübertragung nach oben übernahm. Die Lieferung, nach Stichmaß und in Durchmesser und Bohrung genau passend, so daß keinerlei Nacharbeit beim Eintreffen nötig war, wurde von der „Bamag" mustergültig ausgeführt.

Da der Betrieb auch nicht eine Stunde still gesetzt werden durfte, so blieben uns, um den elektrischen Betrieb einzurichten und den Umbau des Kondensationsbetriebes auf Unterdruckheizung vorzunehmen, nur die Nächte, sowie die Sonn- und Feiertage, insbesondere die Weihnachtsfeiertage, als einzige Zeit, um wirklich ohne Störung diese 30 Jahre alten und verrotteten Antriebe in eine zeitgemäß richtige Anlage zu verwandeln. Es kam dabei auf Stunden an. Wir machten uns daher wieder einen Zeitplan, dessen Einhaltung mit aller Energie durchgesetzt wurde.

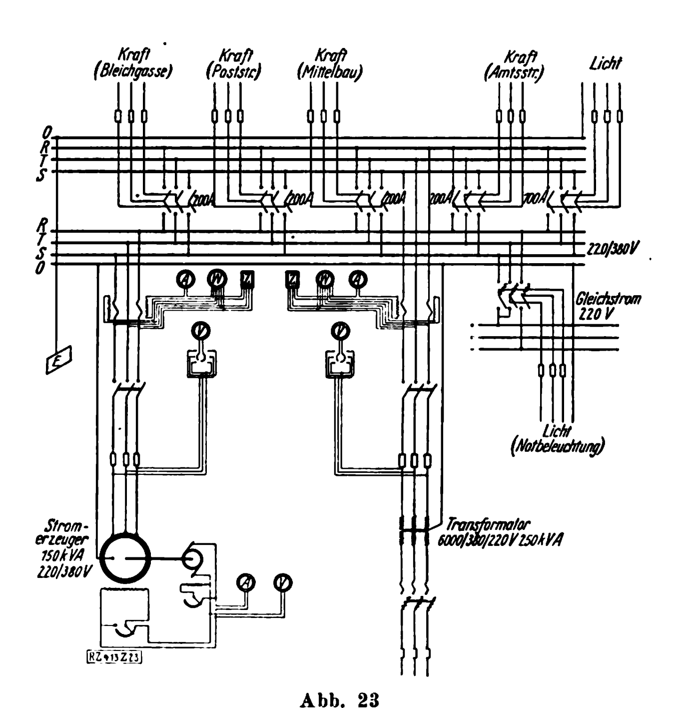


Abb. 23
Schaltbild für Werk A

Der Kraftkeller wurde zunächst umgebaut. Ganz erhebliche Mengen alten Zementmauerwerkes waren für den neuen Riementrieb zu beseitigen und außerdem die Hauptvorgelegelager, die auf gemauertem Sockel standen, zu versetzen. Da in dem Keller nur höchstens zwei Leute von Hand am Mauerwerk stemmen konnten, und da die Dampfmaschine durch den herumfliegenden Staub und die Mauerwerkreste nicht beschädigt werden durfte, so wurde vier Wochen lang jeden Abend nach Stillegung der Fabrik die Maschine mit Packpapier verschalt, gewissermaßen in Papier eingepackt, und nunmehr mit Hilfe von Druckluftmeißeln und durch zwei Kolonnen zu je zwei Mann in der Nacht und an den Sonntagen die störenden Pfeiler aus altem, bestem Hartzement beseitigt.

Da im Riemenschacht im Gebäude 8 Veränderungen vorgenommen werden mußten und da uns die Hauptvorgelegelager für bestimmte Antriebe zunächst fehlten, so wurden sowohl im Gebäude 8 und 9, wie im Erdgeschoß des Gebäudes 10 vorläufige elektrische Antriebe eingebaut. Hierfür und für die Zusatzenergieversorgung durch die Stadt mußte eine Transformatorenanlage so beschleunigt eingerichtet werden, daß der von ihr entnommene Drehstrom einige Wochen vor der endgültigen Umänderung zur Verfügung stand. Zu dem Zwecke wurde vorläufig die Steigleitung aus dem neu eingerichteten Transformatorenraum in das Gebäude 8 verlegt, ebenso die Stromzuleitungen nach dem Gebäude 9 und 10 geschaffen. Dann wurde in den drei Weihnachtsfeiertagen die neue große Riemenscheibe unter schwierigen Umständen nach Durchbrechung der Außenmauer in den Keller hineingebaut. Ohne jeden Zwischenfall und ganz planmäßig konnte man nach dem Weihnachtsfest die Dampfmaschine wieder in Betrieb nehmen und in aller Ruhe an den inneren Ausbau der elektrischen Anlage (endgültige Schalttafel- und Transformatorenanlage) gehen, ohne daß der Betrieb von der Veränderung überhaupt etwas bemerkt hatte.

Die Schaltung, Abb. 23, wurde so vorgesehen, daß die einzelnen Gruppen von Motoren sowohl auf Fremdbezug wie auf Eigenerzeugung umgestellt werden können. Dadurch ist die Möglichkeit geschaffen, die Dampfmaschine stets mit gleichmäßiger Vollbelastung laufen zu lassen. Durch einen selbstschreibenden Leistungsmesser wird der Maschinenwärter beobachtet, für den eine Prämie in Aussicht genommen ist, falls er den ganzen Monat eine gleichmäßige Belastung der Maschine erzielen würde.

Für den Antrieb der Werkstätten wurden in der Hauptsache Gruppenantriebe, nur bei wenigen Maschinen Einzelantriebe gewählt. Das geschah schon aus dem Grunde, weil man die vorhandenen, zwar alten, aber noch in gutem Zustand befindlichen Trocken-, Schär-, Zwirn- und Webmaschinen nicht mehr umbauen wollte.

Die Websäle wurden fast durchweg in Stränge von 10 bis 14 Webstühle eingeteilt. Diese Zahlen ergaben sich aus der vorliegenden Gebäudeform. Man erhielt auf diese Weise nur Gruppenmotoren gleicher Größe, so daß der Grundsatz durchgesetzt war, möglichst wenig Arten von Motoren, also auch möglichst wenige, ganz gleiche Ersatzteile in der ganzen Fabrik, zur Verwendung gelangen zu lassen.

Dagegen konnte eine gleichartige Umlaufzahl für alle Motoren nicht durchgeführt werden. Es wurden aber nur Motoren von 1000 und 1500 Uml./min benutzt. Um den Fußbodenraum nicht zu beengen, wurden die meisten Motoren an der Decke oder auf einem Wandkonsol untergebracht.

Fabrik B

Die Fabrik B hatte in der großen Färberei für die Garne und Stücke eine Verbrauchstelle für Fabrikationsdampf von solcher Größe, daß bei normalem Betrieb im Winter der Auspuffdampf zum Waschen, Färben und Heizen ausreichte, zumal man in der Färberei und in der Wäsche mit Dampf von 110 bis 120° für Wasch- und Kochzwecke auskommen konnte. Eine sehr einfache Gegendruck-Dampfmaschine, zunächst ohne um-

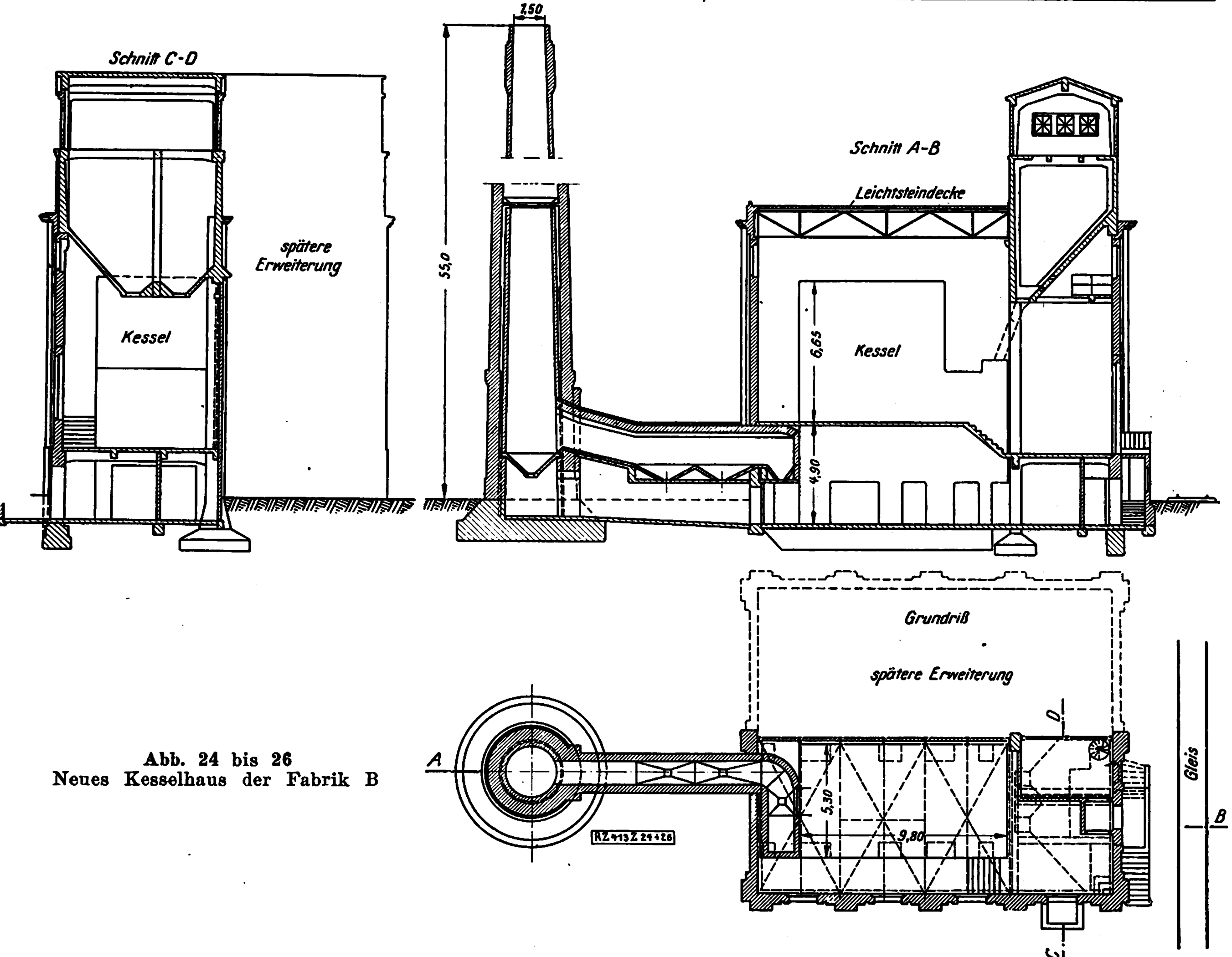


Abb. 24 bis 26
Neues Kesselhaus der Fabrik B

stellbaren Kondensationsbetrieb, bildete also die zweckmäßigste und billigste Lösung. Da aber auch die Möglichkeit vorhanden war, daß bei einer bestimmten Geschäftslage das Färben der Stücke unnötig wurde, weil beim Stilliegen des Konfektionsgeschäfts und bei der ausschließlichen Beschäftigung durch Schuhstoffe die Stückfärberei ausfiel, so wurde die Anbringung einer Kondensationsanlage und die Möglichkeit sie einzuschalten, sei es zum Angleich des Dampfbedarfes an die Stückfärberei im Winter und Sommer, sei es für den Ausfall nur der Heizung im Sommer, doch für zweckmäßig erachtet, da für die Einrichtung der Umschaltung von vornherein sehr geringe Mehrkosten in Rechnung zu stellen waren.

Weil die vorhandene Dampfmaschine in der Fabrik B sehr alt, schlecht und außerdem nur halb so groß wie notwendig war, so wurde eine neue Maschine von der Hanomag aufgestellt, die sowohl für Heizbetrieb mit 0,15 at Gegendruck, wie für Färbebetrieb bis 1,5 at Gegendruck mit allen Zwischenstufen einstellbar war.

Auch in der Fabrik B waren besondere kraft- und wärmetechnische Schwierigkeiten zu lösen, die darin bestanden, daß nur ein alter Flammrohrkessel von 100 m² Heizfläche mit einer baufälligen Fränkel-Vorfeuerung zur Verfügung stand, der für die völlig neu eingerichtete große Färberei neben dem alten Krempel- und Selfaktorenbetriebe in keiner Weise mehr ausreichte, wobei auch noch zu beachten war, daß für das neue Krempelgebäude, Abb. 3, noch gar keine Heizung vorhanden war. Eine Untersuchung des alten Flammrohrkessels ergab die Befürchtung, daß der Kessel weder die Heizperiode und noch viel weniger die Überanstrengung durch die Versorgung der Färberei mit Dampf aushalten würde. Es wurde daher sofort (vergl. S. 1418) ein Lokomobilkessel (80 PS) mit Treppenrostfeuerung angeschafft, da als Brennstoff außer den ziemlich teuren Preßkohlen nur Rohbraunkohlen aus den benachbarten Kohlengebieten der Lausitz zur Verfügung standen. Der Lokomobilkessel wurde mit dem vorhandenen alten Schornstein durch einen Saugzuglüfter verbunden. Bei Einzelbetrieb konnte jeder der vorhandenen Kessel mit dem für den einzelnen Kessel ausreichenden Schornstein betrieben werden, während bei gleichzeitigem Betriebe die Saugzuganlage eingeschaltet werden mußte. Diese Einrichtung hat sich während eines ganzen Jahres vorzüglich bewährt; sie gestattete, beide Kessel bis zur äußersten Hergabe ihrer Leistung auszunutzen.

Die ortfest eingebaute Treppenrostvorfeuerung des Lokomobilkessels hat sehr gut gearbeitet. Sie gestattete, den bisherigen ausschließlich mit Preßkohlen geführten Betrieb durch einen in der Hauptsache mit Rohbraunkohle arbeitenden mit nur 10 vH Preßkohlenzusatz zu ersetzen. Der Kohlenverbrauch fiel, nachdem der Flammrohrkessel wieder ordentlich instandgesetzt war, und nachdem beide Kessel nicht mehr überlastet wurden, trotz Verdoppelung der Leistung der Gesamtanlage, auf etwa drei viertel des früheren Kohlenverbrauchs. An dieser Stelle zeigte sich eindringlich, von wie einschneidender Bedeutung die richtige Bemessung und die zweckmäßige Ausnutzung der Dampfkesselanlage für den Kohlenverbrauch ist.

Das Arbeiten des behelfsmäßig aufgestellten Kessels gestattete uns, das endgültige neue Kesselhaus in Ruhe zu entwerfen und an der Stelle aufzubauen, wo es am günstigsten lag. Abb. 3 zeigt den Platz neben dem alten Kesselhaus, unmittelbar vor der Färberei als der Hauptstelle für den Wärmeverbrauch. Der Kohlenplatz, der wegen des vorhandenen Bunkers zu einer Kohlenabladestelle zusammengeschrumpft ist, konnte also in die äußerste Ecke des an sich recht ungünstig geschnittenen Baugrundstückes gedrängt werden. Das alte Kesselhaus konnte dann nach Inbetriebnahme des neuen Kesselhauses verschwinden. Das neue Kesselhaus erhielt nach Abriß des alten die doppelte Breite, um unter Umständen einen zweiten Kessel zur Aushilfe aufnehmen zu können.

Zahlentafel 2. Übersicht über den Kraftbedarf der Fabrik B

		Dampf						Wasser	Elektrizität						
Erzeugung oder Bezug		1. Zweiflammrohr-Kessel von 106 m² Heizfläche, 8 at, ohne Überhitzer 2. Wasserrohrkessel (Bauart Meltzer) von 300 m² Heizfläche, 15 at, 350° Überhitzung						Neiße m³/h 8	vom Städtischen Elektrizitätswerk Drehstrom von 6000 V						
Umformung									3 Transformatoren 6000 — 380/220, 3 × 250 kVA						
	Verbrauchsstellen	Heizung Raum-inhalt m³	Heizung Wärme-verbrauch kcal/h	Heizung Dampf-verbrauch kg/h		Fabrikation Dampf-verbrauch kg/h	Fabrikation Dampf-verbrauch kg/h		Kraft PS	Kraft zus. PS	Kraft kW	Licht Lx	Licht Anzahl Lampen	Licht W	Licht kW
1.	Pumpenanlage				1 Kolbenpumpe, 15 m³/h, 15 m Förderhöhe 1 Kesselspeisepumpe 1 Kondensatpumpe				}	5					
2.	Transportanlagen				a) Fahrstuhl, 3×1,5 m², 1500 kg Traglast, 15 m/min b) 3 Hubmotoren für Wollager, für je 500 kg Trgf. c) Pneumatische Wolltransportanlage zwischen Wolferei und Krempelei d) 1 Kohlenförderanlage				10 10 6 4						
					Zusammen					30					
3.	Wollager											20	40 je 50 HK	2 000	2
4.	Färberei und Wollwäsche				9 Stückfärbebottiche 3 Übergußapparate (Urban) 3 rechteckige Obermaier je 200 dm² Oberfl. 2 kleine runde „ je rd. 150 dm² Oberfl. 2 Ankochapparate für Farbe 1 Lufterhitzer für Entnebelung 1 kleiner Leviathan	1920 1200 965 490 100 245 60		3 3 2,5 1 0,5 6	9 9 15 10 17 11						
		4 900	122 500	245	Zusammen		4980	16		71		50		6 000	6
5.	Karbonisation				a) von Stücken, Maschine mittlerer Größe b) „ Wolle, „ „ „				17 5						
		800	20 000	40	Zusammen					22		25		1 000	1
6.	Trocknerei				3 Zentrifugen 6-geschossiger Simplextrockner 1 Wolltrockner (Jahr)				12 3 3						
					Zusammen		200			18		25		300	0,3
7.	Reißerei	1 200	30 000	60	1 Trossette 9 Reißwölfe				5 54						
					Zusammen					59		25		2 000	2
8.	Wolferei				4 Wölfe					20		25		1 000	1
9.	Krempelei E	2 700	67 500		4 Satz Krempel zu je 2 1 Schleifmaschine Wollförderanlage s. 2c				40 0,5				4×8 je 32 HK 1×32 HK	1 200 40	
	Krempelei I	2 460	61 500		3 Satz Krempel zu je 3 1 „ „ zu je 2 1 Schleifmaschine				45 10 0,5				4×8 je 32 HK 1×8 je 32 HK 1×32 HK	1 200 800 40	

		II	2 460	61 500		4 Satz Krempel zu je 3 1 Schleifmaschine			60 0,5				4×8 je 32 HK 1×32 HK	1 200 40	
		III	2 460	61 500		4 Satz Krempel zu je 3 1 Schleifmaschine			60 0,5				4×8 je 32 HK 1×32 HK	1 200 40	
		IV	2 500	62 500		2 Satz Krempel zu je 3 4 Selfaktoren zu je 400 Spindeln			30 32			50	2×8 je 32 HK	600 7 500	
			12 580	314 500	630	Zusammen				279				13 360	rd.13,5
10.	Altes Spinnereigebäude	E	2 630	66 000		6 Selfaktoren zu je 350 Spindeln			36			50		7 500	
		I	2 430	61 000		8 „ „ „ 350 „			50			50		7 500	
		II	2 430	61 000		8 „ „ „ 350 „			50			50		7 500	
		III	2 430	61 000		8 „ „ „ 350 „ 4 Spulmaschinen			50 4			50		7 500	
			9 920	249 000	498	Zusammen				190				30 000	30
11.	Schlosserei					1 Leitspindeldrehbank, 180×1500			2,5			50	2 je 50 HK 1 „ 32 „	120 40	
						1 Mechanikerdrehbank			1				1 „ 32 „	40	
						1 Bohrmaschine bis 30 mm Loch-Dmr.			3				1 „ 32 „	40	
						1 Tischbohrmaschine			0,3				1 „ 32 „	40	
						1 Shapingmaschine			2				1 „ 32 „	40	
						1 Schmiedefeuer			0,2						
			2 000	50 000	100	Zusammen				9				320	0,3
12.	Wohlfahrtsanlagen					Ankleideräume							10 je 32 HK	400	
						Klosettanlagen							10 „ 32 „	400	
						Feuerlöschanschlüsse									
						Zusammen								800	0,8
13.	Tischlerei					1 vereinigte Bandsäge mit Fräse 1 „ Abrichtmaschine mit Kreissäge und Langlochbohrmaschine									
						Zusammen				9					
					1573	Zusammen		5180	rd. 700						56,9
						bei Betriebsfaktor 0,7:			490	360					

Gesamtbedarf: rd. 420 kW

Dampfmaschine PS	norm. dauernd	höchstens dauernd	höchste Spitzenbelastung
	550	620	700

Der neue Schrägrohrkessel mit Treppenrostfeuerung, Abb. 24 bis 26, wurde so hoch gelegt, daß der Fuchs und der Aschenkeller oberhalb des höchsten Grundwasserspiegels liegen, damit durch Hochwasserstand des benachbarten Neißeflusses keine Schädigung eintreten kann.

Diese Hochlegung hatte außer der Sicherheit gegen Hochwassergefahr noch den Vorteil, daß man die Asche mit Hilfe von Aschenwagen ohne Umladen entfernen und entladen kann. Neben dem alten, auf alle Fälle nicht mehr ausreichenden Schornstein wurde ein neuer großer errichtet, nach dessen Inbetriebnahme der alte beseitigt werden konnte. Die Abmessungen des Schornsteins reichen für zwei Kessel aus.

Zum Enthärten des Wassers dient eine Wasserreinigung und für seine Benutzung zu Färbereizwecken eine Enteisenungsanlage. Gleichzeitig ist naturgemäß dafür gesorgt worden, daß das Kondensat der Dampfmaschine sowie der Abdampf, der dort entnommen wird, völlig ölfrei ist. Mit dieser Anlage wurde wieder der Beweis geliefert, daß das Waschen und Färben mit Abdampf von Kolbendampfmaschinen ohne jede Gefahr durch die Verunreinigung von Öl möglich ist, wenn die Entöler in richtiger Größe und Anzahl sowie an der richtigen Stelle angebracht sind, und wenn vor allen Dingen Vorsorge getroffen wird, daß man die Entöler alle vier bis sechs Wochen durch Parallelschaltung von Aushilfsentölern ganz gründlich reinigen kann. Während eines einjährigen Arbeitsbetriebes, dessen Ergebnisse 1925 vorlagen, ist auch nicht die leiseste Störung durch Verschmutzung des Färbereiwassers eingetreten. Die Befürchtungen des Färbereimeisters, daß einmal der Druck des Abdampfes von nur 1½ at nicht ausreichen würde, dann, daß die Benutzung des Wassers wegen der Verölung überhaupt nicht möglich sei, haben sich nicht bewahrheitet.

Zahlentafel 2 zeigt die Dampf- und Kraftverteilung der Fabrik B. Da die Verhältnisse für die Abdampfverwertung hier sehr günstig lagen, insofern als dem verhältnismäßig großen mechanischen Leistungsbedarf (Spinnerei, Reißerei, Krempelei) ein dauernder großer Dampfbedarf gegenübersteht (Trocknerei, Färberei, Karbonisation), so ist nur noch eine Betrachtung darüber anzustellen, wie man der mit der Jahreszeit wechselnden Dampfentnahme für Heizung, Färbe- und Waschzwecke begegnet. Die Aufstellung für den

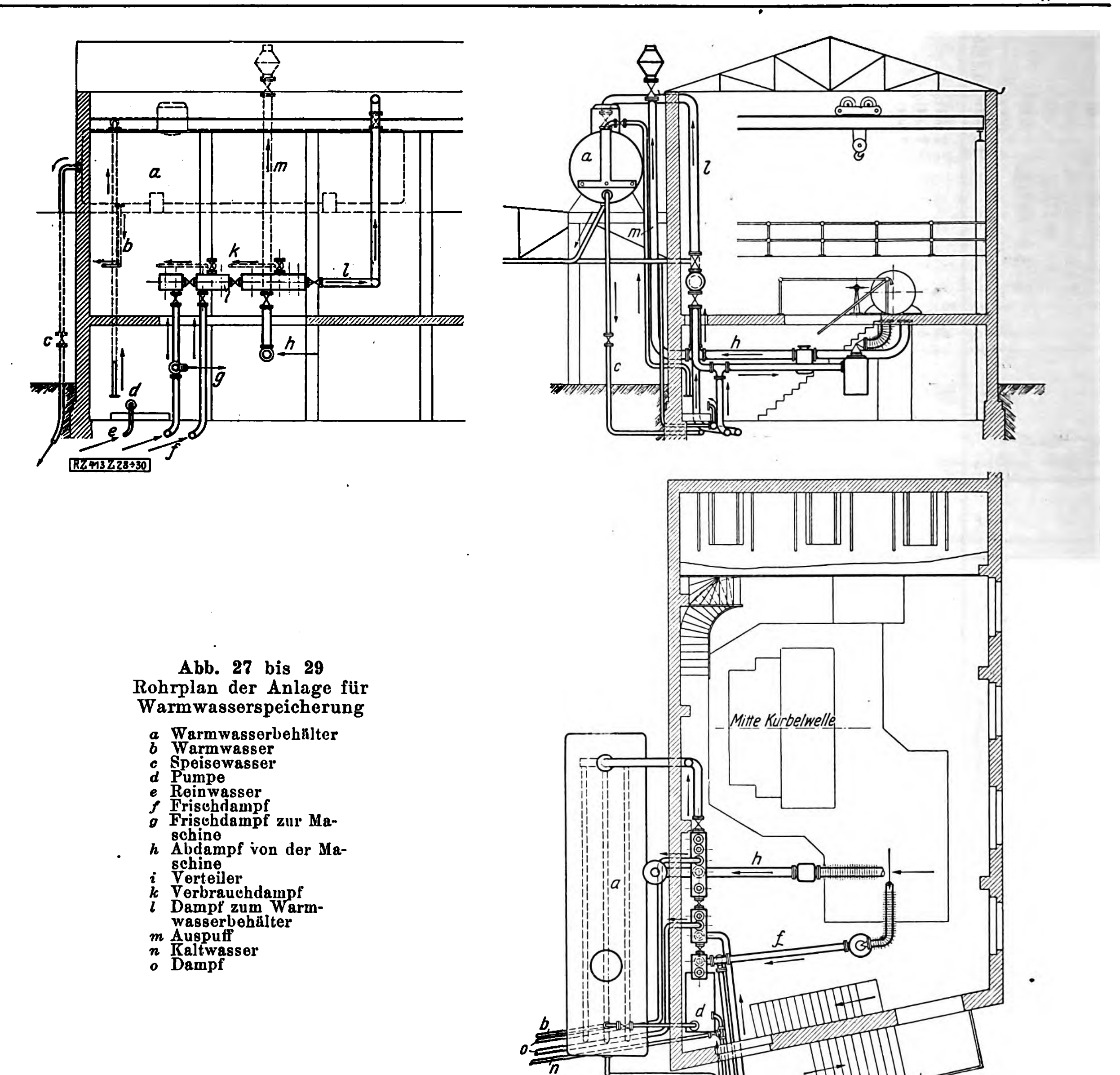


Abb. 27 bis 29
Rohrplan der Anlage für Warmwasserspeicherung

a Warmwasserbehälter
b Warmwasser
c Speisewasser
d Pumpe
e Reinwasser
f Frischdampf
g Frischdampf zur Maschine
h Abdampf von der Maschine
i Verteiler
k Verbrauchdampf
l Dampf zum Warmwasserbehälter
m Auspuff
n Kaltwasser
o Dampf

Kraftbedarf führte zur Wahl der Abdampfmaschine von 650 PS Dauerleistung bei 15 at Anfangs- und 1,5 at Enddruck.

Ich habe mich, trotz der recht eingehenden Angaben der Elektrofirmen über den Kraftbedarf der verschiedenen in Textilfabriken notwendigen Maschinen entschlossen, auf Grund eigener Erfahrungen und Versuche wesentlich andre Zahlen zugrunde zu legen, mit dem Ergebnis (vergl. oben), daß die Fabrik B, obwohl sie im Jahre 1925 anfänglich nur zu ⅔ belastet war, mit einem $\cos\varphi = 0{,}75$ arbeitete, der bei steigender Belastung auf bereits 0,81 anstieg, und zwar ohne die Benutzung von Motoren mit Ausgleichwicklung, so daß wir ständig mit sehr ständig günstigen Stromverhältnissen rechnen können.

Aus der mechanischen Belastung der Maschinen ergab sich die verfügbare Abdampfmenge, die im vorliegenden Falle zeitweise, d. i. bei normalem Betriebe, die entnommene Dampfmenge übersteigt, während sie früh morgens bei der Dampfentnahmespitze nicht ausreicht. Damit ergab sich die Notwendigkeit der Dampfregelung, und es lag nahe, zu einem Wärmespeicher z. B. nach Ruths zu greifen, um das Abblasen des Dampfkessels zu bestimmten Zeiten am Vor- und Nachmittage, wenn die Färberei wenig oder keinen Dampf mehr verbraucht, zu verhüten. Mit Rücksicht auf die Kostspieligkeit eines Wärmedampfspeichers aber und mit Rücksicht auf den Umstand, daß es sich weniger um Dampfverbrauch als um Warmwasserverbrauch handelt, und daß dieser Warmwasserverbrauch in der Hauptsache in den frühen Morgenstunden und in der Zeit unmittelbar nach der Mittagspause eintritt, wurde ein Warmwassergefäß aufgestellt, das aus einem alten vorhandenen Kessel von 40 m³ Inhalt bestand, der noch einen Betriebsdruck von 2 at zuließ, Abb. 27 bis 29 und 30.

In das Wasser des Kessels wird die überschüssige Dampfmenge hineingeleitet; sie wärmt es auf etwa 80 bis 90 ° an. Dieses Warmwasser wird dann nach Bedarf in die Färberei geleitet und zum Ansetzen der „Flotte", die nicht über 45 ° warm sein darf, morgens und mittags benutzt. Damit kann man sämtliche 8 bis 10 Bottiche ohne Dampfzusatz sofort und gleichzeitig mit Warmwasser füllen, ohne daß man an der Kesselanlage davon etwas merkt. Dann wird der entölte Gegendruckdampf von 1½ at unmittelbar in die Bottiche geleitet und das Wasser zum Kochen gebracht. Sobald die Kochtemperatur erreicht ist, wird durch Drosseln des Zuführungsventiles der Druck verringert, mit dem sich die Gegendruckmaschine gewissermaßen von selbst abfindet, und so das Gleichgewicht zwischen mechanischer Leistung und Dampfbedarf hergestellt. Dieser Betrieb arbeitet störungsfrei und überaus billig.

Die Sohle der Einzylinder-Heißdampfmaschine wurde wieder so hoch gelegt, daß auch der höchste Grundwasserstand der Grundmauer nicht schaden konnte.

Mit der Maschine gekuppelt ist ein Außenpol-Stromerzeuger für Drehstrom von 380/220 V Spannung. Die

Transformatorenanlage liegt im Maschinenhaus, und zwar befinden sich die Transformatoren im Kellergeschoß, und die Schaltanlage darüber in einem Zwischengeschoß. Beide Räume sind durch eine Treppe zugänglich. Der Dampfverteiler, von dem Dampf mit Drücken von 15,5 und 1,5 at nach Belieben von den verschiedenen Arbeitsgebieten entnommen werden kann, ist im Maschinenhaus unter dauernder Aufsicht des Wärters angebracht. Eine Zwischenstufe von 5 at ist für die Karbonisation notwendig und wird mit Hilfe eines Druckminderventiles aus dem Hochdruckdampf von 15 at erhalten.

Die ganze Anlage ist seit 1924 bis heute in vollem störungsfreiem Betrieb.

Schlußbemerkung

Die Schilderung der ausgeführten Umbauten beweist, daß es möglich ist, unter Aufwand erheblicher und liebevoller Arbeit aus einem sehr alten, infolge der nicht in der Sache selbst liegenden Entwicklung verbauten Unternehmen mit unregelmäßigen, sprunghaften Transportwegen und schlecht angeordneten Maschinen trotz der Mehrgeschoßbauten mitten in einer Stadt, in der die Ausdehnungsfähigkeit überaus beschränkt ist, durch geeignete Verschiebungen, Zwischenbauten und Einfügungen eine fließende Fertigung zu schaffen, die in einem richtigen Zwanglauf unter kürzesten Wegen bei äußerster Schonung der Werkstoffe auf die angestrebte Wirtschaftlichkeit der ganzen Einrichtung hinwirken muß. [B 413]

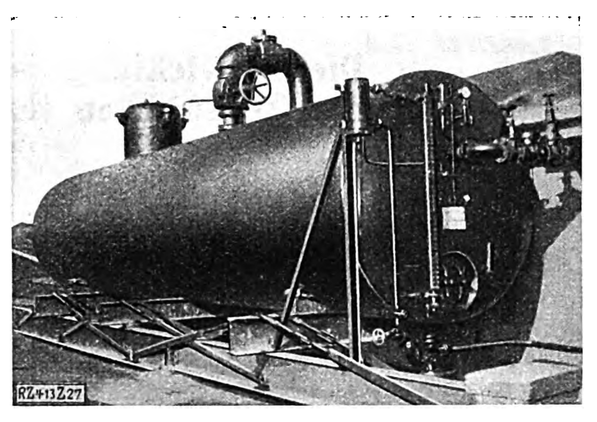


Abb. 30
Warmwasserbehälter

Neuere Blockwalzwerke und Trägerstraßen der Carnegie Steel Co.

Sieben veraltete Walzenstraßen der Homestead Steel Works der Carnegie Steel Co. sind durch eine neue Anlage[1]), bestehend aus einem Blockwalzwerk mit Walzen von 1120 mm Dmr., einer Vorstrecke mit Walzen von 915 mm Dmr. und einer 710/810 mm-Fertigstraße ersetzt worden. Auf diesen Strecken sollen alle normalen Winkel von 100 × 150 mm bis zu Trägern und U-Eisen bis zu N.-P. 60 gewalzt werden. Hierzu werden Blöcke im Gewicht von 3,67 bis 5,4 t verwendet.

Das Blockwalzwerk wird durch einen Umkehrmotor von 7000 PS bei 50 Uml./min angetrieben. Das höchste Drehmoment beträgt 276 000 mkg. Der Motor erhält Gleichstrom von einem Umformersatz, der aus einem Drehstrom-Induktionsmotor von 5000 PS bei 6600 V, einem 45 t-Schwungrad und zwei parallel geschalteten Stromerzeugern von 3000 kW bei 700 V und 368 Uml./min besteht.

Die Blockschere wird durch einen Induktionsmotor von 250 PS bei 220 V angetrieben. Nach dem Schneiden kommen die Blöcke in Wärmöfen, um dann zur Vorstrecke mit Walzen von 915 mm Dmr. zu gehen. Die Vorstrecke besteht aus einem Duo-Umkehrwalzwerk, das durch einen Gleichstrommotor für 5000 V angetrieben wird. Der Umformersatz für diesen Antrieb besteht aus einem Induktionsmotor von 5000 PS, einem 45 t-Schwungrad und zwei parallel geschalteten Stromerzeugern von insgesamt 2100 kW bei 700 V und 368 Uml./min.

Nach dem Auswalzen geht die Bramme zu fahrbaren Wipptischen, mit denen die vier Gerüste der 710/810 mm-Feinstrecke mit je drei Walzen bedient werden. Das Walzwerk wird von einem Drehstrom-Induktionsmotor von 6000 PS bei 6600 V und 98 Uml./min angetrieben. Zwischen dem Kammwalzengerüst und dem Motor befindet sich ein Schwungrad von 34,6 t und 8,38 m Dmr. Die gewalzten Stäbe werden durch eine Warmsäge geschnitten, die von einem 250 PS-Motor angetrieben wird.

Parallel zu dieser Anlage liegt das größte Blockwalzwerk, das je gebaut ist, mit Walzen von 1370 mm Dmr. Die Blöcke von 5,4 bis 13,6 t Gewicht werden in Brammen ausgewalzt, um Träger, Brammen für die Blechwalzwerke oder Rundstäbe daraus zu fertigen. Das Walzwerk wird von einem Umkehrmotor von der gewaltigen Leistung von 8000 PS bei 40 Uml./min und einem höchsten Drehmoment von 483 000 mkg angetrieben. Der Umformersatz besteht aus einem Antriebmotor von 5000 PS, einem 68 t-Schwungrad und zwei Stromerzeugern von insgesamt 3500 kW bei 700 V und 368 Uml./min, die parallel arbeiten.

Zwei Mann bedienen die Haupt- und Nebenantriebe des Walzwerks in gleicher Weise wie bei dem 1120 mm-Blockwalzwerk. Die gewalzten Rundstäbe werden auf einer besonderen Schere in Scheiben zum Auswalzen für Räder geschnitten. Die warmen Brammen gehen unmittelbar zum 1320 mm-Vorgerüst, wo sie einige Stiche empfangen, um dann gleich weiter zur 1320 mm-Mittelstrecke zu gehen, wo die Blöcke auf fast den fertigen Querschnitt ausgewalzt werden, um dann endlich zum Fertiggerüst zu gehen. Die fertigen Träger werden auf Länge geschnitten und auf Lager gelegt.

Die Vor- und Mittelstrecken sind einander gleich, indem sie beide aus je einem Kant- und einem Hauptgerüst bestehen mit wagerechten und senkrechten Walzen. Die Kantgerüste werden von je einem Umkehrmotor von 2000 PS bei 57/163 Uml./min und die Hauptgerüste von einem Umkehrmotor von 7000 PS und 50/80 Uml./min angetrieben. Beide Motoren erhalten Gleichstrom aus einem Umformersatz von 6000 kW bei 7000 V. Das Fertiggerüst wird von einem dreiphasigen Induktionsmotor von 4000 PS bei 6000 V und 83 Uml./min angetrieben und hat wagerechte und senkrechte Walzen und ein nicht verstellbares Kaliber. Die Anlage ist mit 61 Kranen für Leistungen von 5 bis 275 t ausgerüstet. [N 649]

Amberg, Oberpfalz H. Illies



[1]) „The Iron Age" Bd. 119 (1927) S. 1815.

Kleindampfturbine mit zwei Geschwindigkeitsstufen

Gelegentlich der Schiffs-, Ingenieur- und Maschinen-Ausstellung in der Olympia-Halle zu London führte die Firma Scott & Hodgson, Manchester, eine einstufige Kleindampfturbine mit radialer Dampfströmung vor, die sich namentlich auch dazu eignen soll, z. B. in Textilfabriken ölhaltigen Abdampf von Kolbenmaschinen auszunutzen und als ölfreien Heizdampf weiterzuliefern. Die Turbine hat ein einziges Laufrad; dieses ist am Umfang mit Schaufeln versehen, die aus einer Hauptdüse und einer Überlastdüse beaufschlagt werden, und trägt an einer Seite zwei Umleitkanäle, die den einmal im Schaufelkranz ausgenutzten Dampf an einer andern Stelle in entgegengesetzter Richtung wieder diesem Schaufelkranz zuführen, so daß er noch einmal ausgenutzt wird, bevor er das Gehäuse verläßt. Die Turbine wird schon für 0,5 PS Leistung bei 2000 Uml./min für Dampf von nicht mehr als ¼ at Überdruck zum Antrieb von Gasgebläsen gebaut; sie braucht vor dem Anlassen nicht angewärmt zu werden. („Engineering" 30. September 1927 S. 422/23*) [N 893 a] H.

Metallwaschmaschine

In den Werken der Oakland Motor Car Co., Pontiac, Michigan, ist eine Metallwaschmaschine zum Waschen und Abspülen von Kraftwagenteilen, die in den mechanischen Werkstätten fertig bearbeitet sind und einen Farbenanstrich erhalten sollen, von der Firma Detroit Sheet Metal Works, Detroit, aufgestellt worden. Die Werkstücke werden an eine Einschienen-Kettenbahn angehängt, deren Geschwindigkeit nach der Zahl der täglich fertiggestellten Wagen geregelt wird. Die einzelnen Teile durchlaufen in der Waschmaschine drei Stufen, und zwar eine Waschvorrichtung und zwei Abspülvorrichtungen, die je 4,8 m^3/min Wasser verbrauchen. Mittels einer Kreiselpumpe wird das Waschwasser, nachdem es gereinigt ist, den Vorrichtungen wieder zugeführt. Unmittelbar an die Metallwaschmaschine ist ein Trockenofen angebaut. Täglich können Teile für 800 bis 1000 Kraftwagen gereinigt werden. („The Iron Age" 22. September 1927 S. 788*) [N 893 d] Gw.

Die Entwicklung der Materialprüfungsanstalt an der Technischen Hochschule Stuttgart seit 1906[1])

Von R. Baumann und O. Graf, Stuttgart

Beziehungen der Materialprüfungsanstalt und ihres Gründers zum Verein deutscher Ingenieure — Kurze Beschreibung der seit 1906 geschaffenen Einrichtungen der Materialprüfungsanstalt — Arbeitsweise in der Anstalt (Unterricht, Forschung, Unfalluntersuchung usw.)

Hierzu Textblatt 11 und 12

Am 17. November 1907 hat C. Bach, Ehrenvorsitzender des Württembergischen Bezirksvereines, über die Verlegung der Materialprüfungsanstalt aus dem Hauptgebäude der Hochschule nach ihrem jetzigen Standort berichtet[2]); er hat dabei hervorgehoben, daß sein Wunsch, die Materialprüfungsanstalt zu fördern, vom Ingenieur-Verein bereits bei ihrer Errichtung vor 45 Jahren tatkräftig unterstützt worden ist. Wer jenen Vortrag gehört hat oder ihn wieder liest, wird an eine Zeit besonders fruchtbarer Zusammenarbeit zwischen Ingenieur-Verein und Materialprüfungsanstalt erinnert. Wir finden dabei Anregungen und Wünsche, die noch gelten und die sich heute im Hauptverein verstärkt und bereichert auswirken. Wenn wir zum 80. Geburtstag Bachs die Entwicklung der Materialprüfungsanstalt verfolgen, die er bis 1922 geleitet hat, so ist dies hiernach nicht bloß ein dankbares Gedenken für den Gründer, sondern auch die Erinnerung an seine Arbeiten, an Aufgaben und Leistungen des Vereins, an denen er in so hervorragendem Maße Teil hat, auch ein Mahnen des Vereins zu neuer tatkräftiger Arbeit im Hinblick auf das von unsern Meistern Errungene.



C. Bach 1927
(von Prof. Janssen)

[1]) Vorgetragen von O. Graf am 22. März 1927 im Württembergischen Bezirksverein des Vereines deutscher Ingenieure anläßlich des 80. Geburtstags von C. Bach, für den erkrankten Vorstand R. Baumann.

[2]) Vergl. Z. Bd. 52 (1908) S. 241.

Im Jahre 1906 bezog die Anstalt die in Abb. 2 und Abb. 4 ersichtlichen Gebäude, während Abb. 1 den Umfang von 1884 und Abb. 3 den heutigen Zustand zeigen. In der Mitte liegt die große Versuchshalle I, Abb. 5[2a]), an die sich die Halle II, Abb. 6, vorzugsweise für Versuche mit Metallen in hohen Temperaturen bestimmt, anschließt. Halle II enthält auch die Pumpen und den Akkumulator für Drucköl. Links von Halle I lag die mechanische Werkstatt, die jetzt Versuchsraum geworden ist; unter dieser ehemaligen Werkstatt sind zwei Erdgeschoßräume geplant. Rechts von Halle I liegt das Verwaltungsgebäude mit den Arbeitsräumen der Ingenieure; ferner sind hier die Räume für Metallographie, sowie für die Prüfung von Zement, Kalk und Traß untergebracht.

Schon kurz nach der Inbetriebnahme waren neue umfangreiche Arbeiten auf dem Gebiete des Bauwesens aufzunehmen, für die neuer Raum nötig war. 1910 mußte deshalb eine Werkstatt an der Poststraße errichtet werden, Halle V, Abb. 3. Auch war eine große Maschine zur Prüfung von Decken und Trägern bis 6 m Auflagerentfernung und Belastungen bis 160 000 kg zu beschaffen[3]). Diese Maschine, Abb. 7, ist mit einigen Ergänzungen im Laufe der Zeit eine viel benutzte Ein-

[2a]) s. Textblatt 11 mit Abb. 5, 6 und 8; Textblatt 12 enthält Abb. 7 und 10 bis 14.

[3]) Vergl. Heft 30 des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton.

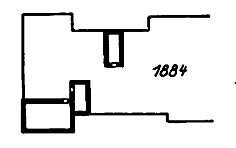


Abb. 1 Umfang der Räume von 1884 im Keller des Hochschulgebäudes

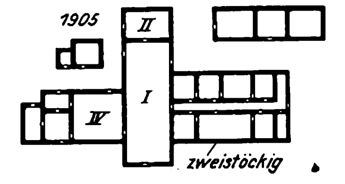


Abb. 2 Umfang der Räume von 1905 im eigenen Neubau

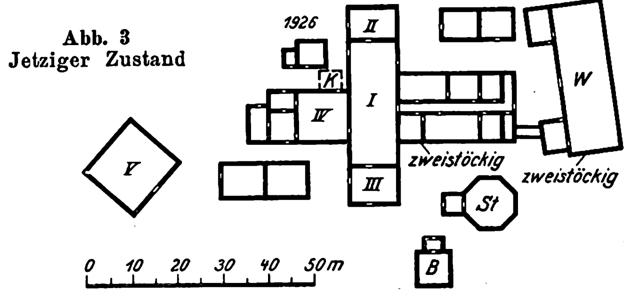


Abb. 3 Jetziger Zustand

Abb. 1 bis 3. Entwicklung der Materialprüfungsanstalt an der Techn. Hochschule Stuttgart

B Gebäude zur Erforschung der Widerstandfähigkeit der Baustoffe bei hohen Temperaturen
K Kühlraum unter dem Hof
St Haus zur Prüfung von Straßendecken
W Neue Werkstatt
I Große Versuchshalle
II Versuche bei höherer Temperatur
III Große Versuchsmaschinen
IV Dauerversuche
V Herstellung von Betonkörpern usf.

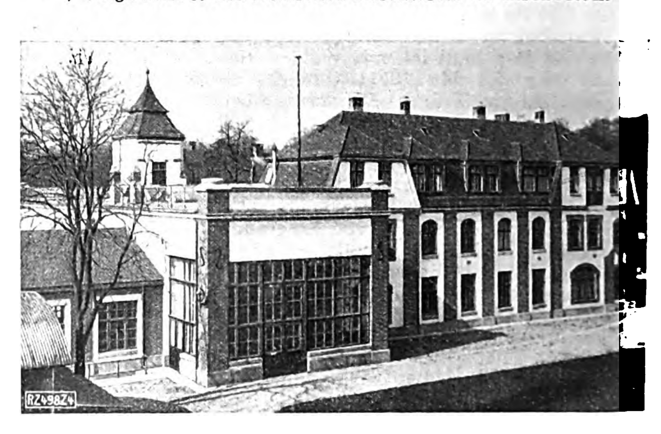


Abb. 4 Außenansicht der Materialprüfungsanstalt im Jahre 1905

Baumann und Graf:
Entwicklung der Materialprüfungsanstalt an der Technischen Hochschule Stuttgart

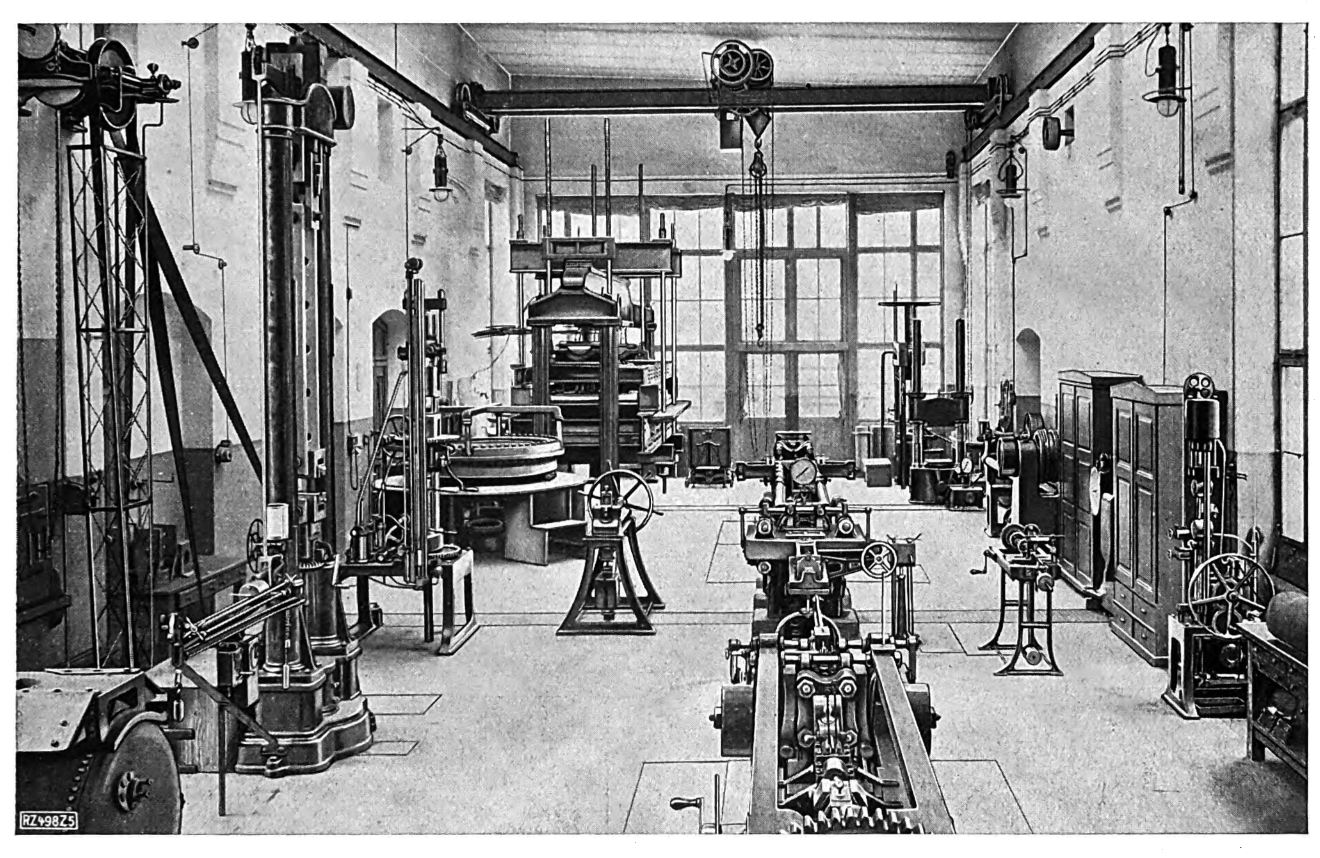


Abb. 5
Große Versuchshalle I

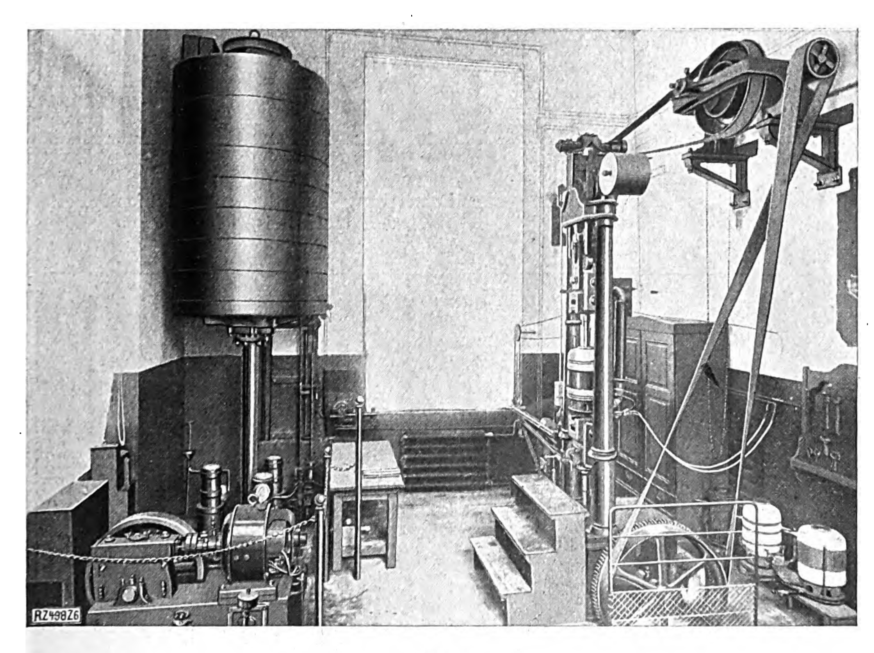


Abb. 6
Halle II für Versuche mit Metallen in hohen Temperaturen

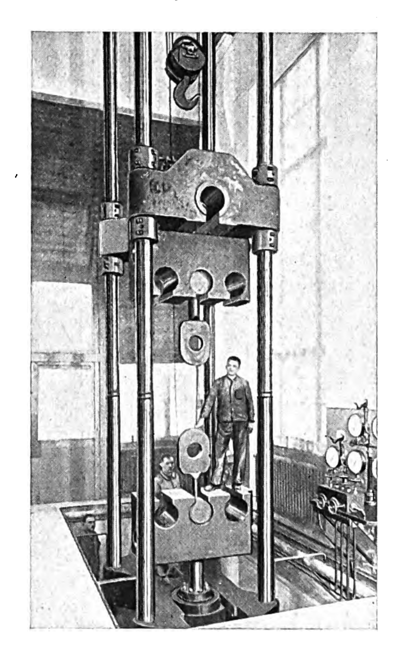


Abb. 8
Zugmaschine für 500 t Zugkraft

Baumann und Graf:

Entwicklung der Materialprüfungsanstalt an der Technischen Hochschule Stuttgart

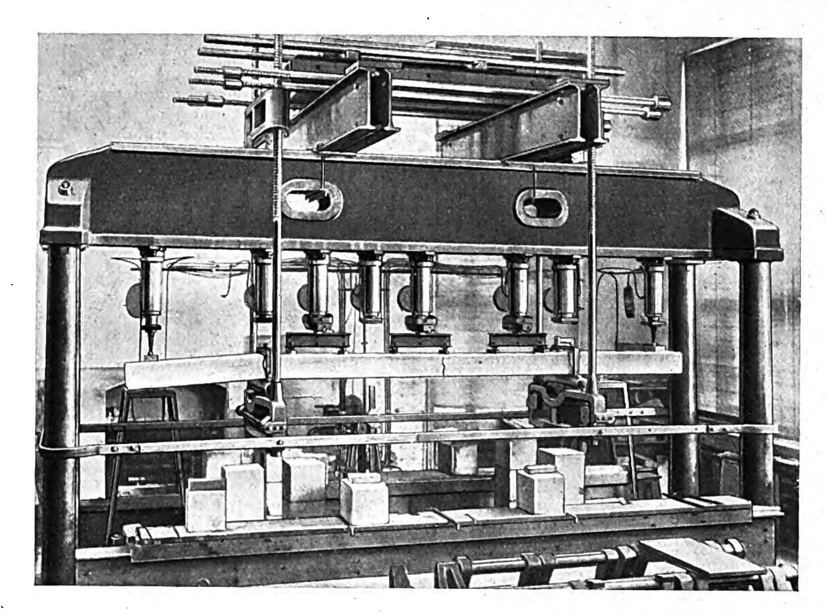


Abb. 7
Maschine zur Prüfung von Decken und Trägern bis 6 m Auflagerentfernung und 160 000 kg Belastung

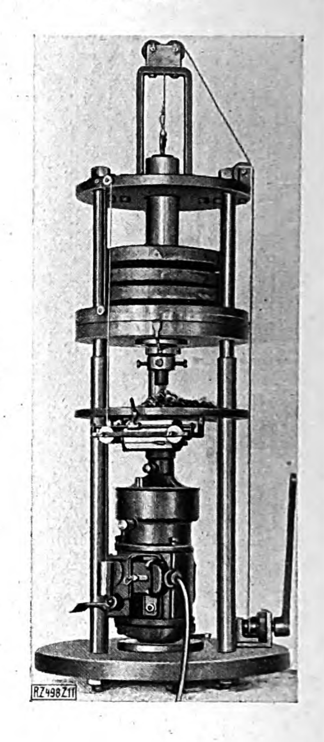


Abb. 12 (rechts) Maschine zur Feststellung der Bearbeitbarkeit der Metalle

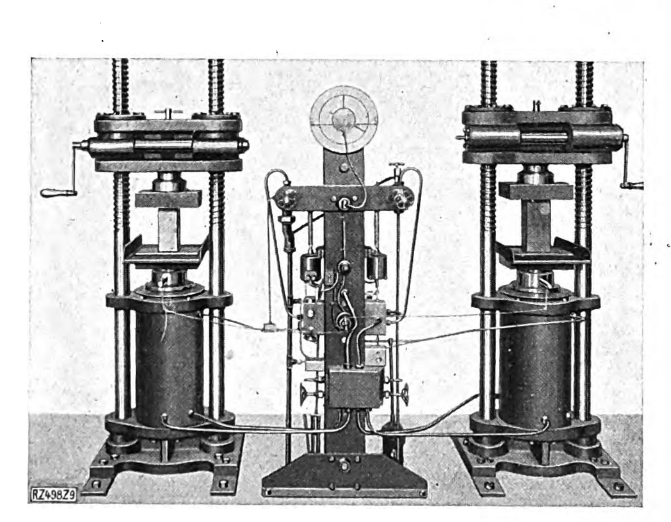


Abb. 10
Maschine zur Feststellung des Verhaltens von Baustoffen bei oftmals wiederholter Druckbelastung

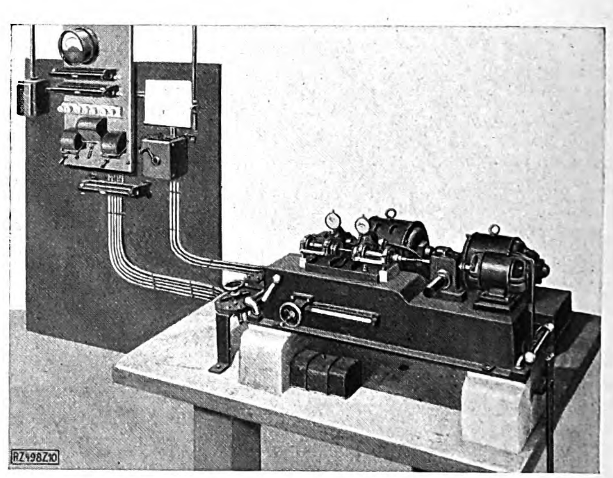


Abb. 11
Maschine zur Ermittlung der Schwingungsfestigkeit von Metallen

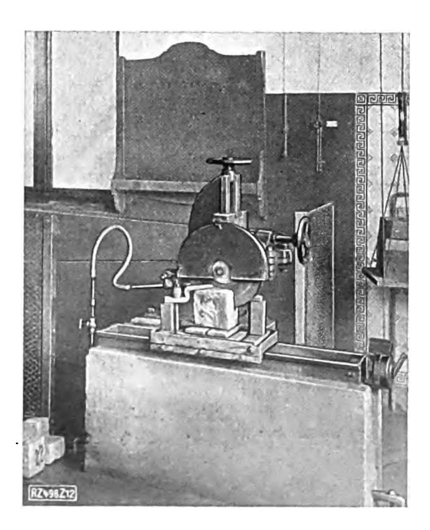


Abb. 13. Maschine für die Bearbeitung von Natursteinen

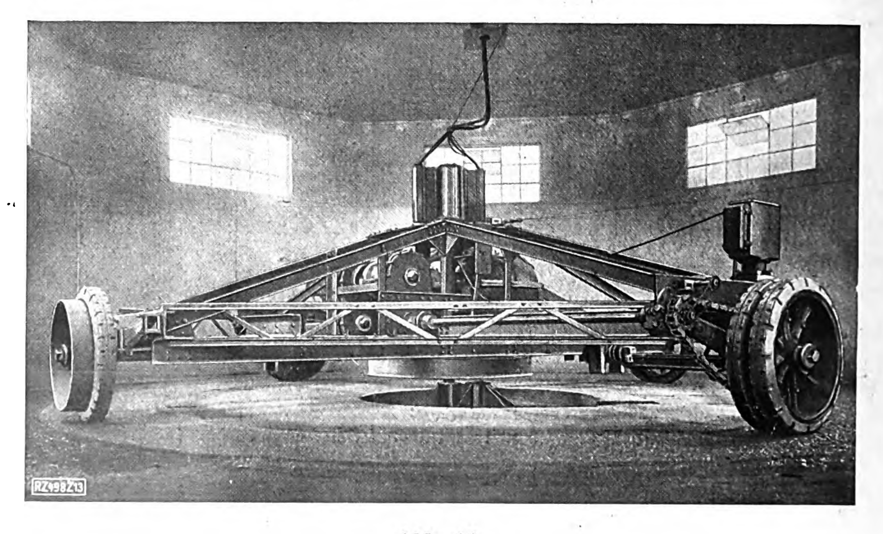


Abb. 14
Versuchseinrichtung zur Prüfung von Straßendecken



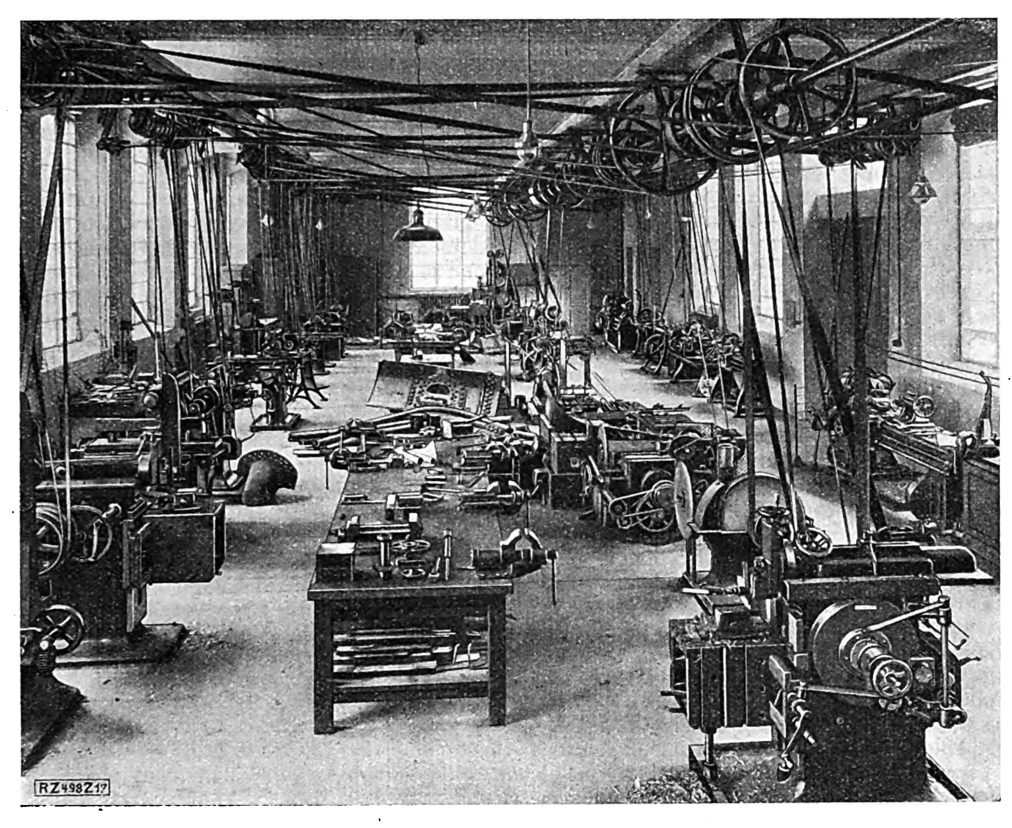


Abb. 9. Mechanische Werkstätte

richtung geworden, weil man mit ihr die Bauteile unter sehr verschiedenartigen Verhältnissen untersuchen kann. Große Ausdehnung gewannen die metallographischen Untersuchungen[4]); sie können in bedeutendem Umfang betrieben werden.

Neben der allgemeinen Tätigkeit war für die Ausgestaltung mit kleinen Einrichtungen Sorge zu tragen. Die bei uns entstandenen und inzwischen vielfach eingeführten Kraftmesser[5]) haben an andern Stellen zur Schaffung verwandter Einrichtungen Anlaß gegeben.

In wenigen Jahren wurde der Raumbedarf so groß, daß eine neue Erweiterung der Anstalt nicht zu umgehen war. Bei Kriegsausbruch waren die Vorarbeiten für eine bedeutende Vergrößerung eingeleitet worden; sie mußten abgebrochen werden. Zunächst hat das Ingenieur-Laboratorium der Technischen Hochschule einige Nebenräume zur Verfügung gestellt, um den dringendsten Bedürfnissen entsprechen zu können. Im Jahre 1922 wurde Halle III, Abb. 3, auf Antrag von Bach als Notstandsarbeit errichtet. Halle III ist höher als die älteren Räume; sie ist für besonders schwere Maschinen bestimmt und hat deshalb einen Laufkran für 12 500 kg Tragkraft mit elektrischem Hubwerk, dessen Beschaffung mit den vom Staat bewilligten bescheidenen Mitteln Dir. Reutter von der Firma Deutsche Maschinenfabrik A.-G. ermöglichte. In jüngster Zeit konnte in dieser Halle eine Zugmaschine für 500 000 kg Zugkraft aufgestellt werden, Abb. 8. Ihre Aufstellung ist nach jahrelanger Sammlung durch das verständnisvolle Eintreten von Geheimrat Dr. Lippart und mit vielen Sachstiftungen aus der Industrie seitens der Materialprüfungsanstalt möglich geworden. Die Halle III enthält ferner eine 50 t-Maschine für genaueste Kraftmessungen.

In der gleichen Halle haben wir bis jetzt noch das Fundament für eine große Druckmaschine, da die vorhandene Presse zwar für Knickversuche viel gebraucht wird (bis 9,5 m Höhe)[6]), hinsichtlich der Kraftäußerung aber schon längst nicht mehr genügt.

[4]) C. Bach und R. Baumann, Festigkeitseigenschaften und Gefügebilder, 2. Auflage; Berlin 1921.
[5]) C. Bach und R. Baumann, Elastizität und Festigkeit, § 8; Berlin 1924; Bach und Graf, Heft 44 des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton.
[6]) C. Bach, Z. Bd. 57 (1913) S. 1969.

1923 hat Emil Kübler unter dem Hof der Anstalt einen stattlichen Kühlraum errichten lassen, *K*, Abb. 3. Die Maschinenfabrik Eßlingen stiftete die zugehörigen maschinellen Einrichtungen. Infolge der Erweiterung können umfassende Versuche über das Verhalten von Werkstoffen in niedriger Temperatur ausgeführt werden; inzwischen sind damit wertvolle Feststellungen gemacht worden[7]).

1924 war der Vorstand der Anstalt genötigt, den Bau einer neuen Werkstatt zu beantragen; sie ist an der Cannstatter Straße errichtet, *W*, Abb. 3, und schließt sich über eine Brücke an das alte Hauptgebäude an. Das neue Werkstattgebäude enthält im Erdgeschoß die Transformatorenanlage nebst Schalttafel, sowie die mechanische Werkstätte, Abb. 9. Trotz der schweren Zeit ist es gelungen, die Einrichtung ohne staatliche Beihilfe zu vollenden, unter entgegenkommender Hilfe der Industrie. U. a. erhielten wir einen Transformator zum Anschluß an das städtische Hochspannungsnetz von der Firma A. Thyssen, Mülheim a. d. Ruhr, 30 m Kugellagertransmission nebst Riemenscheibe von der Firma SKF-Norma, Berlin, eine große Kaltsäge von der Firma Gustav Wagner, Reutlingen, eine große Drehbank von der Firma Gebr. Böhringer, Göppingen, eine Shapingmaschine von der Firma Dr. Morgenstern, Fürth, elektrische Einrichtungen von der Firma Reißer, Elektrizitäts-A.-G., Stuttgart, und der Maschinenfabrik Eßlingen. Im Obergeschoß sind hauptsächlich die Einrichtungen zum Glühen, Härten und Schmelzen von Metallen untergebracht; durch die hier befindlichen Einrichtungen, hauptsächlich vom Gaswerk der Stadt Stuttgart, Dr.-Ing. E. h. Otto Dick, Eßlingen, der Firma Fried. Krupp A.-G., Essen, und den Siemens-Schuckert-Werken gestiftet, wurde das Gebiet der Metalluntersuchung wesentlich gefördert.

Nach Fertigstellung der neuen Werkstatt wurde die alte frei für neue Einrichtungen und für solche, die in der großen Versuchshalle I wenig zugänglich aufgestellt waren. In der Hauptsache wird sie Einrichtungen für die Prüfung von Werkstoffen bei oftmals wiederholter Belastung aufnehmen. Einen Teil dieser Einrichtungen zeigen Abb. 10 und 11. Sodann ist hier eine neue Maschine

[7]) Vergl. Graf, Heft 57 des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton.

zur Feststellung der Bearbeitbarkeit der Metalle aufgestellt, Abb. 12. Neben der Halle IV ist die Werkstatt für die Bearbeitung von Natursteinen neu eingerichtet worden, Abb. 13. Auch befindet sich dort ein Kompressor, von Dr.-Ing. Roser und Dir. Bätzner gestiftet, der neue Arbeitsmöglichkeiten schafft.

So war über die Räume bereits bei ihrer Bereitstellung wieder verfügt. Für weitere Aufgaben mußten neue Räume gefunden werden. Die Entwicklung des Straßenverkehrs ließ bereits vor Jahren die Aufnahme von Straßenprüfungen wünschenswert erscheinen. Dank der Unterstützung durch das Ministerium des Innern, durch die Stadt Stuttgart und vor allem durch die Beihilfe von Ludwig Bauer, Stuttgart, und Karl Kälble, Backnang, ist es gelungen, eine Einrichtung zur Prüfung der Straßendecken zu erhalten, u. W. als erste derartige auf dem Kontinent. Abb. 14 zeigt das Innere des Hauses, *St* in Abb. 3, mit der Versuchseinrichtung. Wir pflegen damit die Forschung auf dem Gebiete des Straßenbaues in Fortsetzung der vielen Versuche mit Straßenbaustoffen, die Bach seit Gründung der Anstalt durchgeführt hat.

Kurze Zeit darauf ging ein weiterer alter Wunsch in Erfüllung durch Errichtung des Gebäudes *B*, Abb. 3, das der Erforschung der Widerstandfähigkeit der Baustoffe bei Einwirkung hoher Temperaturen gewidmet ist. Seit mehr als einem Jahrzehnt war die Anstalt bestrebt, eine Einrichtung zur Untersuchung von Bauteilen und Gebäuden im Feuer zu erlangen, die weniger unvollkommen war als das bisher Übliche. Es war ein besonderes Bauwerk nötig. Die Gebäudebrand-Versicherungsanstalt (Präsident Dr. Scheurlen, Oberbaurat Burger), mehrere Feuerversicherungsgesellschaften, die württembergischen Ministerien und die Stadt Stuttgart, vor allem Dr. Freytag, Frankfurt a. M., haben uns die Schaffung des Gebäudes und seiner Einrichtung ermöglicht.

Aus der Schilderung der räumlichen Entwicklung ist zu entnehmen, daß die Inanspruchnahme der Anstalt außerordentlich gewachsen ist. Auf allen Arbeitsgebieten waren Erweiterungen nötig, und die Arbeitsverfahren mußten vertieft werden. Daß dieses Vorgehen richtig war, finden wir durch die rasch wachsende Beanspruchung mit schwierigen Aufgaben bestätigt. Die zahlreichen kleinen Aufträge zur Untersuchung von Werkstoffen als Hilfsmittel der laufenden Werkstoffabnahme sind stetig gewachsen; noch bedeutend mehr gesteigert haben sich die Aufgaben, die bei der Einführung neuer Stoffe auftreten, namentlich durch Verfolgung von Eigenschaften, die in den Abnahmevorschriften noch nicht genannt sind oder waren. Für zahlreiche Stoffe sind Prüfverfahren entwickelt worden, die bei der Aufstellung von Normen zur Verfügung gestellt werden konnten.

Eine große Bedeutung hat die Feststellung der Ursachen von Schadenfällen auf allen Gebieten gewonnen, ferner die Beratung in der Wahl und der Behandlung der Werkstoffe für neue Konstruktionen und namentlich für neue Bauwerke, auch Bearbeitungs- und Verarbeitungsfragen sind wichtig geworden.

Ein anderes lehrreiches Bild der Entwicklung der Anstalt zeigt Abb. 15. 1884 begann der Gründer der Anstalt mit einer Hilfskraft. 1905 waren 10 Personen tätig, 1914 schon 37. Infolge des Krieges und der Geldentwertung senkte sich die Zahl der Arbeitskräfte vorübergehend. Ende 1926 arbeiteten 59 Personen in der Anstalt, heute sind es 64. Der Auftragbestand ist derart, daß wir mit einer weiteren Vermehrung rechnen müssen, wobei uns die Beschaffung der Arbeitsplätze für die Ingenieure große Sorge macht.

Soweit bis jetzt die Tätigkeit der Anstalt zu schildern war, geschah dies hinsichtlich der Arbeit für Industrie und Handwerk. Diese Tätigkeit, begleitet von einem lebhaften Erfahrungsaustausch mit den Auftraggebern, wirkt außerordentlich befruchtend auf den andern Teil unserer Tätigkeit als Unterrichtsinstitut der Technischen Hochschule. Der Unterricht ist in der Ausführung völlig getrennt von den Arbeiten für Industrie, Handwerk und Handel, sowie von den wissenschaftlichen Arbeiten. Die Studierenden beteiligen sich nicht an der Erledigung der Arbeiten für die Industrie, die streng geheimgehalten werden. Grundlegend ist stets die schon von dem Schöpfer der Anstalt vertretene Auffassung, daß die Studierenden alles selbst auszuführen haben, also Vorführung von Untersuchungen auszuschließen ist. Für diese Arbeitsweise ist die Bildung von kleinen Arbeitsgruppen nötig, früher aus drei, jetzt aus vier bis acht Studierenden bestehend, die durch je einen Assistenten Anleitung erfahren und wöchentlich 3 h arbeiten. Der Unterricht bedingt eine starke Beanspruchung der Anstaltsmittel und der Lehrer, die diesen Unterricht zu erteilen haben[8]).

Außerdem wird möglichst oft Gelegenheit genommen, die in der Materialprüfungsanstalt gewonnenen Erkenntnisse der Allgemeinheit zugänglich zu machen, soweit dies erlaubt ist, vor allem durch Kurse in der Materialprüfungsanstalt selbst, sodann durch Vorträge in den Fachvereinen. Z. B. sind im letzten Jahr zwei Kurse für Revisionsingenieure, ein Kurs für Gewerbelehrer und ein Kurs für Gießereiingenieure abgehalten worden.

Schließlich soll die Materialprüfungsanstalt eine Forschungsstätte sein. Die Aufgaben, die Anlaß zu Forschungsarbeiten geben, müssen unmittelbar den praktischen Erfordernissen entspringen, wenn sie der Technik Nutzen bringen sollen. Die Erfordernisse zu erkennen, geben die Arbeiten für Industrie und Handwerk, vor allem die Schadenfälle, Gelegenheit. Zur Durchführung der Aufgaben, die sich in dieser Weise herausstellen, sind selbstverständlich fortlaufend erhebliche Mittel nötig, die aus Stiftungen und von den großen, wissenschaftlichen Verbänden von Fall zu Fall unter persönlicher Verantwortung zu erbitten sind. In einer stattlichen Reihe von Arbeiten zusammenfassender Art ist weiterhin die systematische Ordnung der jeweils vorhandenen Kenntnisse angestrebt, ein Ziel, das sowohl für die Fortführung der Forschungsarbeiten als auch für die Nutzbarmachung der Ergebnisse scharf im Auge zu behalten ist.

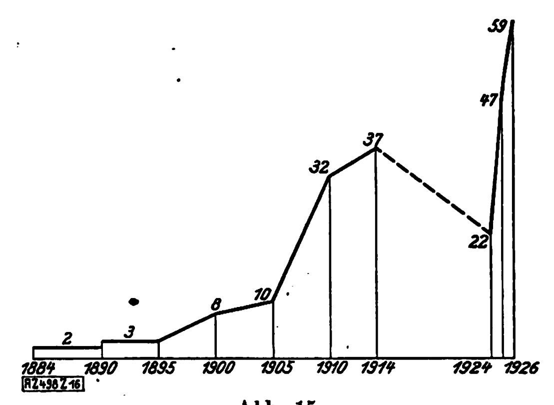


Abb. 15
In der Materialprüfungsanstalt tätige Arbeitskräfte

Die Einstellung der Materialprüfungsanstalt zu allen diesen Aufgaben ist nicht fremd. Man sieht darin, wie überhaupt in unserer Entwicklung, ein Stück der großen Leistungen des Jubilars. Dem von Bach gegebenen Vorbild wird auch in Zukunft nachgeeifert werden. Mit diesem Versprechen stellen wir uns nur in die Reihe der vielen Männer, die das von Bach Errungene erlebt haben und mit seinen Erkenntnissen als Ingenieur und Mensch wirken wollen. Der Ingenieur-Verein will das so Errungene wach halten. Er tat dies durch Stiftung der schönen Büste (Titelbild), die Prof. Janssen geschaffen hat und die an der Materialprüfungsanstalt ihren Platz finden wird. [B 498]

[8]) R. Baumann, Unterricht im Materialprüfungswesen, Z. Bd. 70 (1926) S. 13.

Ein neuer Schallmesser für die Praxis

Von H. Barkhausen, Dresden[1])

Praktischer Wert der Schallmessung. Großer Unterschied zwischen physikalischer und physiologischer Lautstärke, von denen praktisch allein die letztere wichtig ist. Der neue Schallmesser ist ein in physiologischen Lautstärkeeinheiten geeichter Maßstab. Messen durch Vergleich mit beiden Ohren. Es gibt noch kein Maßsystem; Vorschläge dafür. Schwellwerteinheit. Wien- und Phon-Skala. Anwendungsbeispiele.

Licht und Schall gehören schon seit undenklichen Zeiten zu den für den Menschen wichtigsten Dingen. Eine eigentliche Lichttechnik gibt es aber erst seit wenigen Jahrzehnten, und von einer eigentlichen Schalltechnik kann man auch heute noch nicht reden. Fehlt doch dazu die wichtigste Voraussetzung für jede exakte Technik: Ein Meßverfahren und eine Maßeinheit. Der Grund dafür liegt nahe. Wir besitzen ohne alle Technik in unsern Augen und Ohren an sich schon höchst vollkommene und sinnreiche Empfangsorgane für Licht und Schall. Und die dazu gehörige Lichtquelle liefert uns die Sonne auch heute noch ganz umsonst in nicht zu erreichender Mächtigkeit und Fülle, während Schallquellen fast mit jeder Bewegung in der Natur verbunden sind, und wir außerdem noch selbst im Kehlkopf über einen recht kräftigen und modulationsfähigen Schallsender verfügen.

Eine Lichttechnik war erst erforderlich, als mit der weiteren Entwicklung der rastlosen Menschheit auch die Nacht durch künstliche Lichtquellen zum Tage gemacht werden mußte. Zur Schalltechnik treibt gerade die entgegengesetzte Forderung, die Unruhe des Tages und der immer mehr zum Tage werdenden Nacht zu dämpfen. Die wichtigste Aufgabe einer modernen Schalltechnik ist also, die vielen unbeabsichtigt entstehenden Geräusche messend zu untersuchen und auf ein von Fall zu Fall festzulegendes erträgliches Maß zu dämpfen. Weiter wird es aber auch immer wichtiger, die vielen absichtlich zu Signalzwecken erzeugten Töne bezüglich ihrer Lautstärke zahlenmäßig zu kennzeichnen, damit man jeweils die geeignete Lautstärke vorschreiben kann. Auch ist irgendeine Verbesserung an diesen Geräten erst dann erkennbar, wenn sie zahlenmäßig angegeben werden kann. Es besteht daher zweifellos ein Bedürfnis nach einem Gerät, das die Lautstärke beliebiger Töne oder Geräusche zu messen gestattet.

Am bequemsten dazu wäre ein Gerät, das an einem Zeiger unmittelbar die Lautstärke des Schalles abzulesen gestattete. Das würde zunächst wegen der außerordentlich geringen Schall-Energie Schwierigkeiten machen, die aber mit Verstärkern wohl zu überwinden wären. Aber ein solches Gerät besäße praktisch nur eine sehr beschränkte Bedeutung; denn jedes Gerät kann selbstverständlich nur durch die physikalische Lautstärke, die Größe der Luftdruckschwankungen, betätigt werden. Was wir aber praktisch messen wollen, ist die physiologische Lautstärke, wie laut uns der Schall erscheint, wenn er unser Ohr trifft. Beide Größen laufen aber durchaus nicht parallel, ja, es besteht zwischen ihnen überhaupt kein eindeutiger Zusammenhang. Ein einfacher Versuch möge dies erläutern. Schaltet man einen Lautsprecher und einen elektrischen Strommesser hintereinander, so daß der Ausschlag am Strommesser nahezu verhältnisgleich der physikalischen Lautstärke ist, und schickt man zunächst durch beide Geräte einen Wechselstrom von 50 *Hertz*, so schlägt der Strommesser über den ganzen Meßbereich aus, aber man hört nur ein ganz leises Brummen. Schickt man jetzt einen viel schwächeren Wechselstrom, aber von andrer Frequenz, nämlich von 500 *Hertz*, hindurch, so rührt sich der Zeiger am Strommesser kaum und man hört doch einen recht lauten Ton.

Diese Erscheinungen sind zuerst von Max Wien[1a]) genauer untersucht worden. Er fand, daß die Töne von rd. 1000 *Hertz* physiologisch am wirksamsten sind, daß die Wirksamkeit sowohl in Richtung der tieferen, als auch der höheren Töne zunächst langsam, dann schneller abnimmt. Die ganz tiefen Töne von 50 *Hertz* sind 10 000 mal so wenig wirksam! Wien ermittelte dies aus Schwellwertmessungen, indem er für verschiedene Frequenzen die Stromstärke im Kopfhörer bestimmte, die gerade eben noch hörbar war. Seine Ergebnisse gelten aber auch für beliebige Lautstärken. Denn wenn man zwei beliebige Töne oder Geräusche vom Schwellwert aus um gleich viel steigert, so bleiben sie für unsre Empfindung stets gleich laut[2]).

Man muß also streng zwischen der physikalischen und der physiologischen Lautstärke unterscheiden. Praktisch wichtig ist im allgemeinen nur die letztere. Soll daher ein von der physikalischen Lautstärke betätigtes Gerät die physiologische Lautstärke anzeigen, so muß es in sich einen Umrechnungsfaktor enthalten, der die physiologischen Eigenschaften des menschlichen Ohres wiedergibt, die bei der Lautstärkenempfindung mitwirken. Dieser Umrechnungsfaktor ist aber bei nicht ganz reinen Tönen und noch viel mehr bei unregelmäßigen Geräuschen, mit denen wir es in der Praxis hauptsächlich zu tun haben, eine sehr verwickelte Funktion, deren genauere Erforschung überhaupt erst kürzlich für einige Sonderfälle gelungen ist[3]).

Die Verhältnisse sind dieselben, wie bei der Lichtmessung. Auch unser Auge empfindet Licht von gleicher physikalischer Stärke als sehr hell, wenn es gelb ist, dagegen wesentlich dunkler, wenn sich die Farbe dem ultraroten oder dem ultravioletten Ende des Spektrums nähert. Man kann auch in der Lichttechnik, besonders wenn es sich um verschiedenfarbiges Licht handelt, keine physikalisch anzeigenden Instrumente verwenden, sondern vergleicht im Helligkeitsmesser unmittelbar mit dem Auge die zu messende Lichtquelle mit einer zweiten Lichtquelle, die genau geeicht ist und auf gleiche physiologische Helligkeit eingestellt wird.

Genau dasselbe Verfahren führt nun auch in der Schalltechnik zum Ziele. Sorgfältige Messungen mit Telephonströmen[3]) haben ergeben, daß man mit dem Ohr sehr gut ganz verschiedenartige Schallquellen bezüglich ihrer Lautstärke miteinander vergleichen kann und daß man genau dieselben Lautstärken erhält, als wenn man nach der Schwellwertmethode mißt. Beim Verändern des Vergleichtones findet man ohne weiteres einen Bereich, wo der Vergleichton bestimmt lauter und einen zweiten, wo er bestimmt leiser ist als der zu messende Schall. Nach einigem Probieren ergibt sich, daß diese Bereiche ziemlich eng aneinander stoßen, so daß die Lautstärkengleichheit ziemlich scharf festgelegt werden kann.

Man kann sogar zwei Schallquellen auch dann ganz gut bezüglich ihrer Lautstärke vergleichen, wenn die eine ausschließlich auf das linke, die andre auf das rechte Ohr einwirkt. Daraus ergibt sich ein sehr einfaches Meßgerät, der Schallmesser. Man läßt den zu messenden Schall frei auf das eine Ohr einwirken, während man dem andern Ohr durch einen Kopfhörer einen Schall von veränderlicher, genau geeichter Lautstärke zuführt. Der letztere ist durch immer engeres Eingrenzen so einzustellen, daß er eben so laut erscheint wie der zu messende Schall. Selbst bei etwas verschiedener Empfindlichkeit beider Ohren bleibt die Messung anscheinend noch einwandfrei, weil man ja im täglichen Leben dauernd eine Schallquelle mit beiden Ohren hört und unbewußt beide Eindrücke vergleicht. Der Fehler im Ohr wird dadurch ausgeglichen. Solange hierüber aber noch keine weiteren

[1]) Vorgetragen im Dresdner Elektrotechnischen Verein.

[1a]) M. Wien: Über die Empfindlichkeit des menschlichen Ohres für Töne verschiedener Höhe, Verhandlungen d. Ges. Deutscher Naturforscher u. Ärzte. 78. Vers. II. T. 1. H. S. 28.

[2]) Vergl. Barkhausen u. Tischner, Die Lautstärke von zusammengesetzten Tönen und Geräuschen, Z. f. Techn. Phys. Jg. 8 (1927) S. 115.

[3]) Barkhausen u. Lewicki, Die Empfindlichkeit des Ohres für nicht sinusförmige Töne, Physikalische Zeitschrift Jg. 25 (1924) S. 587. Vergl. auch [2]).



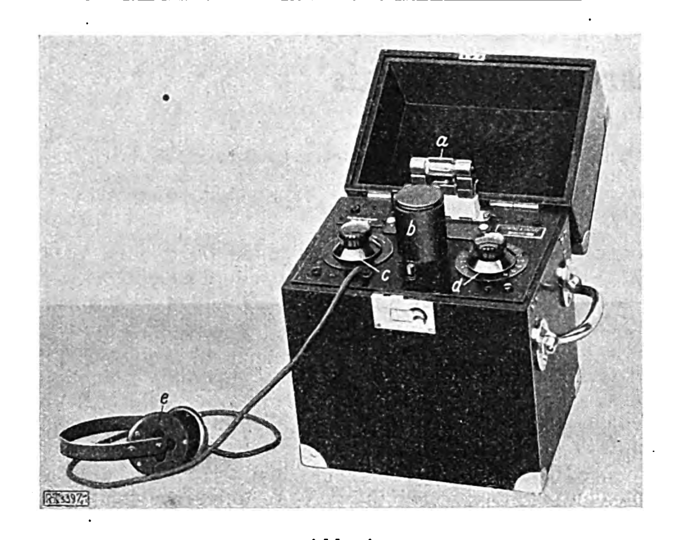


Abb. 1
Schallmesser
a Glimmlampe *b* Summerunterbrecher *c* Regelwiderstand
d Meßwiderstand *e* Meßkopfhörer

Erfahrungen vorliegen, wird man zunächst gut tun, die Messung nacheinander mit dem einen und dem andern Ohr auszuführen und das Mittel aus beiden zu nehmen.

Der wichtigste Punkt des Schallmessers ist seine Eichung. Für das Meßverfahren ist die Höhe und Klangfarbe des Vergleichtones fast ganz gleichgültig, so daß man daher den Vergleichton im Kopfhörer einfach durch einen Summerunterbrecher erzeugen kann. Bei dem von der Firma Siemens & Halske auf meine Anregung hergestellten Gerät, Abb. 1, ist dieser Summer auf die mittlere Tonfrequenz $f = 800$ *Hertz* fest eingestellt. Das ist zugleich etwa die am besten hörbare Frequenz, so daß zum Antrieb eine kleine Taschenlampenbatterie genügt und doch damit die größten, für unser Ohr überhaupt noch erträglichen Lautstärken im Kopfhörer herzustellen sind. Auch macht eine kleine Änderung der Frequenz auf die Lautstärke fast nichts aus, wenn der Kopfhörer in diesem Bereich keine scharfen Resonanzlagen hat. Der Kopfhörer darf nicht ausgewechselt werden, da seine Empfindlichkeit mit in die Eichung eingeht.

Die Empfindlichkeit guter Meß-Kopfhörer bleibt jahrelang unverändert. Um Fehler infolge Nachlassens der Batterie oder des Summers auszuschließen, ist der vom Summer erzeugte Wechselstrom über einen Transformator auf eine kleine Glimmlampe mit ganz unveränderlicher Zündspannung geschaltet. Der Regelwiderstand ist so einzustellen, daß die Lampe gerade aufleuchtet. Dadurch ist das Einhalten einer gleichbleibenden Spannung und damit der geeichten Lautstärken in einfachster Weise gewährleistet. Die verschiedenen Stufen der Lautstärke werden durch einen in 15 geeichte Stufen unterteilten Meßwiderstand geregelt, wobei der Meßhörer in Spannungsteilerschaltung zu diesem Widerstand geschaltet ist, Abb. 2.

Bezeichnend für den bisherigen Stand der Schalltechnik ist das Fehlen eines Maßsystems für die physiologische Lautstärke. Für die physikalische Lautstärke gerichteter, fortschreitender Schallwellen ist das absolute Maß durch die in der Sekunde durch 1 cm² hindurchgehende Leistung oder durch die dabei in der Luft entstehenden Druckschwankungen gegeben. Man spricht daher z. B. von einer Schallintensität von 1 dyn/cm². Schall von so kleinen Druckschwankungen — 1 dyn/cm² ist nahezu gleich einer milliontel Atmosphäre — wird vom menschlichen Ohr schon als außerordentlich laut empfunden, aber nur bei den Frequenzen, für die unser Ohr besonders empfindlich ist.

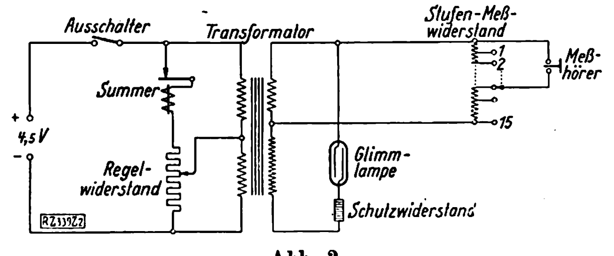


Abb. 2
Schaltung des Schallmessers

In ähnlicher Weise wie beim Licht könnte man eine „akustische Hefnerkerze" irgendwie festsetzen, z. B. eine in bestimmter Weise angeblasene Orgelpfeife von bestimmten Abmessungen. Deren Lautstärke in 1 m Abstand wäre dann die willkürlich festgesetzte physiologische Einheit. Damit sich durch die Wahl des Maßsystems jedoch eine Vereinfachung ergibt, habe ich als Einheit der Lautstärke den Schwellwert gewählt und diese nach dem Manne, der die ersten, für die Schalltechnik so wichtigen Schwellwertbestimmungen ausgeführt hat[4]), mit „*Wien*" bezeichnet. Eine Lautstärke von 100 *Wien* hat dann ohne weiteres die Bedeutung, daß man die physikalische Lautstärke, z. B. den Strom in einem Lautsprecher auf $^1/_{100}$ schwächen kann, ehe seine Wahrnehmbarkeit verschwindet. Bei der Messung nach dem Schwellwertverfahren findet man dann die Lautstärke ohne alle Umrechnung unmittelbar in *Wien*.

Gerade die Schwellwertmessungen sind freilich recht mühsam und wenig genau. Die Schaffung einer „akustischen Hefnerkerze" bleibt daher immer noch sehr erwünscht, um einen bestimmten Eichpunkt in der *Wien*-Skala genauer als den Schwellwert festzulegen. Man könnte z. B. die Lautstärke eines reinen Tones der Frequenz von 1000 *Hertz* und der physikalischen Schallstärke von 1 dyn/cm² = *a Wien* setzen, wobei der Zahlenwert *a* einmal durch eine möglichst sorgfältige Messung festzulegen wäre.

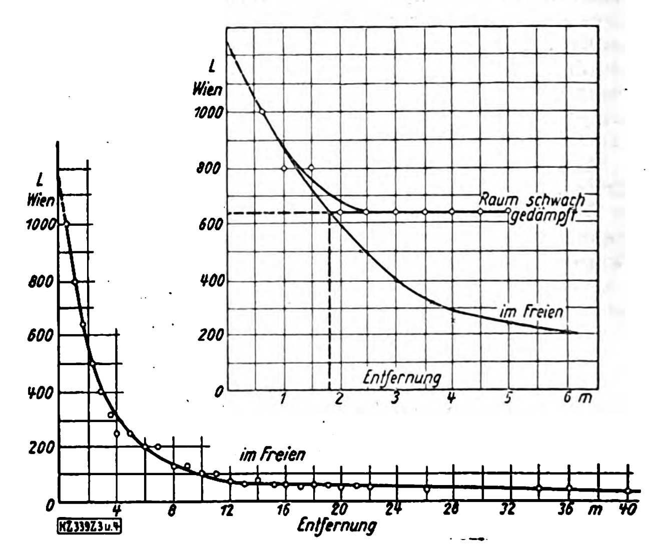


Abb. 3 und 4
Abnahme des Schalles mit der Entfernung

Die der physikalischen Lautstärke entsprechende *Wien*-Skala ist aber nur für physikalische Untersuchungen, Abb. 3 bis 6, zweckmäßig. Die physiologische Lautstärke wächst dagegen nach dem Fechnerschen Gesetz nur logarithmisch mit der physikalischen Lautstärke. Letztere muß in einer geometrischen Reihe anwachsen, um physiologisch den Eindruck einer gleichmäßigen Zunahme zu erwecken. Für die meisten praktischen Zwecke ist eine derartige physiologische Skala zweckmäßiger, und ich habe dafür die Einheit „Phon" gewählt. Da eine Verdoppelung in der *Wien*-Skala für unser Empfinden nur einen gerade deutlich wahrnehmbaren Lautstärkenunterschied bedeutet, ist ein solcher Schritt mit

[4]) Vergl. [1]) Diese auf M. Wien zurückgehende Einheit ist in der Fernsprechtechnik schon längere Zeit in Verwendung. Man verwendet dort auch eine der Phon-Skala entsprechende Skala in geometrischer Reihe, aber aus einem ganz andern Grunde, nämlich weil dadurch die kilometrische Abnahme der Stromstärke auf langen Fernsprechleitungen unmittelbar dargestellt wird.

Zahlentafel 1

Wien	Phon	Musik (Geige)
1	0	
2	1	
4	2	pianissimo
8	3	
16	4	piano
32	5	
64	6	mezzoforte
125	7	
250	8	forte
500	9	
1 000	10	fortissimo
2 000	11	
4 000	12	
8 000	13	
16 000	14	
32 000	15	Schmerzempfindung

1 Phon bezeichnet worden. Zahlentafel 1 zeigt den Zusammenhang zwischen der so entstandenen Phon- und der *Wien*-Skala. Der Schwellwert erhält die Bezeichnung 0 Phon, weil bei ihm die Lautstärkenempfindung ja verschwindet. In dieser so festgelegten physiologischen Skala ist der Schallmesser, Abb. 1 und 2, unmittelbar geeicht.

Die Musik hat seit altersher fünf Stufen für die Lautstärkenbezeichnung, vergl. Zahlentafel 1. Diese entsprechen der physiologischen Skala. Sie unterscheiden sich um etwa je 2 Phon. Bei Streichinstrumenten entsprechen sie etwa den Werten 2, 4, 6, 8 und 10 Phon. Für Blechinstrumente liegen die Werte einige Phon höher. Die Lautstärken eines Instrumentes schwanken also ungefähr um 8 Phon, d. h. im Verhältnis 1 : 250. Größere Unterschiede kann man offenbar mit ein und demselben Instrument nicht erzeugen. Man kann aus dem Unterschied von 2 Phon je Stufe folgern, daß ein musikalisch geübtes Ohr imstande sein muß, allein aus dem Gedächtnis ohne jeden Vergleichton eine Schätzung der Lautstärke auf etwa 2 Phon genau vornehmen zu können. Dadurch wird natürlich der Schallmesser nicht entbehrlich. Ein geschickter Mechaniker kann auch Längen nach dem Augenmaß genau abschätzen, aber trotzdem braucht man geeichte Maßstäbe.

Leider ist unser Ohr für Unterschiede in der Lautstärke lange nicht so empfindlich wie unser Auge. Ein einfacher Versuch möge dies erläutern. Man ändere durch abwechselndes Kurzschließen eines Vorschaltwiderstandes die Stromstärke im Lautsprecher um 10 vH. Man erkennt dann am Strommesser, wie der Zeiger herauf- und heruntergeht, aber man hört keinen Unterschied. Erst wenn man den Widerstand und damit den Strom um 20 vH ändert, merkt man gerade eben, daß der Ton lauter und leiser wird. 15 vH = 0,2 Phon ist etwa der kleinste hörbare Unterschied. Dadurch ist auch die Grenze der Meßgenauigkeit bestimmt. Durch Mittelwertbildung aus mehreren Messungen kann man die Fehler etwa auf ± 7 vH = ± 0,1 Phon herabdrücken.

In Abb. 3 und 4 sind die Meßpunkte eingetragen. Sie weichen meist weniger als 7 vH von der hindurchgelegten Kurve ab. Solche Genauigkeit ist aber nur bei einiger Übung und großer, ich möchte sagen, liebevoller Hingabe an die Messung möglich. Sie wird auch wohl nur erreicht für die Unterschiede der Schallstärke bei nahezu gleichbleibendem Klangcharakter. Für die absolute Schallstärke wird man selbst bei Mittelwertbildung einen Fehler von mindestens 0,3 Phon = 25 vH in den Kauf nehmen müssen. Einzelne Messungen besonders bei unregelmäßigen Geräuschen und von verschiedenen Beobachtern ausgeführt, weichen oft um 1 bis 2 Phon vom Mittelwert ab. Die Genauigkeit für Absolutmessungen genügt der Praxis. Denn es hat überhaupt keinen Sinn, physiologische Lautstärken genauer messen zu wollen als man sie wahrnehmen und angeben kann.

Man beachte, daß mit dem Schallmesser stets die Lautstärke am freien Ohr gemessen wird. Die in *Wien* gemessene Lautstärke einer Schallquelle nimmt daher im Freien im gleichen Verhältnis wie die Entfernung ab. Im Zimmer tritt dagegen infolge der allseitig reflektierenden Wände von etwa 2 m ab eine gleichmäßige Raumausfüllung ein, Abb. 3. Der Abstand und die Stärke der Raumausfüllung ändern sich aber mit der Dämpfung des Zimmers. Es sind ähnliche Verhältnisse, wie sie beim Licht in der Ulbrichtschen Photometerkugel herrschen.

Viele Schallquellen sind ferner mehr oder minder gerichtet. Abb. 5 zeigt das im Freien aufgenommene Polardiagramm eines Lautsprechers. Die Richtwirkung für hohe Frequenzen ist wesentlich größer als für tiefe, ein Ergebnis, das auch theoretisch zu erwarten war. Auch das messende Ohr im Kopf hat eine gewisse Richtwirkung, und zwar für hohe Frequenzen ebenfalls eine größere, Abb. 6. Man richte daher bei Messungen im Freien den Kopf stets auf die Schallquelle zu, weil man diese Lage leicht immer wieder auf wenige Grade genau einstellen kann. In schwach gedämpften Zimmern fallen alle Richtwirkungen bei einiger Entfernung von der Schallquelle nahezu fort. Dafür wird aber eine genaue Messung tonartiger Schallquellen in schwach gedämpften Zimmern durch die auftretenden stehenden Wellen fast unmöglich gemacht. Die Lautstärken in den dicht benachbarten Knoten und Bäuchen unterscheiden sich oft um mehrere Phon. Der Schallmesser dürfte gerade geeignet sein, diese und andre raumakustische Fragen zu klären. Der Lautsprecher, dessen Lautstärke mit und ohne Trichter in Abhängigkeit von der Frequenz in Abb. 7 dargestellt ist, wurde im Freien untersucht.

Einige Meßergebnisse von Schallquellen, die freilich ohne besondere Sorgfalt in den Räumen, wo die Maschinen

Abb. 5
Polardiagramm (Richtwirkung) des Lautsprechers *A*
——— 330 *Hertz* — — — 1300 *Hertz* -------- 4000 *Hertz*

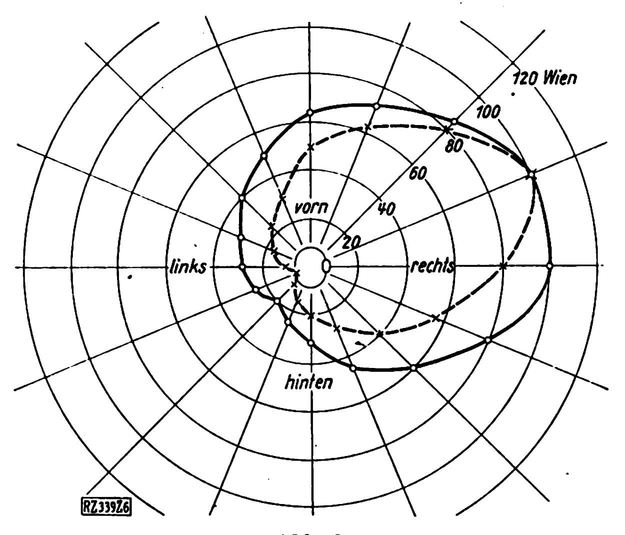


Abb. 6
Polardiagramm (Richtwirkung) des rechten Ohres
——— 500 *Hertz* — — — 2500 *Hertz*

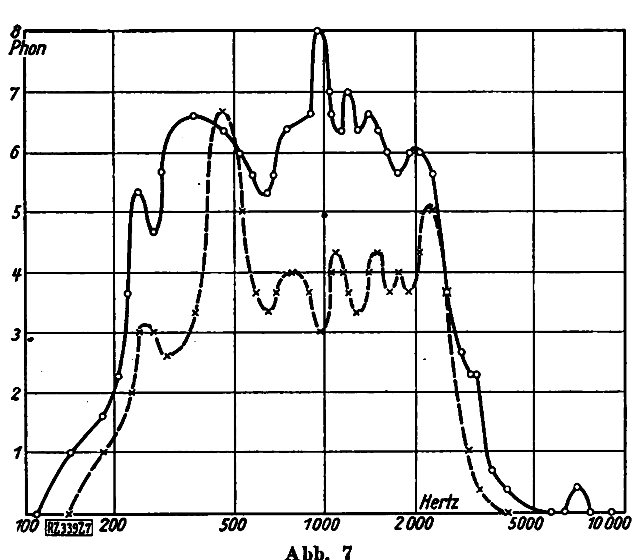


Abb. 7
Lautsprecher L, Abstand 4 m, Strom 1,5 mA
——— mit Trichter – – – ohne Trichter

gerade standen, gewonnen wurden, sind der Größenordnung nach beachtenswert, Zahlentafel 2. Man kann auch die Schalldämpfung beliebiger Wände oder dergl. durch zwei einfache Lautstärkemessungen mit und ohne Wand untersuchen, Zahlentafel 3.

Den hier zuerst genannten Tür-Werten liegen folgende Einzelmessungen zugrunde:

Schreibmaschine im gleichen Zimmer 6,8 Phon,
Schreibmaschine im Nachbarzimmer bei offener Tür 5 Phon,
Schreibmaschine im Nachbarzimmer bei geschlossener Tür 2,5 Phon.

Das Maß der Dämpfung läßt sich ohne weiteres in Phon ausdrücken. Ein Vorhang dämpft 4 Phon, bedeutet,

Zahlentafel 2
Lautstärken verschiedener Schallquellen

	Wien	Phon
Normale Unterhaltung	32	5
Schreibmaschine	125	7
Kreissäge	16 000	14
Kraftwagenmotor $n = 500$ Uml./min	16 000	14
$n = 1000$ „	32 000	15
$n = 2000$ „	64 000	16
Drehbank	125	7
Bosch-Horn Nr. 1	16 000	14
„ Nr. 2	8 000	13
Wasserstrahl	250	8
Staubsauger Nr. 1	500	9
Staubsauger Nr. 2	250	8
Standuhr, Ticken	8	3
Standuhr, Schlagen	125	7
Wecker Nr. 1	125	7
Wecker Nr. 2	500	9
Werkstatt I (Spulerei)	500	9
„ II (Stanzerei)	8 000	13

Zahlentafel 3
Dämpfwirkung von Wänden u. dergl.

Tür offen	1,8 Phon
Tür geschlossen	4,3 „
Dicke Wand	10 „
Theatervorhang Nr. 1	2,0 „
„ Nr. 2	2,2 „
„ Nr. 3	4,3 „
Alle drei Vorhänge hintereinander	7,7 „

daß Schall beliebiger Lautstärke durch den Vorhang um 4 Phon leiser wird und auf den $2^4 = 16$. Teil seiner physikalischen Stärke herabsinkt.

Alle diese Messungen wurden ohne irgendeine Vorbereitung innerhalb weniger Minuten ausgeführt. In dieser Möglichkeit dürfte der besondere Vorzug dieses einfachen Schallmessers für die Praxis liegen. [B 339]

Schwingungen elastischer Seile [1)]

In der vorliegenden Abhandlung habe ich mir die Aufgabe gestellt, die Schwingungen eines Seiles einer elektrischen Fernleitung mathematisch näher zu verfolgen, um zu bestimmen, wie groß unter möglichst ungünstigem Verhältnis der Abstand von einem parallellaufenden Seil, also die Länge der Ausleger an den Masten, gewählt werden muß, damit die Seile einander nicht zu nahe kommen und kein Durchschlagen des Dielektrikums eintritt. Das Ergebnis wird dann an einem Beispiel mit einer der üblichen empirischen Formeln zur Bestimmung der Länge der Ausleger verglichen. Als ungünstigster Fall wird jener gewählt, wo bei Vereisung der Seile und bei der hypothetisch größten seitlichen Windstärke das Eis an einem Seil plötzlich herabfällt und dieses dadurch in Schwingungen gerät, während an dem parallellaufenden die Eisbelastung und die dadurch bei der größten Windstärke vorhandene Schiefstellung noch erhalten bleibt.

Da die gestellte Aufgabe nicht gestattet, das Seil als unausdehnbar anzusehen — bei einem solchen würde ja die Eisbelastung nur die Spannung, aber nicht den Durchhang ändern —, so werden die kleinen Schwingungen elastischer, an zwei Punkten aufgehängter Seile untersucht. Zunächst wird die Gleichung der elastischen Kettenlinie mit der Bogenlänge s als Parameter aufgestellt, dann wird gezeigt, daß die Bestimmung von kleinen Schwingungen um diese Gleichgewichtslage bei vertikalen Belastungen auf eine partielle Differentialgleichung vierter Ordnung führt. Da ihre allgemeine Lösung auch bei kleinem Durchhang zu große mathematische Schwierigkeiten ergibt, so wird vorausgesetzt, daß man die Bewegung in der wagerechten gegenüber der in der senkrechten Richtung vernachlässigen darf. In diesem Falle läßt sich bei strenger Befriedigung der Rand- und Anfangsbedingungen der gestellten Aufgabe und angenäherter Erfüllung der Zusammenhangsbedingung ein Reihenausdruck für die Senkrechtverschiebungen gegen die Ruhelage ableiten, der in beiden Veränderlichen s und t nach dem Kosinus fortschreitet, wobei die Argumente durch die Wurzeln einer transzendenten Periodengleichung gegeben sind. Die seitlichen kleinen Schwingungen lassen sich unter den gemachten Voraussetzungen durch Fourier-Reihen darstellen.

Da bei gleichbleibendem seitlichem Winddruck das Seil eben bleibt und nur schief gestellt wird, so kann man die frühere Senkrechtebene durch diese schiefe ersetzen und die für die senkrechte und seitliche Verschiebung früher gefundenen Formeln benutzen. Dies wird zahlenmäßig für ein Beispiel durchgeführt und der erforderliche Abstand der beiden Seile, um eine allzugroße Annäherung zu verhüten, ermittelt. Der Vergleich mit einer häufig verwendeten empirischen Formel ergibt, daß bei dem gewählten äußersten Fall der Abstand der beiden Seile nur um 17 vH größer angenommen werden müßte, als es diese Regel verlangt, man also dieselbe im allgemeinen mit genügender Sicherheit verwenden kann.

Wien [N 502] K. Wolf

[1)] Zeitschr. f. angew. Math. u. Mech. Bd. 7 (1927) S. 137.

Schnelle Inbetriebnahme von Kesseln mit Rostfeuerung

Im Kraftwerk der Stamford Gas and Electric Co. wurden bemerkenswerte Versuche gemacht, um an Kesseln mit Rostfeuerung die Zeit vom Beginn des Anheizens bis zur vollen Leistungsfähigkeit festzustellen. Zur Verfügung standen mehrere Riley-Unterschubroste, die in Babcock- & Wilcox-Kesseln von je 560 m² Heizfläche eingebaut waren. Es wurde festgestellt, daß nach einer längeren Betriebspause, wenn noch eine glühende Schlackenschicht den Rost bedeckt, bereits nach wenigen Minuten die Dampferzeugung rd. 50 kg/m²h beträgt. Der völlig erkaltete Kessel braucht vom Beginn des Anheizens bis zur Aufnahme einer mittleren Belastung von 35 kg/m²h 25 min. Aus diesen im Betriebe vorgenommenen Versuchen geht hervor, daß der große betriebstechnische Vorteil schneller Bereitschaft nicht nur mit Kohlenstaub-, sondern auch mit Rostfeuerungen erreicht werden kann. („Electrical World“ 17. September 1927, S. 554) [N 893 b] Pt.

RUNDSCHAU

Luftfahrt

Wissenschaftliche Gesellschaft für Luftfahrt

16. bis 19. September 1927

Die Wissenschaftliche Gesellschaft für Luftfahrt (WGL), unter deren Mitglieder die Vertreter der Luftfahrtwissenschaft, des Luftfahrzeugbaues, der Hochschulen und Behörden, wie der lernende Nachwuchs vereinigt sind, zeigt auf ihren Tagungen das Bild ernster Arbeit in einer langen Reihe von Vorträgen und harmonischer Geselligkeit; die Vereinsgeschäfte treten fast ganz in den Hintergrund. Die diesjährige Tagung in Wiesbaden, zum erstenmal im besetzten Gebiet, begann freilich mit einem Mißklang: Die Rheinlandkommission hatte den Reichswehrangehörigen, die als Mitglieder teilnehmen wollten, die Einreise verweigert. Daher blieben auch einige ausländische Gäste, die sonst willkommen gewesen wären, der Veranstaltung fern.

Die Vorträge standen, wenn dies auch in der Ankündigung nicht besonders gesagt wurde, unter dem Zeichen des Luftverkehrs. Gleich die ersten Ausführungen von Dir. Wronsky, Deutsche Luft-Hansa, brachten nach einem geschichtlichen Überblick über die Entwicklung der deutschen Handelsluftfahrt und den Ausbau des Streckennetzes die heutige Organisation des deutschen Luftverkehrs, der, wie alle Verkehrszweige in ihrer Jugend, zunächst noch der Beihilfe aus öffentlichen Mitteln bedarf. Denn obwohl das Flugzeug schon jetzt ansehnliche Verkehrsleistungen aufzuweisen hat, ist es noch zu teuer in Anschaffung und im Betrieb, weil es, bezogen auf seine Nutzlast, zuviel Motorleistung fordert. Wenn die technischen Fortschritte das Flugzeug wirtschaftlicher gestaltet haben, wenn mit der Verminderung der Betriebskosten auf der andern Seite eine durch die vergrößerten Vorteile der Luftreise gerechtfertigte Erhöhung der Tarife Hand in Hand geht, kann man die Beihilfen abbauen. Die großen Linien des Verkehrsnetzes sind nur im internationalen Zusammenarbeiten zu betreiben; der innerdeutsche Zubringerdienst, der nicht vom Reich, sondern von Ländern, Gemeinden, Handelskammern gefördert wird, ist viel bekrittelt worden, ist aber zum Sammeln von Erfahrungen, zum Ausbilden des Personals und zur Verkehrswerbung nützlich.

In der Aussprache zu den Vorträgen betonte der Leiter der Luftfahrtabteilung im Reichsverkehrsministerium, Ministerialrat Brandenburg, die Notwendigkeit der Beihilfen für das Bestehen des heutigen Luftverkehrs, aber auch die Gefahren einer Zersplitterung der öffentlichen Mittel, die Vorzüge einer einheitlichen Luftpolitik für das ganze Reich und die Vorteile eines Gelegenheits-(Luftdroschken-)Verkehrs, der an Stelle der vielfach bemängelten kurzen Hüpflinien von den Gemeinden zu unterstützen wäre. Andre Redner bedauerten das mangelnde Interesse der Öffentlichkeit für das Luftschiff, das für weite Flüge besser geeignet sei. Demgegenüber betonte Brandenburg bei einer späteren Gelegenheit, daß die Reichsregierung dem Luftschiff wohlwollend gegenüberstände und es verschiedentlich gefördert habe, daß jedoch bis zum vorigen Jahre die Beschränkung des Luftschiffbaues auf 30 000 m^3 hinderlich war; es wird aber begrüßt, daß sich nunmehr Luftschiff und Flugzeug nicht nur auf dem Papier, sondern auch im praktischen Betrieb über lange Strecken miteinander werden messen können.

Dem Luftschiff galt auch der zweite Vortrag, in dem Ober-Ing. Schwengler das starre Großluftschiff und seine Leistungen behandelte. Die drei letzten großen Luftschiffunfälle, die im Auslande vorgekommen sind, lassen es doppelt geboten erscheinen, daß die deutschen Erfahrungen im Bau und Betrieb nicht brachliegen. Die Gefahren der Luftschiffe durch Brand der Wasserstoffüllung — im Haushalt verwendet man unbedenklich das ebenfalls brennbare Leuchtgas —, durch Bruch in der Luft oder am Boden, wie durch Blitz hält der Vortragende für überwunden. Die Bauart des Gerippes ist unter seiner Mitwirkung vervollkommnet worden. Das Fachwerk der Ringe erstreckt sich nunmehr ins Schiffsinnere und ist halb so schwer wie früher. Der Verbrauch besonderen Brenngases im Motor erleichtert die Führung und macht die schweren, platzraubenden Benzinvorräte teilweise entbehrlich. Das von v. Parseval empfohlene Prallschiff lehnte der Vortragende als unterlegen ab.

Bei Verwendung großer Flugzeuge ist das Steuern auf die Dauer ermüdend, so daß wie beim Schiff Rudermaschinen erforderlich werden. Wenn diese selbsttätig wirken, stellen sie im wesentlichen eine besondere Art von Reglern dar, also schwingungsfähige Gebilde, die mit dem gleichfalls schwingungsfähigen Flugzeug gekoppelt sind. Diese Schwingungen müssen nun irgendwie gedämpft werden, z. B. dadurch, daß man den Wirkungssinn der Kopplung während des Regelvorganges umkehrt, hier also: indem man Stützruder legt. Diese dem Schwingungstechniker bekannten Grundlagen des Regelvorganges erörterte Korvettenkapitän a. D. Boykow in seinem Vortrag über „motorische Flugzeugsteuerung"; zum Schluß führte er als Beispiel für seine selbsttätige Rudermaschine das Modell eines höhengesteuerten Flugzeuges vor, das nicht durch Pendel, sondern durch Windgeschwindigkeitsmesser in der richtigen Lage gehalten werden soll. Sobald der Windfühler angesprochen und das Höhenruder sich passend gelegt hat, dreht sich das Flugzeug in die richtige Lage zurück; dabei spricht ein Paar gegenläufiger Kreisel an und legt das Ruder um, so daß das Flugzeug aperiodisch eingesteuert wird. Die Seitensteuerung wird durch einen Kompaß betätigt, wenn das Flugzeug aus dem Kurs abweicht. Die Quersteuerung muß wirken, sobald Schiebewind auftritt; wenn jedoch Kurven geflogen werden, ist eine der Fliehkraft entsprechende Neigung zuzulassen, falls nicht, wie bei Verkehrsflugzeugen, gerader Kurs die Regel ist.

In der Aussprache machte Dr.-Ing. Bader darauf aufmerksam, daß vor allem für die Längsneigung die Eigenstabilität eine künstliche Stabilisierung überflüssig mache; Ingenieur Drexler, der schon vor dem Krieg auf diesem Gebiet gearbeitet hat, führte seine eigenen, schon recht weit gediehenen, auf etwas andern Grundlagen beruhenden Arbeiten vor.

Die Ozeanflüge, die als Vorläufer des späteren Übersee-Luftverkehrs betrachtet werden, haben die Aufmerksamkeit weiter Kreise auf das Wetter über dem Atlantik gelenkt. Professor Dr. Georgii kam daher mit seinen Untersuchungen im rechten Augenblick. Die Linie nach Südamerika hat von Lissabon über die Kanarischen und Kap Verdischen Inseln bis Brasilien in jeder Jahreszeit günstige Windverhältnisse; auch der Rückflug ist meist möglich, von den Frühlings- und Herbst-Sturmböen auf der afrikanischen Seite abgesehen. Nach Nordamerika ist der Winterstürme wegen zunächst nur Sommerluftverkehr möglich; am beständigsten ist das Wetter auf dem langen Wege Lissabon – Azoren – Bermuda – Kap Hatteras. Irland – Neufundland ist Gelegenheitsstrecke; auch zwischen den Azoren und Neufundland liegen Störungen. Im Frühsommer hat der kurze nördlichste Weg Schottland – Island – Südgrönland – Labrador günstige Windverhältnisse. Für den Rückflug ist die Linie Neufundland – Azoren – Lissabon am besten.

Der Vortrag von Hugershoff über Luftbildmessung und der von Ahlborn über Grenzschichtablösung und Wirbelentstehung fielen wegen Behinderung der Redner aus. So folgte am zweiten Sitzungstage der Bericht von Dipl.-Ing. Diemer über „Flugboot und Seegang", in dem das Verhalten des Flugbootes, dessen Stützglieder fehlen oder nahe am Rumpfe liegen, für langsame Bewegungen untersucht wurde; beim Treiben quer zum Seegang liegt das Boot ohne eigene Rollschwingungen parallel zur Wellenoberfläche; ungünstiger verhalten sich Mehrschwimmer-Flugzeuge. Bei raschem Bewegen im Seegang, wie es z. B. für den Abflug erforderlich ist, werden die Kräfte beim Durchschneiden einer Welle untersucht und ein Verfahren zum Bestimmen des Gesamtauftriebes aus Lichtbildaufnahmen der Bootsbewegung entwickelt. Nach diesen Überlegungen wie nach Erfahrungen der Firma Dornier-Metallbauten G. m. b. H. bieten gekielte Bootsformen vor solchen mit flachem Boden nicht ohne weiteres Vorteile. Die Ausführungen über Stabilität wurden von Schiffbauern in der Aussprache scharf kritisiert.

Zum Schluß der großen Vorträge sprach Dr.-Ing. Kamm, Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt, Berlin-Adlershof, der für eine andre wichtige Aufgabe des zukünftigen Luftverkehrs, den Höhenflug, die wesentlichen Motorfragen behandelte. Die Höhenmotoren mit Überbemessung und Überverdichtung reichen nicht aus; oberhalb 10 km Höhe sind Gebläse-Vorverdichter notwendig. Mit diesen wären beim heutigen Stande der Technik, wenn die Schwierigkeiten der Bauform und des Baustoffes überwunden sind, bei mechanischem Betrieb bis 10 km Höhe volle Bodenleistung, bei 20 km Höhe 42 vH, bei 30 km Höhe aber nur noch 10 vH jenes Wertes erreichbar; das Einheitsgewicht bleibt bis 20 km Höhe unter 2,5 kg/PS, darüber hinaus nimmt es rasch zu. Treibt man die Gebläse mit Ab-

gasturbinen, so kann die Bodenleistung bis 13 km Höhe gehalten werden, dann sinkt die Ausbeute rascher als vorher; falls man aber für die letzten Verdichtungsstufen mechanischen Antrieb hinzu nimmt, verbleiben in 20 km Höhe 70 vH der Bodenleistung, in 30 km Höhe noch 30 vH. Das Einheitsgewicht steigt von 1 kg/PS in 13 km Höhe auf 1,7 kg/PS in 20 km Höhe und 2,8 kg/PS in 25 km Höhe. Diese Ausführungen wurden von Dr.-Ing. Schrenk durch die Folgerungen für die Eigenschaften des Höhenflugzeuges ergänzt.

Den Schluß der wissenschaftlichen Sitzungen bildeten mehrere Sondervorträge, die aber zum Teil so wichtig waren, daß sie über den Kreis der Sonderfachleute hinaus Beachtung fanden. Zunächst führte Dr.-Ing. E. h. Dr. Prandtl, dem die WGL ihre höchste Ehrung, die neugestiftete Otto-Lilienthal-Gedenkmünze, als Erstem und für die nächsten drei Jahre Einzigem verliehen hatte, einen strömungstechnischen Film vor, bei dem mit einem neuartigen laufbildtechnischen Kunstgriff die Bewegung fließenden Wassers um ein Hindernis an Aluminiumstäubchen wiedergegeben wurde. Jeden Zweifler an dem Bestehen der Grenzschicht konnte das Bild von der Umströmung eines Kreiszylinders aus der Ruhe heraus bekehren: Man sah die Grenzschicht sich bilden, langsam bewegen, teilweise zurückströmen, sich ablösen und zu einem Wirbelfaden sich aufrollen, der seinerseits einen sekundären, bald verschwindenden Gegenwirbel hervorrief. Auch das Verhalten der Flüssigkeit an einem umlaufenden Zylinder (Rotor, Magnus-Wirkung), das Anlegen des Stromes an eine Wand beim Absaugen der Grenzschicht, endlich das Entstehen und Vergehen der Zirkulation beim Anfahren und Anhalten eines Tragflügels infolge der wegschwimmenden Wirbel wurde vorgeführt. Im Anschluß daran zeigte der Altmeister der japanischen Physiker, Prof. Tanakadate, den ersten Versuch einer strömungstechnischen Zeitdehneraufnahme mit einer der Ernemann-Zeitlupe ähnlichen Versuchsanordnung.

Auf das Gebiet der Flugmotoren führten die folgenden Vorträge, zuerst der von Dr.-Ing. Rackwitz, Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt, Berlin-Adlershof, über Betriebsstoffe: Braunkohlenbenzin — bereits im Gemisch mit Benzol bewährt, aber Rückstände bildend —; Benzin mit Mitteln gegen Klopfen (Bleitetraäthyl, Eisenkarbonyl); Alkohol, der leider zu geringen Energiegehalt hat und sich von Benzin oder Benzol entmischt, auch Metall angreift; Toluol, wegen seiner Kältebeständigkeit im Gemisch mit wenig Benzin für Höhenflüge geeignet, aber nicht in ausreichenden Mengen erhältlich; Steinkohlenteer-Derivate, von denen Tetralin im Gemisch mit Benzol und Spiritus Aussichten bietet; hochsiedende Erdöle und Teerdestillate sind ihrer Feuersicherheit wegen vorteilhaft, erfordern aber Entwicklung des leichten Dieselmotors; technisch hergestellte synthetische Benzine werden uns vom Ausland unabhängig machen, sie sind auch ausreichend kompressionsfest. Der Redner stellte sodann die Anforderungen an Brennstoffe und die Untersuchungsverfahren zusammen; von den Eigenschaften ist heute vor allem die Neigung zum Klopfen wichtig.

Die Zerstäubung solcher Brennstoffe im Vergaser hat Dr.-Ing. Scheubel, Aerodynamisches Institut der Technischen Hochschule Aachen, an Vergasermodellen mit Glasfenster mit verschiedenen Flüssigkeiten bei wechselnden Windgeschwindigkeiten für mehrere Düsen- und Rohrformen untersucht. Durch Funkenphotographie wurde der Zerstäubungsgrad festgehalten, durch Ausmessen und Auszählen der Tropfen Verteilungskurven für die Gemischzusammensetzung abgeleitet; aus Größenbetrachtungen folgt, daß der mittlere Tropfendurchmesser verhältig der Kapillarkonstanten, geteilt durch den Staudruck der relativen Geschwindigkeit von Brennstoff und Luft sein muß[1]), wobei die Beizahl noch von dem unbenannten Verhältnis der Kapillarkonstanten zu Zähigkeit mal Relativgeschwindigkeit abhängt.

Eine lebhafte Aussprache über das Trudeln, diese für den Flieger gefährliche, aber gerade deshalb reizvolle und wichtige Flugbewegung, lösten die Ergebnisse von Dr. v. Baranoff aus, der für den Übergang ins Trudeln ein Beispiel durchgerechnet hatte und zeigen konnte, daß neben dem Schleudermoment, das den Anstellwinkel groß hält und dadurch die Eigendrehung überhaupt ermöglicht, noch ein schwanzlastiges Moment wirkt, das durch den Übergang vom Schieben nach innen zum Schieben nach außen auftritt; bei stark gedämpfter Seitenschwingung wird der Übergang ins Trudeln erschwert; bei kleiner Dämpfung dagegen tritt nichtstationäres Trudeln mit mehrfachem Sichfangen auf. Damit das Trudeln stabil bleibt, muß die Änderung des Luftkraftmomentes um die Flugzeugquerachse mit dem Anstellwinkel nicht nur positiv sein, wie für die statische Stabilität, sondern größer als eine bestimmte Vereinigung der Trägheitsmomente um die drei Achsen mit Winkelgeschwindigkeiten und deren Ableitungen.

Zum Schluß gab Dr.-Ing. Schilhansl Berechnungen des Auftriebes und der Druckverteilung in geraden Flügelgittern. Wenn man ein Profil, dessen Luftkräfte bekannt sind, mit unendlich vielen ebensolchen zusammenreiht, so läßt sich der Einfluß in erster Näherung ermitteln, wenn man die Flügel durch Wirbellinien, genauer, wenn man sie durch Wirbelflächen ersetzt. Für die Änderung des Auftriebes ergeben sich Verhältniszahlen, die in Zahlentafeln mitgeteilt werden. Die Rechnung stimmt um so besser zu den Göttinger Versuchen, je enger die Gitter sind. Auch die näherungsweise berechnete Druckverteilung stimmt mit dem Versuch befriedigend überein. [N 865]

Berlin-Schlachtensee Everling

[1]) Vergl. M. Weber, Modellgesetz für Kapillarkräfte. Jahrbuch der Schiffbautechnischen Gesellschaft 1919 S. 355, u. Sammelheft 1 des Ausschusses für techn. Mechanik des Berl. Bezirksvereines deutscher Ingenieure 1919.

Werkstoffe

Untersuchungen über die Einwirkung von Laugen und verschiedenen Salzen auf Eisen[1])

Mitteilung aus dem chemisch-technischen und elektrochemischen Institut der Technischen Hochschule Darmstadt.

Eine Gruppe von Forschern sucht den Grund für das Auftreten von Rissen und für das Sprödewerden des Kesselbleches in der Alkalität des Speisewassers. Von anderer Seite wird eine Materialermüdung bei der Herstellung der Kessel als Hauptursache angesehen. Solche Korrosionserscheinungen treten hauptsächlich in Überlappungen und in Nietnähten der Kessel auf. Zum Zwecke der Aufklärung der in Betracht kommenden Vorgänge wurden die im folgenden beschriebenen Versuche ausgeführt.

In einem Hochdruckgefäß wurde weiches Flußeisen in Form von Pulver oder Proportionalzerreißstäben ($l = 11{,}3\sqrt{F}$) der Einwirkung von Natronlauge verschiedener Konzentration bei verschiedenen Drücken ausgesetzt. Das Ergebnis dieser Untersuchungen läßt sich dahin zusammenfassen, daß Natronlauge ganz geringer Konzentration (0,3 bis 0,5 g/l NaOH) die Kesselbaustoffe etwas weniger angreift als reines Wasser. Konzentrationen bis 5 g/l NaOH verursachen keine bedeutende Schädigung der Kesselbleche bis zu 50 at (260 °). Auch bei Drucksteigerungen bis 80 at war bei 1,15 g/l NaOH keine wesentliche Einwirkung auf Eisenpulver wahrzunehmen, obwohl wegen der großen Oberfläche des Eisenpulvers die Bedingungen eines Angriffes hierbei erheblich günstiger sind als bei kompaktem Eisen.

Die geringe Alkalität des Kesselspeisewassers, die sich bei Anwendung des Kalk-Soda-Enthärtungsverfahrens ergibt, kann also unmittelbar nicht die Ursache des Sprödewerdens des Kesselbaustoffes sein. Man findet an den Stellen, an denen sich kaustische Sprödigkeit (caustic embrittlement nach Parr[2])) zeigt, meist auch Salzabscheidungen zwischen den Überlappungen und in den Nietrissen. Deshalb lag die Vermutung nahe, daß die im Kesselwasser vorhandenen Salze in konzentrierter Form auf das Kesselblech einwirken. Es wurden daher in Schüttelbomben Versuche mit hohen Laugenkonzentrationen (100 bis 850 g/l NaOH) ausgeführt, bei denen die Proportionalzerreißstäbe der Einwirkung der Lauge bei 100 bis 200 at Druck ausgesetzt waren. Die Stäbe wiesen nach den Versuchen einen starken äußeren Angriff auf; teilweise ließ sich die schwarze, samtartige Oxydschicht abwischen. Bei der Prüfung auf die mechanischen Eigenschaften zeigte sich, daß besonders die Dehnung von der NaOH-Konzentration beeinflußt wird. Abb. 1 zeigt die Dehnung in Abhängigkeit von der NaOH-Konzentration bei sonst gleichen Versuchsbedingungen.

Der bei 400 g/l NaOH auftretende Kleinstwert der Dehnung wurde auch von Parr[3]) gefunden, jedoch waren die Stäbe bei seinen Versuchen einer Zugbeanspruchung ausgesetzt. Unsere Kerbschlagversuche ergaben ebenfalls eine starke Dehnungsabnahme durch Behandlung mit Laugen mit Gehalten bis 400 g/l NaOH.

Versuche, bei denen an Stelle von Natronlauge Ätzkali verwendet wurde, ergaben gleichfalls eine starke Einwirkung der Lauge auf Eisen. Die Untersuchungen über den Einfluß von Zusätzen von Natriumchlorid und Natriumsulfat bei der Natronlaugenbehandlung des Eisens zeigten, daß das Chlorid korrosionsfördernd, das Sulfat dagegen mit

[1]) Auszug aus dem Forschungsheft 295 (Festgabe C. v. Bach) S. 7.
[2]) Engen. Exper. Station Bulletin 94, 1917.
[3]) Engen. Exper. Station Bulletin 155, 1926.



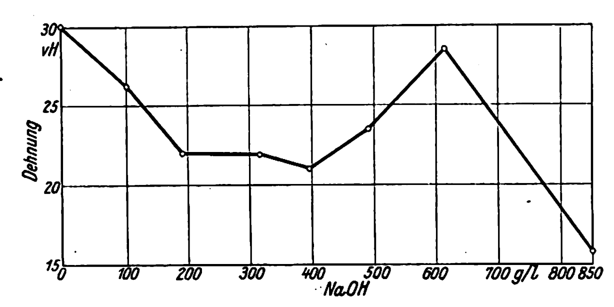


Abb. 1
Einfluß der Laugenkonzentration auf die Dehnung des Eisens

wachsendem Verhältnis $Na_2SO_4 : NaOH$ schützend wirkt. Versuche zur Feststellung der Hydrolyse von Sodalösungen führten zu dem Ergebnis, daß Sodalösungen in weitgehendem Maß in Hochdruckkesseln kaustifiziert, also in Ätznatron umgewandelt werden.

Alle diese Versuche erwiesen einwandfrei die schädigende Wirkung konzentrierter Alkalien auf Kesselbaustoffe. Es war nun festzustellen, unter welchen Bedingungen starke Konzentrationsanreicherungen, die Anlaß zu Schädigungen bieten, im Kessel stattfinden können. Durch Versuche mit Glaskapillaren von 0,193 bis 2,7 mm l. W. ließ sich feststellen, daß bei Erhitzung des Kapillarinhalts eine Konzentrationsanreicherung um so leichter eintritt, je enger die Kapillare ist. Erklären lassen sich diese Ergebnisse durch Adhäsionserscheinungen. Durch Adhäsion bleibt ein Teil der Flüssigkeit, der beim Erwärmen verdampft und gelöstes Salz abscheidet, an der Kapillare haften. Die bei Abkühlung neu eintretende Lösung wird um diesen Salzbetrag konzentrierter, so daß beim darauffolgenden Verdampfen eine größere Menge Salz sich ausscheidet. Dieses Wechselspiel kann sich nun so oft wiederholen, bis eine schädliche Konzentrationsanreicherung erreicht ist. Mit kleiner werdendem Durchmesser nimmt das Volumen der adhärierten Menge im Verhältnis zum Gesamtinhalt zu. Bei kleinen Rissen braucht daher der Verdampfvorgang weniger oft stattzufinden, bis die schädliche Konzentrationsanreicherung erreicht ist. Auf ähnliche Weise entstehen die zwischen den Überlappungen und in den Nietrissen sich vorfindenden Salzabscheidungen.

Über den chemischen Verlauf der zwischen dem Eisen und starken Natronlaugen stattfindenden Reaktionen ist wenig bekannt. Thiel[4]) nimmt eine Reaktion in folgendem Sinn an:

$$Fe + 2\,NaOH = Fe(OH)_2 + 2\,Na$$
$$Fe + Na = Fe/Na.$$

Nach unseren Versuchen bildet sich keine Legierung zwischen Eisen und Natrium. Denn eine Wasserstoffentwicklung, die bei der Zersetzung mit Wasser eintreten müßte, konnte nicht beobachtet werden.

Wahrscheinlich bilden sich bei der Einwirkung von Lauge auf Eisen Salze des Eisen-(2)-Hydroxydes, die bei hydrolitischer Spaltung Ferrohydroxyd ergeben und eine Rückbildung von Lauge verursachen. Für diese Auffassung spricht die bei höheren Laugenkonzentrationen entstehende, nichthaftende Oxydschicht und die weitgehende Vermulmung des Materials. Damit man sich von der Vermulmung ein Bild machen kann, wurden die Schüttgewichte der Reaktionsprodukte festgestellt, Zahlentafel 1.

Zahlentafel 1

Versuchsdauer h	Laugenkonzentration g/l	Schüttgewichte vor dem Versuch g/cm³	Schüttgewichte nach dem Versuch g/cm³	Verhältnis der Schüttgewichte
16	1,15	2,49	2,51	1,010
8	11,50	2,46	2,36	0,959
8	100	2,47	2,17	0,878
6	200	2,50	1,92	0,768
4	318	2,50	1,71	0,682
4	485	2,49	1,57	0,631

Die zwischen Eisen und Natronlauge stattfindende Reaktion läßt sich durch folgende Formel ausdrücken:

$$Fe + NaOH + H_2O = Fe\begin{matrix}-ONa\\-OH\end{matrix} + H_2,$$

wobei Salze des Eisenoxyduls, wahrscheinlich auch des Eisenoxyds, entstehen. Ob die Eisenionen erst mit den Hydroxylionen des Wasser $Fe(OH)_2$ bilden, das dann erst mit NaOH Salz bildet, ist wahrscheinlich, jedoch noch nicht bewiesen.

Für einen solchen Reaktionsverlauf sprechen folgende Befunde:

1. Oxydation des Eisens,
2. Wasserstoffentwicklung während der Reaktion,
3. Vermulmung des Eisens,
4. Zunahme der Laugenkonzentration.

Weiter war wichtig, die Ursachen dafür festzustellen, daß die Dehnung des Kesselbaustoffes beim Laugenangriff zurückgeht. Parr[5]) macht den bei der Reaktion entstehenden Wasserstoff für die Sprödigkeit des Eisens verantwortlich. Es soll sich eine Eisen-Wasserstoff-Legierung bilden, welche die bekannte Beizsprödigkeit aufweist, ähnlich wie z. B. elektrolytisch abgeschiedenes Eisen. Nach Versuchen, bei denen ein Teil der mit Natronlauge behandelten Stäbe vor dem Zerreißen 6 h bei 650° im luftleeren Raum ausgeglüht wurde (wodurch der im Eisen vorhandene Wasserstoff ausgetrieben worden wäre), der andere Teil sofort nach der Laugenbehandlung auf seine mechanischen Eigenschaften geprüft wurde, kann der Wasserstoff nur zum geringen Grade die Ursache der kaustischen Sprödigkeit sein.

Eine andere Erklärung ist, daß der entstehende Wasserstoff in das Eisen eindringt und die Oxyde reduziert, ebenso wie die Natronlauge eindringen kann und die Sulfide und Phosphide herauslöst. Wenn Natronlauge in das Eisen eindringt, so müssen Oxydspuren, die vom Rande ausgehend sich ins Innere ziehen, bei geeigneter Ätzung eines metallographischen Schliffes sichtbar sein. Abb. 2 zeigt deutlich diesen Befund. Man erkennt die vom Rande ausgehenden, durch Ätzung dunklen Oxydspuren, die von eingedrungener Natronlauge herrühren. Die schwarzen Gebilde sind Perliteinschlüsse im Ferritgefüge. Daß Natronlauge die Fähigkeit hat, durch Eisen hindurchzuschwitzen, ist jedem Fachmann bekannt.

Aus den Versuchen ergibt sich für den Bau und den Betrieb von Hochdruckdampfkesseln die Forderung, das Zustandekommen von Konzentrationsanreicherungen der im Speisewasser befindlichen Alkalien zu vermeiden. An den Nietstellen bilden sich auch bei sorgfältigster Werkstattarbeit stets feinste Kapillaren, in denen bei den hohen Verdampfzahlen eines neuzeitlichen Betriebes hohe, gefährliche Konzentrationen im Laufe der Zeit auftreten müssen. Daher sind diese Stellen durch kaustische Anfressungen besonders gefährdet. Man wird daher in erster Linie die Zahl der Nietstellen und Überlappungen eines Hochdruckkessels möglichst einschränken oder besser die genieteten durch geschweißte oder nahtlose Kessel ersetzen müssen, was bei der Vollkommenheit der heutigen Technik keine Schwierigkeiten mehr bietet.

Auch in geschweißten oder nahtlos gezogenen Höchstdruckkesseln muß man eine zu hohe Alkalität des Speisewassers vermeiden. Es empfiehlt sich nicht, diese Kessel mit reinem Destillat zu speisen; denn bei hohen Drücken greift destilliertes Wasser das Eisen stärker an als schwach alkalisches Wasser. Demnach speist man einen Hochdruckkessel zweckmäßig mit Wasser stets gleicher, geringer Alkalität, was man erreichen kann, wenn man dem Speisewasser den gewünschten Grad der Alkalität gibt und dann entgaste, ölfreie Destillate zuführt. Eine ständige Kontrolle

[4]) „Feuerungstechnik" Bd. 14 (1926) S. 56.

[5]) s. [2]).

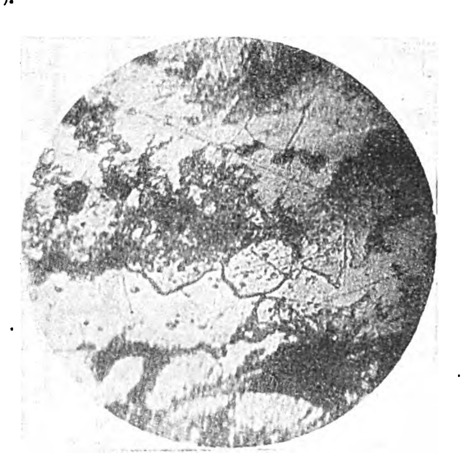


Abb. 2
Teil der Randzone des mit starker Lauge erhitzten Probestabes



der Alkalität ist notwendig, damit Schädigungen durch stärkere Erhöhung des Alkalitätsgrades vermieden werden. Unbedingt erforderlich ist es, bei Anwesenheit von Alkalien chloridfreies Speisewasser zu vermeiden. Ein Gehalt an Sulfaten wirkt angriffverzögernd. [M 829]

Darmstadt E. Berl, H. Staudinger und K. Plagge

Wirtschaftliche Verwendung hochfeuerfester Legierungen in der Technik

Eine Reihe von Geräten der Technik wird bei höheren Temperaturen benutzt, z. B. Glühtöpfe, Töpfe und Behälter, in denen zu zementierende und dann im Einsatz zu härtende Stahlgegenstände über lange Zeiträume auf hohe Temperaturen zu erhitzen sind, Glühkisten in Walzwerken, sowie die Roste in der Emailleindustrie, auf denen das zu brennende Geschirr in den Emaillierofen eingesetzt wird. Die Gegenstände werden z. Z. meist aus Flußstahl hergestellt; solche Gegenstände unterliegen im Gebrauch einem sehr raschen Verschleiß durch Verzunderung. Einsatztöpfe für die Zementation von Stahlteilen werden im allgemeinen aus Flußstahlblechen zusammengeschweißt; ihre Haltbarkeit beträgt im allgemeinen nur 8 bis 20 Einsetzungen. Glühkisten in Feinblechwalzwerken, die im allgemeinen sehr dickwandig aus Stahlguß oder Grauguß hergestellt werden, erreichen Lebensdauern von 50 bis 80 Benutzungen. Emaillierroste bleiben je nach der Schwere ihrer Ausführung nur 3 bis 6 Wochen im Betrieb und müssen dann beiseite geworfen werden. Trotz des vielfach höheren Preises ist es wirtschaftlicher, für derart beanspruchte Teile hochwertige hitzebeständige Legierungen zu verwenden.

Ein Emaillierrost von $2 \times 1\,m^2$ Fläche, auf dem jeweils etwa 10 bis 30 kg zu emaillierendes Blechgeschirr in den Ofen eingeführt wird, muß bei Ausführung in Flußstahl etwa 60 bis 100 kg schwer ausgeführt werden, wenn seine Lebensdauer je nach der Temperatur im Emaillierofen etwa 3 bis 6 Wochen betragen soll. Vielfältig werden solche Roste sogar noch viel schwerer gewählt. Ein Rost der gleichen Fläche und Tragfähigkeit kann bei Ausführung in hitzebeständiger Legierung, z. B. in Chromnickel, mit einem Gewicht von 30 bis 40 kg ausgeführt werden. Ein Rost aus Flußstahl im Gewicht von 60 kg kostet etwa 21 ℳ. Die Kosten eines 40 kg schweren Rostes aus Chromnickel würden bei einem Preis von 16 ℳ/kg 640 ℳ betragen, somit würde ein Rost aus Chromnickel etwa 30mal so viel kosten wie ein solcher aus Flußstahl. Da die Lebensdauer eines Chromnickelrostes aber mindestens 50- bis 100mal so groß ist wie die eines Flußstahlrostes, so macht sich die Benutzung von Rosten aus Chromnickel bereits an reinen Anschaffungskosten reichlich bezahlt.

An anderer Stelle[1]) sind eingehende Untersuchungen über die Oxydierbarkeit von Chromnickellegierungen verschiedener Zusammensetzung im Vergleich zu der von Reinnickel und Reineisen veröffentlicht. Die sorgfältig durchgeführten Versuche haben ergeben, daß die Oxydation einer Chromnickellegierung mit 15 vH Chrom, 65 vH Nickel und 20 vH Eisen bei einer Gebrauchstemperatur von 1000 ° mehr als 200mal geringer ist als die Oxydation von Flußstahl bei einer Temperatur von nur 800 °. Es ist somit in Wirklichkeit eine mehr als fünfzig- bis hundertfache Lebensdauer des Chromnickelrostes gegenüber dem Flußstahlrost zu erwarten. Schließlich ist noch zu berücksichtigen, daß ein ausgedienter Flußstahlrost einen Schrottwert von höchstens 0,05 ℳ/kg hat, während für einen ausgedienten Chromnickelrost etwa 2 ℳ/kg vergütet werden.

Der Chromnickel-Emaillierrost wiegt etwa 30 bis 60 kg weniger als der flußeiserne Emaillierrost. Nun wird ein Emaillierrost durchschnittlich in flottem Betrieb etwa alle 8 bis 10 min einmal in den Emaillierofen eingesetzt. Dies ergibt an einem Tage bei dreimal achtstündigem Betrieb 150 Einsetzungen oder bei 300 Arbeitstagen $300 \times 150 = 45\,000$ Einsetzungen jährlich. Im ganzen sind somit jährlich $45\,000 \times 30 = 1\,350\,000$ kg oder 1350 t Rostwerkstoff weniger zu erhitzen. Rechnet man nur etwa 10 vH Brennstoffaufwand zum Erhitzen des Brenngutes, so würde dies eine jährliche Ersparnis von rd. 135 t Kohle bedeuten. Legt man nur einen Kohlenpreis von 16 ℳ/t zugrunde, so ergibt dies an jährlicher Brennstoffersparnis 2160 ℳ, d. h. eine Ersparnis, die mehr als das Dreifache des Beschaffungspreises des Chromnickelrostes beträgt[2]).

Auf einem Rost von etwa $1 \times 2\,m^2$ werden in einer Charge 10 bis 30 kg Blechgeschirre emailliert. Wenn ein Flußstahlrost 70 kg, ein Chromnickelrost 40 kg wiegt, so sind bei einer Charge in einem Falle 90, im anderen Falle 60 kg auf Brenntemperatur zu erhitzen. Da nun aber

[1]) ETZ Bd. 48 (1927) S. 227 und 317; Z. f. Metallk. Bd. 19 (1927) S. 141.

[2]) Die der vorstehenden Rechnung zugrunde gelegten Zahlenangaben wurden dem Verfasser in liebenswürdiger Weise von dem Emaillierwerk gemacht, das den Rost, Abb. 3, über ein Jahr lang in dreischichtigem Betrieb in Benutzung hatte.

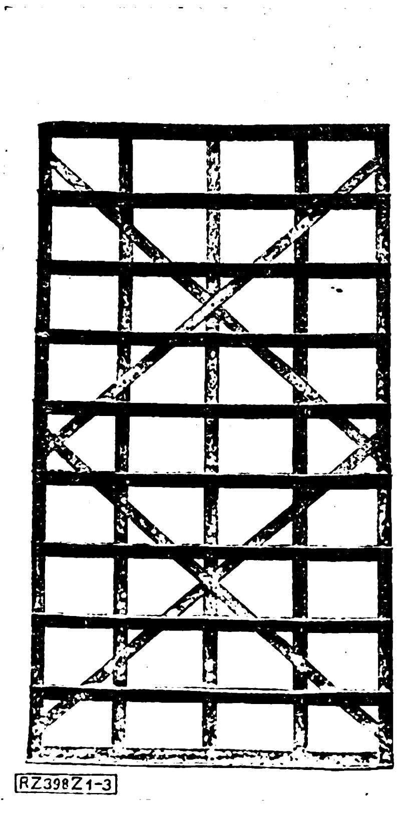


Abb. 3
Chromnickelrost nach einjähriger Benutzung (Legierung 15 Cr 63 Ni 22 Fe)

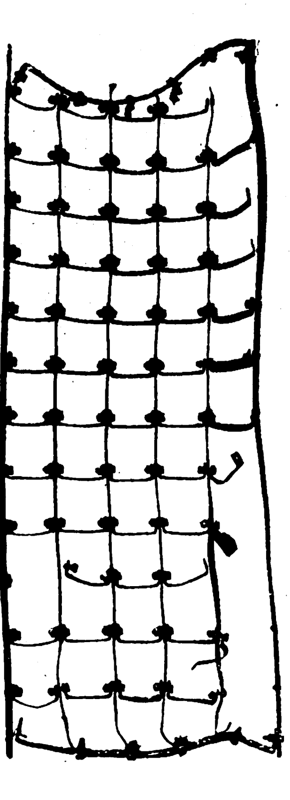


Abb. 4
Flußstahlrost nach sechswöchiger Benutzung

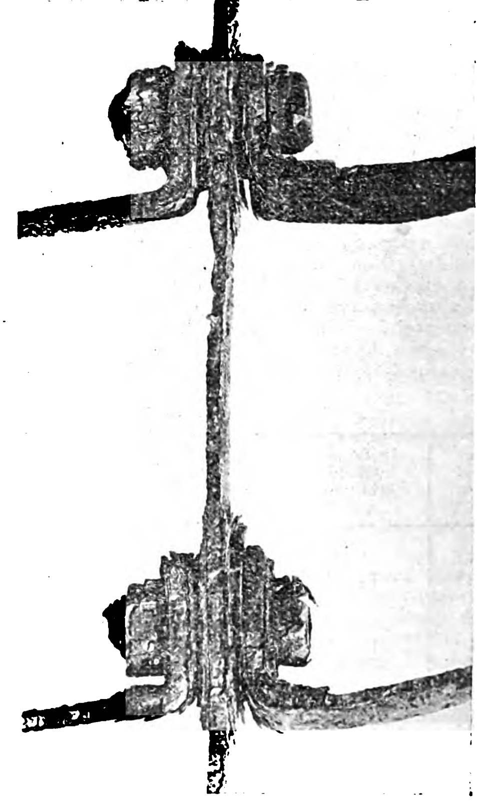


Abb. 5
Teilansicht des Rostes, Abb. 4



Abb. 6
Chromnickel-Glühtopf nach einjähriger Benutzung
Legierung 15 Cr 63 Ni 22 Fe

in einem bestimmten Emaillierofen nur ein bestimmtes Kohlengewicht und nur eine bestimmte Zahl von Wärmeeinheiten durchgesetzt werden kann, so erlaubt ein Chromnickelrost, in dem gleichen Emaillierofen eine um etwa 50 vH höhere Erzeugungsmenge herauszuholen. Eine solche erhebliche Steigerung der Leistung bedeutet aber einen weiteren sehr erheblichen Gewinn.

Man verwendet heute für den gleichen Zweck bereits stellenweise Legierungen mit etwa 15 vH Chrom und 20 vH Nickel; solche Legierungen sind ebenfalls bei 1000 ° bereits etwa 30- bis 40mal beständiger gegen Oxydation als Flußstahl bei 800 °. Sie haben infolgedessen auch bereits eine wesentlich vermehrte Haltbarkeit. Infolge ihres hohen Eisengehaltes von etwa 60 vH ist aber ihre Festigkeit bei Gebrauchstemperatur nicht allzuviel höher als die von Flußstahl. Man muß infolgedessen solche Roste etwa ebenso schwer ausführen wie die früher gebrauchten Flußstahlroste und verliert daher den Vorzug der Brennstoffersparnis und der höheren Ofenausnutzung. Hochwertige Legierungen mit ihrer hohen Festigkeit bei hohen Temperaturen werden infolgedessen viel wirtschaftlicher als solche aus mittelwertigen Legierungen. Dabei ist weiter noch zu berücksichtigen, daß zwar der Preis für 1 kg der hochwertigen Legierungen etwa 2- bis 2½mal so hoch liegt als der Preis einer mittelwertigen Legierung; da aber die Gerätschaften aus mittelwertigen Legierungen aus Festigkeitsgründen etwa 1,5- bis 2mal so schwer ausgeführt werden müssen, ist auch der Beschaffungspreis von Gerätschaften aus hochwertigen Legierungen nicht wesentlich höher als der Beschaffungspreis aus mittelwertigen Legierungen.

Abb. 3 zeigt einen Emaillierrost aus Chromnickel nach einjähriger Benutzung; der Rost ist nur durch abgetropfte Emaille fleckig geworden und hat kein Nacharbeiten erfordert. Zum Vergleich zeigt Abb. 4 einen Flußstahlrost nach sechswöchiger Benutzung, sowie einen Ausschnitt davon in größerem Maßstab, Abb. 5. Abb. 6 zeigt einen Zementiertopf aus Chromnickel nach einjähriger Benutzung. Zum Vergleich zeigt Abb. 7 einen der vorher benutzten Flußstahl-Töpfe nach zehnmaliger Benutzung. In den Töpfen werden Straßenbahnzahnräder aus Stahlguß zementiert; die Einsatzdauer beträgt 16 h. Das Gewicht des Chromnickel-Glühtopfes beträgt 30 kg, das Durchschnittsgewicht der Flußstahltöpfe 80 kg. Die Zementationstemperatur belief sich auf rd. 990 °. Der Chromnickel-Einsatztopf ist praktisch noch unverändert, obwohl er 30mal so häufig benutzt wurde wie ein Flußstahltopf bis zu seiner vollkommenen Zerstörung. Zugleich ist damit festgestellt, daß auch das verwandte Einsatzpulver keine Schädigung des Chromnickels bewirkt hat.

Ein solcher Chromnickeltopf kostet etwa 480 *M* bei einem Schrottwert von 60 *M*, ein flußeiserner Glühtopf gleicher Größe etwa 30 *M*. Die Glühtopfkosten stellen sich somit nach einjährigem Gebrauch wie 480 (und nach Abzug des Schrottwertes 420) zu etwa 800 *M* zu Gunsten des Chromnickel-Glühtopfes. Bei etwa 280 Einsetzungen im Verlauf eines Jahres waren infolge des Mindergewichtes des Chromnickel-Glühtopfes von 50 kg etwa 14 t Glühtopfgewicht weniger zu erhitzen. Die dadurch bedingte Brennstoffersparnis beträgt im vorliegenden Falle allerdings nur etwa 2,5 t im Werte von etwa 40 *M*.

Schließlich sei noch das Beispiel einer Glühkiste zum Glühen von Feinblechen durchgerechnet. Bei Blechgrößen von 2 × 1 m² werden in einer Glühkiste etwa 6 bis 7 t



Abb. 7
Flußstahl-Glühtopf nach zehnmaliger Benutzung

Bleche in einer Charge geglüht. Eine Glühkiste für dieses Fassungsvermögen aus Eisen wiegt in üblicher Ausführung 5000 bis 6000 kg und kostet 2000 bis 2500 *M*. Eine entsprechende Glühkiste aus Chromnickel wiegt 800 bis 900 kg und kostet 14 000 *M*. Sonach macht sich an reinen Beschaffungskosten die Verwendung von Chromnickelglühkisten bereits bezahlt, wenn eine solche nur etwa 7mal länger hält als eine Kiste aus Stahlguß oder Gußeisen. In Wirklichkeit ist die Haltbarkeit einer Chromnickelglühkiste um ein Vielfaches größer als der angegebene Betrag. Das für eine Charge nutzlos zu erhitzende Kistengewicht verringert sich bei der Verwendung von Chromnickelglühkisten um 4 bis 5 t. Bei nur 120 Benutzungen im Verlauf eines Jahres sind somit rd. 500 t Glühkistengewicht weniger zu erhitzen, was einer Kohlenersparnis von etwa 50 t im Werte von etwa 800 *M* entspricht. Das Gewicht der gefüllten Kiste beträgt im einen Fall etwa 12 200, im andern nur 8000 kg; die Leistung des Glühofens wird also um etwa 50 vH gesteigert. Daneben ist die Abkühlzeit der leichteren Chromnickelkiste, die sich zudem nicht mit schlecht wärmeleitendem Zunder bedeckt, nicht unerheblich geringer als die Abkühldauer einer gefüllten eisernen Kiste, so daß auch noch der Durchsatz beschleunigt wird[8]).

Die vorstehenden Ausführungen sollen an einigen einfachen Beispielen zeigen, daß die Verwendung hochhitzebeständiger Legierungen zur Herstellung von feuerbeanspruchten Ofenteilen und Gerätschaften durchaus wirtschaftlich ist, obwohl der Preis für 1 kg der hitzebeständigen Legierungen etwa 40mal höher ist als der Preis des bisher vorwiegend benutzten Eisens. Diese Erkenntnis hat sich in Amerika bereits in viel höherem Umfange durchgesetzt als in Deutschland. [M 398]

Hanau a. M. Dr. W. Rohn

[8]) Die Unterlagen für die vorstehende Rechnung verdankt der Verfasser der Liebenswürdigkeit eines Feinblechwalzwerkes.

Eisenbahnwesen

Eisenbahn-Wagenkipper ungewöhnlicher Bauart

Der von Wellman-Seaver-Morgan Co., Cleveland, erbaute Kipper dient zum Entladen von Zementgestein aus Eisenbahnwagen in das Lager einer Mahlanlage der Florida Portland Cement Co. Da man infolge der schlechten Bodenverhältnisse eine besondere Grube, in die man sonst die Steine ausschüttet, nicht anlegen konnte, wurde die Aufgabe, eine genügende Kipphöhe zu schaffen, dadurch gelöst, daß man den Kipper selbst beim Kippen eine schiefe Ebene von 35 ° Steigung heraufrollen ließ. Der Antrieb besteht aus zwei in rd. 15 m Abstand voneinander aufgestellten Windentrommeln, die über ein doppeltes Übersetzungsgetriebe von einem 115 PS-Motor angetrieben werden und den Kipper an je einem Seil zu beiden Seiten die schiefe Ebene heraufziehen.

Die vier Klammern zum Festhalten des Wagens beim Kippen sind drehbar um die Rückwand des Kippers über dem Eisenbahnwagen angeordnet und werden in der Ruhestellung durch Seile in wagerechter Stellung festgehalten. Beim Kippen lockern sich allmählich die Seile, bis die Klammern bei 45 ° Kippneigung oben auf den Eisenbahnwagen zum Aufliegen kommen. In diesem Augenblick werden die die Klammern haltenden Seile durch Sperrklinken in ihrer Stellung verriegelt; bei der weiteren Kippbewegung nehmen die Klammern das Gewicht des Eisenbahnwagens auf. Man kann mit dem Kipper 80 t-Eisenbahnwagen entladen. („The Iron Age" 22. September 1927 S. 795*) [N 893 c] Sd.

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Neue Wilhelmstr. 4, bezogen werden. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 3501)

Werkstattbücher, 32. H.: **Die Brennstoffe.** Von Erdmann Kothny. Berlin 1927, Julius Springer. 73 S. m. 11 Abb. Preis 1,80 *M*.

Das als Heft 32 der von E. Simon herausgegebenen Werkstattbücher für Betriebsbeamte, Vor- und Facharbeiter erschienene Heft gibt einen Überblick über die in der Industrie gebrauchten Brennstoffe. Zu diesem Zwecke werden in gedrängter Zusammenfassung Entstehung, Erzeugung, Eigenschaften und Verwertung der festen, flüssigen und gasförmigen Brennstoffe beschrieben und auch die zur Berechnung und Bewertung der Verbrennungs- und Vergasungsvorgänge erforderlichen Formeln angegeben. Wenn auch eine möglichst kurze Ausdrucksweise durchaus wünschenswert ist, so erscheint doch bei dem vorliegenden Hefte, das als gemeinverständliches Werkstattbuch auch Vor- und Facharbeitern von Nutzen sein soll, die weitgehende Anwendung chemischer Formelzeichen nicht am Platz. Abgesehen von diesem Einwand gibt das Heft einen klaren Überblick über die gesamte Brennstofftechnik. [E 825] Pr.

The British Steam Railway Locomotive 1825 bis 1925. Von E. L. Ahrons. London 1927, The Locomotive Publishing Co., Ltd. 391 S. m. 473 Abb. Preis 30 sh.

In diesem Buche sind die anläßlich der Hundertjahrfeier der Personeneisenbahn in der Zeitschrift „The Engineer" erschienenen Aufsätze Ahrons' zusammengefaßt. Bei der großen Kenntnis des bald nach der Vollendung seines Werkes verstorbenen Verfassers, seiner Liebe zur Lokomotive und seiner Gründlichkeit in der Benutzung der Quellen ist ein Buch zustandegekommen, das zu den besten seiner Art gezählt werden darf. [E 820] Gsl.

Rundfunktechnisches Handbuch, 2. Teil. **Die physikalischen Grundlagen, die Konstruktion und die Schaltung von Spezialempfängern für den Rundfunk.** Von H. Wigge. Berlin 1927, M. Krayn. 314 S. m. 416 Abb. Preis 12 *M*.

Seit dem Erscheinen des ersten Teiles dieses Handbuches sind etwa zwei Jahre vergangen, in denen gerade die Rundfunktechnik große Fortschritte gemacht hat. Der Verfasser behandelt in umfangreichen Kapiteln das Hochfrequenzverstärker-Problem, den Transponierungsempfänger, die Pendelrückkopplung und den Reflexempfänger und widmet ein besonderes Kapitel der Doppelgitterröhre. Durch zahlreiche, übersichtlich angeordnete Abbildungen gewinnt das Buch an Wert.

Jahrbuch der Brennkrafttechnischen Gesellschaft, e. V. 7. Bd. 1926. Halle a. d. S. 1927, Wilhelm Knapp. 96 S. m. versch. Abb. Preis 4,80 *M*.

U. a. zeitgemäß gebaute Kraft- und Wärmeanlagen in Textil- und Papierfabriken. — Die Verschwelung der Kohle als wirtschaftliches Problem. — Der gegenwärtige Stand der Schweltechnik nach den neuesten Forschungen. — Neuzeitliche Dampfturbinenanlagen für hohe und höchste Drücke für vereinigte Heiz- und Kraftbetriebe, mit besonderer Berücksichtigung der Textil- und Papierfabriken. — Elektrische Kraftanlagen in Textil- und Papierfabriken. — Wärme-, Kraft-, Gesamtwirtschaft.

Das Nationale Bauprogramm. Von Heinrich Brüning, Friedrich Dessauer und Karl Sander. Berlin 1927, Beuth-Verlag. 200 S. m. versch. Abb. Preis 4,75 *M*.

Das Buch behandelt vorerst in elf Aufsätzen, die der Feder namhafter Politiker entstammen, die sozialpolitische Seite unserer Wohnungsnot und der vorliegenden Beseitigungsvorschläge des Zentrums; bemerkenswert erscheinen namentlich die Erörterung über Finanzierung und Wohnungsfürsorge, über die Stellungnahme von Industrie und Gewerkschaften. Im einzelnen werden die württembergischen und badensischen Maßnahmen wiedergegeben. Seinen besondern Wert erhält das Werkchen aber durch weitere sechs Aufsätze, die technisch-praktische Lösungen des Wohnungsbauprogramms vor Augen führen, unterstützt durch eingehendste Pläne und zahlreiche Kostenanschläge, die sich auf die Arbeiten der „Baunormung" (Deutscher Normenausschuß) gründen.

Das flüssig geschriebene Buch gibt einen guten Überblick über alle Sorgen und Aussichten unserer Wohnungsbauer, so daß es allen nahe und ferner Stehenden empfohlen werden muß, wo nicht für seine Bedeutung die Namen der Mitarbeiter an sich bürgen: Sonnenschein, Brauns, Hirtsiefer, Wölz, Stegerwald, Lüders, Dessauer, Brüning, Lammers, Bolz, Walser, Flöhr und Gerlach, Busley, Sander, Lübbert, Günther, Knoblauch.

Arbeitsgemeinschaft für Rationalisierung im Bauwesen: **Rationeller Wohnungsbau, Typ/Norm.** Von Wilhelm Lübbert. Berlin 1927, Beuth-Verlag. 207 S. m. zahlr. Abb. Preis 6,50 *M*.

Das Buch ist auf Veranlassung der Arbeitsgemeinschaft für Rationalisierung im Bauwesen geschrieben, einer Gemeinschaft, die ihr Entstehen der Deutschen Gesellschaft für Bauingenieurwesen verdankt. Das Werk zeigt, was an geistiger Arbeit in technischer und geschäftlicher Einrichtung und an Verbrauch von Baustoffen und Bauteilen gespart werden kann, ohne daß der Zweck außer acht gelassen wird, behagliche und ansprechende Wohnungen herzustellen. Besonders wird bewiesen, wie durch Verwendung genormter Teile mit wenig äußerem Aufwand brauchbare und in jeder Beziehung befriedigende Wohnhäuser hergestellt werden können. Zahlreiche durchgerechnete Zahlenbeispiele in übersichtlicher und eindringlicher Form dienen zur Erleichterung des Verständnisses.

Handwörterbuch der Arbeitswissenschaft. Unter Mitwirkung von 280 Fachleuten des In- und Auslandes. Herausgeg. von Fritz Giese. Halle a. d. S. 1927, Carl Marhold. 314 S. 1. Lfg. Preis 9 *M*.

Brot und Brennstoff. Bearbeitet von Artur Fornet und Kurt W. Geisler, mit einem Vorwort von Regierungsbaurat Spitznas. Festschrift der Wärmewirtschaftlichen Abteilung der Deutschen Bäckereifach-Ausstellung, Essen, 16. bis 31. Juli 1927. 78 S. Preis 1 *M*.

Bayrisches Handwerk in seinen alten Zunftordnungen. Mitgeteilt und erläutert von Otto Hartig, A. Mitterwieser, E. Moser, Jos. Reindl, Ludwig Schraudner und Gg. Schröter. München, Heimatbücher-Verlag Müller & Königer. 135 S. Preis 3 *M*.

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 71 SONNABEND, 22. OKTOBER 1927 NR. 43

Werkstofftagung I

Werkstoff

Von Conrad Matschoß, Berlin

Was die Werkstofftagung und die Werkstoffschau bezwecken, und wie sie zustandegekommen sind — Erinnerungen aus der Geschichte der Werkstofforschung

Hierzu 2 Kunstbeilagen

Heute öffnen sich die Tore der Werkstoffschau in der größten Ausstellungshalle Berlins am Kaiserdamm. Organisierte Gemeinschaftsarbeit, an Umfang, Zeit und Kraftanspannung gemessen, von erstaunlicher Leistung, hat hier die Fläche von rd. 14 000 m² bis zum letzten gefüllt mit dem, was Wissen von Eisen und Stahl, von Nichteisenmetallen und von Isolierstoffen der Elektrotechnik angeht.

Und warum wird all diese Mühe und Arbeit aufgewandt beim Ausgangstoff des Fertigprodukts, dessen Verwendung sonst allein die Scharen der Ausstellungsbesucher zu interessieren pflegt? Weil die Erkenntnis immer klarer hervortritt, daß wir in jedem Entwicklungsabschnitt der Technik in ausschlaggebendem Maß abhängig sind vom Gütegrad des Materials. Der Werkstoff bestimmt den Fortschritt der Technik. Das Material, nicht nur in seiner Erzeugung Daseinszweck wichtigster Schlüsselindustrien, reicht in jeden nur denkbaren Zweig menschlicher Gewerbetätigkeit, es macht seinen Einfluß geltend auf Gestaltung, Fertigung und Gebrauchzwecke. Wenn heute mit Recht gerade in Deutschland auf die Notwendigkeit der Qualitätsarbeit Wert gelegt wird, dann weiß man: Qualitätsarbeit hat besten Werkstoff zur Voraussetzung.

Der Gedanke, diese weittragende Bedeutung des Werkstoffes einer großen wissenschaftlichen Tagung, verbunden mit einer gründlich durchgearbeiteten Schau, als Generalthema zu stellen, ist im Verein deutscher Ingenieure bereits vor sechs Jahren erörtert worden. Die Durchführung schien gesichert, als es gelang, im Verein deutscher Eisenhüttenleute eine der größten und wichtigsten Werkstoffgruppen für diese große Gemeinschaftsarbeit zu gewinnen. Viele andre wichtige Werkstoffgruppen folgten, und es begann sehr bald die Zeit emsigster wissenschaftlicher Vorarbeit. Die Aufgabe wuchs unter der Arbeit so an, daß man bald mit Rücksicht auf Zeit und Arbeitskraft an Einschränkung denken mußte. Die Riesenhalle reichte schließlich nur für die Metalle und die Isolierstoffe der Elektrotechnik. Wird der Erfolg dieser Arbeit, wie sie jetzt der öffentlichen Kritik unterliegt, anerkannt, so werden sicher andre Werkstoffe, für die zum Teil bereits fertige Arbeitsprogramme vorliegen, folgen.

Der Vorsitzende des Vereines deutscher Ingenieure wird heute bei der Eröffnung tief empfundene Dankesworte finden für alle die Kreise, die an dem Zustandekommen des großen Werkes arbeiten konnten. Staatliche und städtische Behörden stehen hier neben den großen technischen Vereinen und den für Deutschlands Wirtschaft wichtigsten Industrien. Vor allem aber wird er anerkennend und dankend zu gedenken haben der vielen hundert angesehenen Fachmänner, Ingenieure, Angestellten und Arbeiter, die, gepackt von dem gesteckten Ziel, alles daran gesetzt haben, in hingebender Arbeit das Werk zu vollenden. Das Verzeichnis der Mitarbeiter, die Liste der 197 Vortragenden zeigt uns die meisten derer, die heute auf diesen Fachgebieten in Deutschland hervorragend tätig sind.

Die Werkstoffschau will uns aber nicht nur zeigen, wie weit wir es mit den einzelnen Werkstoffen bisher gebracht haben, eine ihrer wichtigsten Aufgaben ist es, den Vorhang vor den großen wissenschaftlichen Arbeitstätten, in denen die Eigenschaften der Materialien ergründet werden, fortzuziehen und der größten Öffentlichkeit zu zeigen, wie und was hier erarbeitet werden muß, um den uns oft so selbstverständlich erscheinenden Stand der heutigen Technik zu erhalten und weitere Fortschritte anzubahnen. Ein riesiges Prüffeld mit vielen hundert Prüfmaschinen und Apparaten der verschiedensten Art wird in voller Arbeit, geleitet von hervorragenden Fachmännern, zeigen, was sich an härtesten Prüfungen der heutige Werkstoff gefallen lassen muß.. Hier lernen wir die technisch-wissenschaftlichen Methoden mitten in ihrer Anwendung kennen, die zu immer tieferem Erkennen der Eigenschaften unsrer Werkstoffe führen. Das Wissen vom Werkstoff allein kann uns zur richtigen Bearbeitung und Verwendung führen. Die großen Kreise der Erzeuger und Verbraucher führt diese Werkstofftagung zu engster Gemeinschaftsarbeit zusammen, und wir hoffen, daß dies ein große Erfolge versprechender Anfang dieses einheitlichen Zusammenwirkens sein wird.

Wer wollte es den Männern, deren ganze Lebensarbeit dem Werkstoff gewidmet ist, verdenken, wenn sie beim Durchwandern der Schau sich dessen freuten, was unter ihrer Mitarbeit heute erreicht ist. Aber gerade die ernsten Fachmänner wissen, wie eng begrenzt in Zeit und Wirkung die Lebensarbeit des einzelnen ist, wie notwendig für den Gesamterfolg das Zusammenarbeiten der Gelehrten, Forscher und Ingenieure der verschiedensten Völker ist und wie vor allem jeder, auch der Größte in einer Generation nur Steine zum Bau herbeitragen kann. Jeder steht auf den Schultern seiner Vorgänger. Diese Tatsache aber wird alle Besucher, die über das Heute nicht das Gestern vergessen, zum dankbaren Erinnern an alle die Männer führen, die suchend und forschend in langer harter Lebensarbeit den Weg bereiten halfen, auf dem das heute schaffende Geschlecht wandelt.

Der Plan, in einer großen historischen Abteilung die Erinnerung an diese Männer und ihre Arbeit wachzurufen, ließ sich aus Mangel an Raum und Zeit nicht durchführen. Es sei deshalb versucht, an dieser Stelle in der gebotenen Kürze einige geschichtliche Tatsachen zusammenzustellen[1]). Und wenn wir diese Erinnerungen aus Anlaß der deutschen Werkstoffschau mit einigen von Künstlerhand geschaffenen Bildnissen von Männern schmücken, die im deutschen Arbeitskreis und darüber hinaus maßgebend gewirkt haben, so sind wir uns natürlich bewußt, daß in England, Frankreich, Skandinavien, Amerika und vielen andern Ländern Männer von großer Bedeutung diesen deutschen Forschern an die Seite zu stellen wären, wenn es sich darum handelte, die Geschichte der Werkstoffkunde und -prüfung durch Bildnisse ihrer großen Männer zu veranschaulichen.

[1]) Quellenangaben am Schluß.

Die Kenntnis vom Werkstoff als Voraussetzung jeder technischen Gestaltung, seiner Eigenschaften in bezug auf Bearbeitung und Gebrauch, mußte schon in frühester Menschheitsgeschichte nach und nach durch die Erfahrung des einzelnen und Vererbung des Erkannten von einer zur andern Generation erworben werden. Was wir an Erzeugnissen vorgeschichtlicher Zeiten in unsern Museen finden, zeigt uns bereits oft eine staunenswerte Beherrschung des Materials. Aus Altertum und Mittelalter sind uns Kunstwerke erhalten, die heute mit Recht von den Fachleuten bewundert werden, nicht nur wegen der vollendeten künstlerischen Form, sondern weil sie uns eine Herrschaft über den Werkstoff zeigen, wie er uns, wenn wir der bescheidenen Hilfsmittel jener Zeiten gedenken, kaum erklärlich erscheint.

Die Technik unsrer Zeit, aufgebaut auf Kohle und Eisen, und die früher nicht geahnte Beherrschung der Naturkräfte, brachte die Massenerzeugung und Massenverwendung der metallischen Werkstoffe, und mit ihr entstand die planmäßige wissenschaftliche Erforschung dieser Werkstoffe. Aus diesen Ergebnissen erstand die immer sicherer werdende Gestaltung unsres Bau- und Maschinenwesens. Die neueste Zeit fügte mit der Elektrotechnik eine große Zahl neuer technischer Werkstoffe hinzu, die unter der Bezeichnung elektrotechnische Isolierstoffe in der Werkstoffschau zum ersten Mal in diesem Umfang in ihren Eigenschaften vorgeführt werden.

Am Anfang der Reihe von Forschern, die den Werkstoff und seine Eigenschaften planmäßig wissenschaftlich gefördert haben, steht Galilei (1564 bis 1642). Er hat theoretisch die Bruchfestigkeit fester Körper behandelt, er hat den Begriff der Reißlänge aufgestellt und in seinem Werke „Discorsi" 1638 eingehend den Widerstand rechteckiger und kreisrunder Balken gegen Biegung erörtert.

Vierzig Jahre später fand Robert Hooke (1635 bis 1703) bei der Untersuchung der Elastizität von Uhrfedern das Gesetz von der Proportionalität von Kraft- und Formänderung. Schon er beobachtete die beim Biegen eines Stabes auftretenden Zug- und Druckkräfte. Berühmte Namen aus der Geschichte der Wissenschaften, wie Mariotte (1620 bis 1684), Jacob Bernoulli (1654 bis 1705) und Leibniz (1646 bis 1716) haben die Elastizitätstheorie weiter gefördert. Besondere Verdienste hat sich Coulomb (1736 bis 1806) erworben, der das Widerstandsmoment richtig bestimmte und die Bruchvorgänge so erklärte, daß teilweise seine Auffassung noch heute zutrifft. Coulomb ermittelte auch bereits die Torsionselastizität dünner Drähte auf dem Wege des Versuchs.

An erster Stelle ist hier der große französische Forscher Réaumur (1683 bis 1757) zu nennen, der von 1715 an begann, sich, gestützt auf planmäßige Versuche, mit dem Eisen zu beschäftigen. Wichtige Fortschritte sind ihm zu verdanken. Besonders eingehend befaßte er sich mit den physikalischen Eigenschaften. In seinen berühmten Schriften „Die Kunst, Schmiedeisen in Stahl zu verwandeln" und „Die Kunst, gegossenes Eisen zu erweichen" behandelt er das Gefüge und die Härte des Werkstoffes. Er benutzt das Mikroskop zur Untersuchung des Gefüges und er fertigt genaue Zeichnungen der Bruchflächen an. Zahlreich sind seine Versuche über das Härten des Stahls.

Sein Zeitgenosse, der holländische Gelehrte Musschenbrook (1692 bis 1761), ist bekannt durch seine sorgfältigen Versuche an den verschiedensten Werkstoffen mit Hilfe von ihm konstruierter Prüfvorrichtungen. Dabei benutzte er zuerst 1729 besonders hergerichtete Zugkörper mit Einspannvorrichtung. Neben Holz hat Musschenbrook englisches und schwedisches Eisen sowie zahlreiche Legierungen auf ihre Zugfestigkeit untersucht. Der schwedische Gelehrte Swedenborg (1688 bis 1772) hat bereits 1734 empfohlen, bei Abnahme von Werkstoffen Stichproben zu entnehmen und sie Biege-, Falt- und Schlagversuchen auszusetzen.

In der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts entstanden die Grundlagen der heutigen Technik. Es gelang, bei der Erzeugung des Eisens das Holz durch Kohle zu ersetzen und damit die Voraussetzung für eine bis dahin noch unbekannte Massenerzeugung dieses wichtigsten Werkstoffes zu erreichen. Vor allem aber schuf James Watt die unbeholfene Feuermaschine Newcomens zur Dampfmaschine um, die die ungeheure Revolution im gewerblichen Schaffen der Welt durchführte. Jetzt begann das Zeitalter des Eisens. Es wurde der Ehrgeiz der Ingenieure, zunächst in England am Ende des 18. Jahrhunderts, das Holz auch als Baustoff durch das Eisen zu ersetzen. 1776 bis 1779 wurde die erste größere eiserne Brücke der Welt in England erbaut. Die Anwendung der Dampfkraft auf den Verkehr schuf ungeahnte neue Bedürfnisse für die Eisenindustrie. Eiserne Schiffe wurden in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts verlangt. Vor allem aber war es die Eisenbahn, die nunmehr als einer der größten Eisenverbraucher auftrat. Die eisernen Schienen begannen, zunächst in bescheidenen kleinen Stichbahnen, bald zu großen Eisennetzen sich erweiternd, den Erdball zu umgürten. Die Betriebsmittel verlangten eiserne Achsen und Räder.

Diese neue Zeit stellte die Ingenieure vor neue große Aufgaben. Was die Wissenschaft bisher von den Eigenschaften der Werkstoffe ermittelt hatte, reichte bei weitem nicht aus, ebensowenig wie die bisherigen Erfahrungen. Geniale Ingenieure mußten, gestützt auf ihr konstruktives Gefühl, große Wagnisse eingehen bei der Durchführung ihrer Aufgaben. Die Erfahrungen wurden gesammelt und gesichtet. Planmäßige große Versuche wurden durchgeführt, um die Bauwerke mit größerer technischer Sicherheit errichten zu können.

Der Ingenieur Thomas Telford (1757 bis 1834) wollte eine große Hängebrücke bei Liverpool mit mehr als 300 m Spannweite bauen. Die Kabel sollten aus Quadrateisen zusammengesetzt werden. Telford führte zahlreiche Zugversuche mit schmiedeisernen Stäben durch. Er spannte auch Proben seiner Seile aus und belastete sie entsprechend. Die Einwirkung von Erschütterungen suchte er dadurch zu berücksichtigen, daß er Gewichte aus bestimmten Höhen auf die gespannten Seile fallen ließ. Aber die Kosten dieser Brücke waren zu hoch, sie kam nicht zur Ausführung. Für die damalige Zeit sehr wichtige Ergebnisse konnte Telford den Ingenieuren durch seine genauen Versuche zur Verfügung stellen, die er in den Werkstätten und auf den Bauplätzen durchführte.

Nicht minder bedeutend waren die Arbeiten eines andern englischen Ingenieurs, Tredgold (1788 bis 1829). Er hat die lange Reihe der festgelegten Telfordschen Ergebnisse über Zug-, Druck-, Verdrehungsfestigkeit usw. bereits in Zahlentafeln eingeordnet und damit den praktischen Ingenieuren ein Hilfsmittel größten Wertes für ihre Arbeiten geschaffen. Wichtig wurden weiter die Versuche von Hodgkinson (1799 bis 1861) und die von George Rennie (1791 bis 1866), dem Sohne des berühmten englischen Ingenieurs John Rennie.

Auf der Grundlage, die diese und viele andre Ingenieure und Forscher bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts geschaffen hatten, konnte nun die zweite Jahrhunderthälfte erfolgreich weiter bauen. Jetzt begannen sich auch außerhalb Englands, besonders in Deutschland, die Folgen der neuen Technik nach jeder Richtung hin auszuwirken. Überall entstanden mit den Eisenwerken neue Maschinenfabriken und Eisenbauwerkstätten. Die Eisenbahnen als große Abnehmer von Eisen und Stahl hatten auch unter den Mängeln des Werkstoffs mit am meisten zu leiden.

Es war deshalb mehr als ein Zufall, daß gerade aus den Kreisen der Eisenbahnfachmänner heraus wichtige Versuche zur Erforschung der Werkstoffe und ihrer Eigenschaften hervorgingen. August Wöhler (1819 bis 1914), ein Lehrersohn aus Soltau, hatte seine Ausbildung unter Karmarsch in Hannover erfahren, um dann im „Ausland" — in Berlin — bei Borsig mit dem Eisenbahnwesen bekannt zu werden. 1847 arbeitete er bei der Niederschlesisch-märkischen Bahn in Frankfurt a. d. Oder.

In diese Zeit fallen seine grundlegenden Versuche und die hervorragenden wissenschaftlichen Veröffentlichungen. 1851 schreibt er eine wertvolle wissenschaftliche Abhandlung über Federn für Eisenbahnwagen, und ein Jahr darauf ernennt ihn der preußische Minister zum Mitglied der „Kommission für Untersuchung von Lokomotiven bzw. Ermittlung der besten Konstruktionsverhältnisse derselben".

1853 folgte ein Aufsatz über die Berechnung der Durchbiegung elastischer Körper, und hiermit im Zusammen-



hang erschien 1855 seine Abhandlung über die Theorie rechteckiger eiserner Brückenbalken mit Gitterwänden und Blechwänden. Hier hat Wöhler drei Jahre vor Clapeyron wertvolle Formeln für die Berechnung der Durchbiegung solcher Balken aufgestellt.

Besonders bedeutsam aber für die Eisenbahn und die gesamte Technik wurden seine auf viele Jahre sich ausdehnenden planmäßigen Versuche über Dauerfestigkeit von Eisen und Stahl, die sich auf einen Zeitraum von 1856 bis 1870 erstreckten. Die äußere Veranlassung hierzu waren die häufigen Achsenbrüche der Eisenbahnfahrzeuge. Die Bahnverwaltung wünschte, durch Versuche die Einwirkung der Schienenstöße auf die Radachsen zu klären. 1856 erhielt Wöhler den Auftrag, die Biegung und Verdrehung der Eisenbahnachsen während der Fahrt zu untersuchen. Wöhler konstruierte hierauf eine sehr zweckmäßige Einrichtung, die er bald zur Materialprüfmaschine entwickelte.

In den Jahren 1859 und 1860 wurden mit seinen Maschinen die ersten Dauerversuche an Eisen und Stahl durchgeführt. Wöhler hat hierbei auch zuerst die schädliche Wirkung scharfer Formübergänge auf die Festigkeit der Konstruktion nachgewiesen. Nach Einbau eines Hammerwerkes konnte auch festgestellt werden, inwieweit unter Spannung stehende Werkstoffe durch starke Erschütterungen beeinflußt werden. Aus den Versuchen ergaben sich immer neue Aufgaben, die zu lösen waren. Von 1860 bis 1870 wurden auf Grund der bisher erworbenen Erfahrungen neue Dauerversuche an Eisen, Stahl und Kupfer angestellt. Man wollte in erster Linie das Verhalten des Materials bei ruhender und wechselnder Belastung feststellen sowie die Gesetzmäßigkeit, die sich aus den einzelnen Versuchsergebnissen ableiten ließ. Die Stäbe wurden auf Zug, Biegung und Verdrehung beansprucht. Die sehr sinnreich und zweckmäßig von Wöhler geschaffenen Maschinen für seine Werkstoffprüfungen sind heute mit Rücksicht auf ihre große geschichtliche Bedeutung Glanzstücke des Deutschen Museums in München.

Die Ergebnisse der Versuche hat Wöhler in knapper Form klar niedergelegt. Diese Zusammenfassungen haben unter der Bezeichnung „Wöhlersche Gesetze" große Bedeutung für die weitere Entwicklung gewonnen. Wöhler war es gelungen, zuverlässige Werte für die bei den einzelnen Belastungsarten zulässigen Spannungen zu erhalten und auch die Dehnung verschiedener Werkstoffsorten zu bestimmen.

In England war es David Kirkaldy, der sich bereits 1858 eine eigne, die erste private Versuchsanstalt, eingerichet hatte, um gegen entsprechende Gebühren für die Ingenieure und die Verwaltungen Versuche durchzuführen. Die von ihm 1862 veröffentlichten Ergebnisse seiner planmäßigen Versuche fanden größte Beachtung.

In Süddeutschland war der geniale Ingenieur Ludwig Werder (1808 bis 1885) der Cramer-Klettschen Maschinenfabrik, der heutigen Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, dazu berufen, mit seiner ungewöhnlich großen Begabung auch das Materialprüfungswesen sehr zu fördern. Größere Hüttenwerke und Eisenbahngesellschaften hatten bereits Prüfmaschinen älterer Konstruktion aufgestellt. In Bayern gab der berühmte Brückenbauer Pauli die Anregung, die eisernen Zugbolzen der von ihm verwendeten Howeträger durch eine Maschine zu prüfen. Die Königl. Eisenbahn gab deshalb Werder den Auftrag, 1852 eine solche Maschine zu erbauen. Diese Maschine wurde 1854 im Glaspalast in München ausgestellt, wo sie die goldene Medaille für Kunst und Wissenschaft erhielt. Sie fand auch bei der Großhesseloher Brücke ausgiebige Verwendung.

Wie Vollkommenes Werder unter den sehr vielen Aufgaben, die ihm in seiner umfangreichen Ingenieurtätigkeit gestellt wurden, geleistet hat, zeigt, daß die wesentlichen Teile seiner Maschinen beibehalten worden sind und noch heute in vielen Materialprüfungsanstalten gern benutzt werden. Ihre große Leistung, die bis zu Kraftäußerungen von 100 000 kg ging, ermöglichte es erst, die Brückenbauglieder in natürlicher Größe zu prüfen. Culmann in Zürich beschaffte bereits 1866 für die dortige Technische Hochschule eine Werder-Maschine. Im gleichen Jahr erhielt Schneider & Cie. in Creusot eine solche Maschine und 1872 konnte in dem neuerrichteten mechanisch-technischen Laboratorium der Technischen Hochschule in München, das von Prof. Bauschinger — dem um die Materialprüfungswissenschaft hochverdienten Gelehrten — eine Werder-Maschine in Betrieb genommen werden.

Bauschinger (1834 bis 1893) hat von München aus die Werkstofforschung ungemein gefördert. Mit ihm beginnt die Zeit der Materialprüfung in Deutschland in engster Verbindung mit den technischen Hochschulen. Spangenberg wurde mit der Weiterführung der Wöhlerschen Versuche in der Berliner Gewerbe-Akademie beauftragt. Hieraus entwickelte sich 1876 eine „Versuchsstation" zur Prüfung der Festigkeit von Eisen und Stahl, die später mit der Technischen Hochschule in Charlottenburg verbunden wurde.

Wöhler war nicht mit der Feststellung seiner Versuchsergebnisse zufrieden. Er hat dann von seiner Stellung als Eisenbahndirektor und Mitglied der Generaldirektion der Reichseisenbahn in Straßburg aus weiter in der Richtung seiner Arbeiten gewirkt. Als Mitglied des Technischen Ausschusses des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen stellte er 1876 den Antrag auf „Einführung einer staatlich anerkannten Klassifikation von Eisen und Stahl". In dem Antrag stellt er zunächst fest, daß eine solche amtlich anerkannte Klassifikation sehr wünschenswert sei. Zur Durchführung solle man amtliche Prüfungsanstalten, die für jedermann gegen entsprechende Entschädigung zur Verfügung stehen müßten, gründen. Ferner sollten mit einzelnen dieser Prüfungsanstalten Versuchsstationen verbunden werden. Hier sollte unter geeigneter Leitung durch ausgedehnte Versuche festgestellt werden, welche Ansprüche an die Werkstoffe für bestimmte Leistungen gestellt werden könnten.

Hiermit hat Wöhler zum erstenmal die Forderung nach einer staatlichen Materialprüfungsanstalt aufgestellt, und mit Recht konnte 28 Jahre später, als das Königliche Materialprüfungsamt in Lichterfelde eröffnet wurde, dieses Amt Wöhler in dankbarer Verehrung als Mitbegründer bezeichnen. Zu seinem Antrag hat Wöhler in einer Denkschrift noch ausführlich Stellung genommen, die erkennen läßt, wie er die weittragende Bedeutung seiner Anregung erkannte.

Als eine Grundbedingung stellte er hin, „daß der Wert einer jeden Arbeit recht geschätzt und entsprechend bezahlt würde". Wenn aus mangelnder Sachkenntnis der Abnehmer eine Arbeit nicht ihrem Wert angemessen geschätzt und bezahlt werde, so könne der betreffende Industriezweig nicht zur Blüte gelangen. Der nationale Wohlstand aber müsse leiden, wenn ein erheblicher Teil der nationalen Arbeit auf ein Material verwandt werde, dessen Wert sich nicht in einem der Arbeitsleistung entsprechenden Maß erhöhe. Wenn Geschäftskonjunkturen einträfen, meinte Wöhler, die den betreffenden Industriezweig vom Weg ruhiger Entwicklung abdrängten, wenn infolgedessen Nachfrage und Preis in ungewöhnlichem Maße stiegen, dann könne auch die Verarbeitung eines Werkstoffes geringerer Güte noch lohnend erscheinen. Dabei trete aber schon die Versuchung heran, ein geringerwertiges Produkt dem besseren unterzuschieben, um den gleichen Preis dafür zu erlangen. Dies werde um so mehr gelingen, je schwieriger die Qualität des Fabrikates sich erkennen lasse und je dringender die Nachfrage sei. Wenn dann weiter der zu erzielende höhere Gewinn immer mehr nach dieser schlimmen Seite dringe, so werde man auch unabsichtlich, statt produktiv zu wirken, das Fundament für die Existenz der soliden Arbeit untergraben. Wenn dann bei solcher Geschäftslage ein Rückschlag eintrete, eine starke Überproduktion die Folge sei, dann könne man nicht genug tun im Herunterwerfen der Preise. Alles werde mit fortgerissen, selbst die Werke, die gutes solides Fabrikat lieferten, könnten nicht mehr widerstehen, weil der Wert ihrer Ware nicht richtig gewürdigt werde.

Leicht geschehe es dann, führt er weiter aus, daß infolge der schlechten Geschäftslage gerade die Werke, die geringe Ware fabrizieren, erhalten blieben. Es müsse aber unbedingt im wirtschaftlichen Interesse stets ver-

langt werden, daß nicht das Gute und Solide zugrunde gehe und das Schlechte und Unsolide erhalten bliebe. „Dies zu verhindern, gibt es nur ein, und zwar ein sehr einfaches Mittel, welches darin besteht, daß der Wert des Produktes für jedermann klargestellt wird."

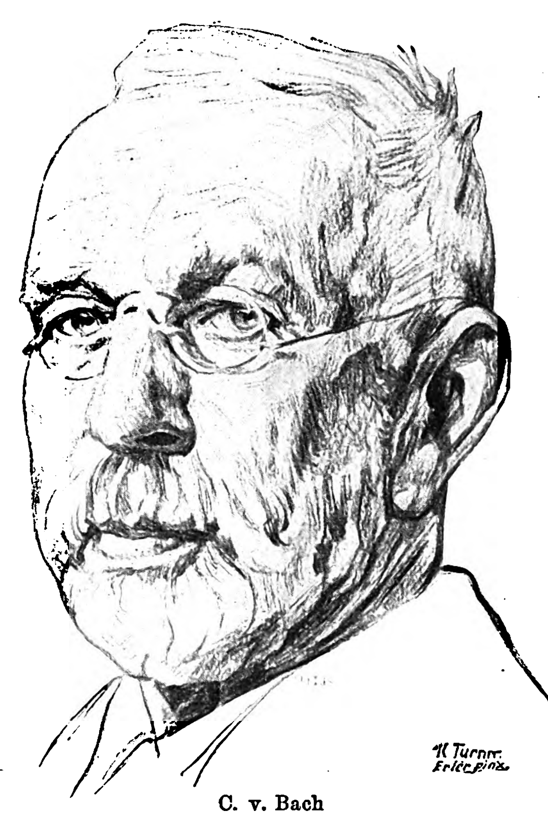
In der Denkschrift bringt Wöhler dann weiter, um zu beweisen, wie unzuverlässig damals der vorhandene Werkstoff und die dafür vorgeschriebenen Abnahmeversuche noch waren, in einer Zahlentafel das Ergebnis der Festigkeitsversuche der verschiedenen Eisen- und Stahlsorten. Wir finden hier in der Festigkeit Unterschiede von fast 100 vH. In seinem Vorschlag betont aber auch Wöhler ausdrücklich, daß solche Festlegungen, wenn auch staatlich festgesetzt, nicht unabänderlich sein dürfen, damit sie den Fortschritten der Industrie folgen können.

Der Wöhlersche Antrag fand zunächst in Deutschland und Österreich scharfen Widerspruch. Man kritisierte Einzelheiten der Vorschläge und fürchtete unüberwindliche Erschwerungen in der Produktion ohne Anerkennung der besseren Ware durch höhere Preise. Diesem letzteren widersprach der Verein deutscher Eisenbahnverwaltungen, indem er sich durchaus auf den Standpunkt stellte, daß die Eisen- und Stahlwerke, „welche so Vortreffliches geleistet haben, volle Anerkennung verdienen, die sich nicht auf Worte beschränken darf, sondern zur Tat werden muß, und zwar dadurch, daß die Eisenbahn sich in ihrem eigenen wohlverstandenen Interesse entschließt, für bessere Ware auch den angemessenen höheren Preis zu zahlen".

Auf dieser Grundlage war schließlich auch eine Einigung zwischen Erzeugern und Verbrauchern zu erzielen. Gerade die Geschichte der Wöhlerschen Arbeiten läßt erkennen, wie stark durch das Prüfen der Werkstoffe die Güte des Materials und die solide Arbeit gefördert worden ist.

Auf der Münchener Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure 1878 hat Bauschinger in einem großen Vortrag „über Einrichtung und Ziele von Prüfungsanstalten für Baumaterialien und über die Klassifikation der letzteren, insbesondere des Eisens und Stahls" zu den deutschen Ingenieuren gesprochen. Als Zweck seines Vortrages gibt er an, eine ruhige und objektive Betrachtung über die Frage der Klassifikation, die in jüngster Zeit soviel Staub aufgewirbelt habe, zu veranstalten. Er wolle seine Hörer davon überzeugen, daß die Gründe, die bei den Vorschlägen Wöhlers maßgebend waren, Beachtung verdienen; „denn nur durch objektive Behandlung der Sache und ruhige Überlegung kommen wir zu einem Ziel, während leidenschaftliche Erörterungen immer nur rückwärts, nie zum Fortschritt führen, den wir alle wünschen".

Als Bauschinger, wie bereits erwähnt, 1871 das erste mechanisch-technische Laboratorium an der Technischen Hochschule in München eröffnen konnte, faßte er seine Aufgabe noch sehr weitgehend auf. Er wollte die Konstanten der Mechanik bestimmen, deren Kenntnis für die Anwendung dieser Wissenschaft in der Praxis notwendig sei. Das ganze Gebiet der Festigkeits- und Elastizitätslehre, das hierin liegt, ja selbst die Erfassung des Arbeitsverbrauchs bei Werkzeugmaschinen, Widerstandsbestimmungen von Fuhrwerken und Eisenbahnen zog er in seinen Arbeitsplan. Diese Aufgaben waren nach unsrer heutigen Erfahrung viel zu groß für ein Laboratorium, und Bauschinger mußte sich mit grundlegenden Versuchen der Elastizität und Festigkeit der Konstruktionsmaterialien begnügen.



C. v. Bach

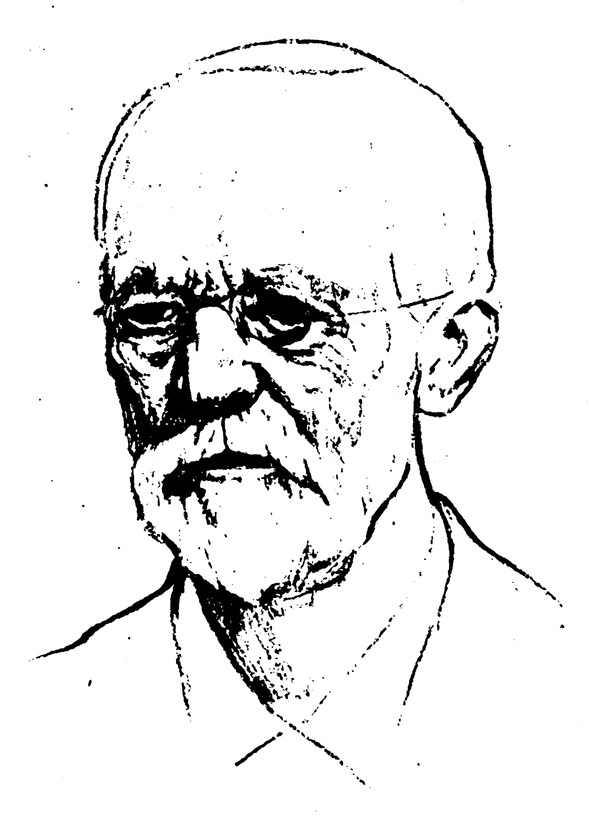
Zu dem Münchener Laboratorium kamen noch andre. Zürich erhielt 1879 ein solches, und C. Bach stellte in Stuttgart beim Württembergischen Bezirksverein des Vereines deutscher Ingenieure 1881 den Antrag, daß aus dem Überschuß der Landesgewerbeausstellung ein Betrag von 15 000 bis 20 000 Mark dazu benutzt werden sollte, um eine Materialprüfungsanstalt in Stuttgart zu errichten. So bescheiden waren die Anforderungen. Weiter entstanden Anstalten in Chemnitz und Berlin, und aus den Arbeiten dieser verschiedenen Anstalten erwuchs das Bedürfnis nach Normen für Prüfverfahren, um auf diesem Wege Versuchsergebnisse vergleichen zu können.

Um diesem Bedürfnis zu entsprechen, berief Bauschinger zum erstenmal am 22. September 1884 die Vorstände der bestehenden Prüfanstalten, die Vertreter der Technik und Industrie, und zwar Erzeuger und Verbraucher, zu einer „Konferenz zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden". Die von 79 Teilnehmern besuchten sehr wichtigen Sitzungen führten zu einer ständigen Kommission zur Vereinbarung einheitlicher Prüfverfahren. Die Arbeiten dieser Kommission führten zu einem vollen Erfolg. Andre Bauschinger-Konferenzen folgten, und hieraus entstand der Internationale Verband für Materialprüfungen der Technik, aus dem sich 1896 der Deutsche Verband für Materialprüfungen der Technik entwickelte. Die Anregung hierzu gab C. v. Bach, dem sich der Direktor der Mechanisch-Technischen Versuchsanstalt, A. Martens, anschloß.

Ungemein große Verdienste hat sich A. Martens um die Weiterentwicklung der Werkstoffkunde und des Prüfwesens erworben. In der Materialprüfanstalt Lichterfelde hat er unter seiner Leitung, unterstützt von zahlreichen Mitarbeitern, grundlegende Arbeiten auf den verschiedensten Gebieten der Werkstoffe durchgeführt. Als besonderes Verdienst ist ihm die Einführung des Mikroskops in großem Umfange zu danken. Dem englischen Forscher H. C. Sorby (1826 bis 1908) war es 1864 gelungen, mikroskopische Bilder der Bruchflächen von Eisen zu photographieren. Seine Arbeiten fanden zunächst aber fast keinerlei Beachtung. Erst A. Martens hat 1878 das Ergebnis seiner mikroskopischen Untersuchungen über die Schliffe von Eisen in dieser Zeitschrift 1878, 1879 und 1880 veröffentlicht. H. Wedding (1834 bis 1908) hat dann die photographische Wiedergabe des Mikroskopbildes in großem Umfang benutzt. Ledebur (1839 bis 1906) hat darauf hingewiesen, daß die Legierungen als Lösungen der Metalle ineinander anzusehen sind. Der leider zu früh verstorbene Mitarbeiter Martens', Heyn, (1867 bis 1922) hat gerade auch auf diesem Gebiete weitere große Erfolge erzielt.

In der Metallographie hat man die großen Forscher auch dadurch für immer geehrt, daß man gewissen Gefügebestandteilen der Eisenkohlenstoff-Legierungen ihre Namen gegeben hat, z. B. Martensit, Sorbit, Ledeburit.

Die vielen eingehenden und sorgfältigen Untersuchungen von Kick (1840 bis 1915), der das Gesetz der proportionalen Widerstände aufstellte, und von A. Föppl (1854 bis 1924), der sich im besonderen mit der Elastizitätslehre beschäftigte, haben die bisher auf



AUGUST WÖHLER (1819 bis 1914)



LUDWIG WERDER (1808 bis 1885)



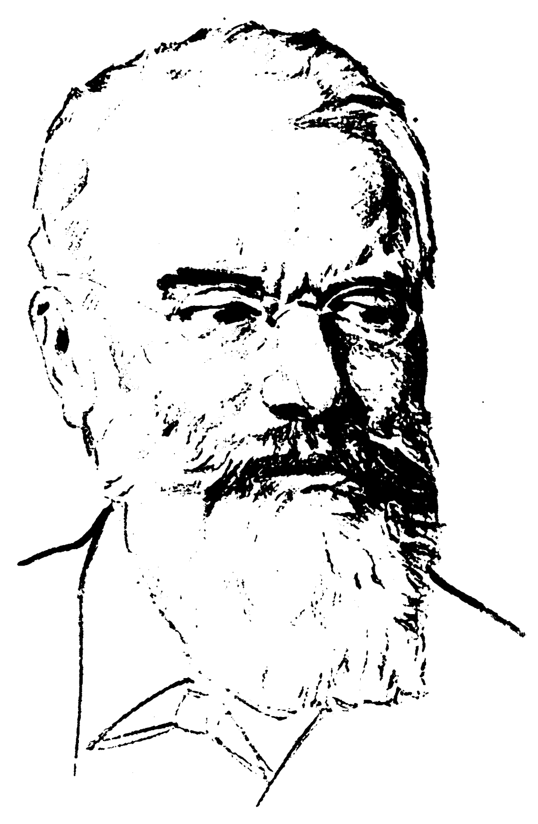
JOHANN BAUSCHINGER (1834 bis 1893)



ADOLF MARTENS (1850 bis 1914)

KUNSTBEILAGE I ZUR ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE 1927 NR. 43

NACH ZEICHNUNGEN VON JULIUS C. TURNER



FRIEDRICH KICK (1840 bis 1915)



AUGUST FÖPPL (1854 bis 1924)



EMIL HEYN (1867 bis 1922)



LUDWIG v. TETMAJER (1850 bis 1905)

KUNSTBEILAGE II ZUR ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE 1927 NR. 48

NACH ZEICHNUNGEN VON JULIUS C. TURNER

dem Gebiete der Festigkeitslehre geleisteten Arbeiten ungemein erweitert und vertieft.

Wenn ich in diesem kurzen Überblick davon absehe, auch der hervorragenden Arbeit der Männer zu gedenken, die heute noch in vollem Schaffen die Entwicklung weiter fördern, so wäre es doch eine empfindliche Lücke, wenn ich hier nicht mit großer Dankbarkeit und Anerkennung der großen Lebensarbeit C. v. Bachs gedächte, des Nestors auf dem Gebiet der Materialprüfung und vor allem der Nutzbarmachung der Ergebnisse für die praktische Ingenieurarbeit. Ein Blick in die lange Liste der Veröffentlichungen Bachs zeigt, mit welch unermüdlicher Ausdauer er hier als Forscher und Lehrer gearbeitet hat. Die sehr lesenswerte Abhandlung seines Schülers und langjährigen Mitarbeiters R. Baumann in Stuttgart über das Materialprüfungswesen während der letzten vier Jahrzehnte läßt mit besonderer Klarheit erkennen, was Bach mit seinen Arbeiten für die gesamte Technik geleistet hat.



W. Exner

In Österreich war es Exner, der in unermüdlicher Schaffenskraft noch heute tätig ist, gelungen, durch immer erneuten Hinweis auf die Bedeutung der Werkstoffprüfung in Verbindung mit dem 1879 begründeten Technologischen Gewerbemuseum 1888 in Wien eine Versuchsanstalt für Bau- und Maschinenmaterial zu errichten.

Tetmajer (1850 bis 1905) hat 1880 in Zürich der Materialprüfung eine hervorragende Stätte bereitet. Als er 1901 nach Wien berufen wurde, setzte man auf seine Arbeiten große Hoffnungen. Es war ihm aber nur vergönnt, wenige Jahre hier zu wirken.

In neuerer Zeit untersucht man neben den Festigkeitseigenschaften, dem Gefügeaufbau und der chemischen Zusammensetzung das Verhalten der Werkstoffe bei dauernder, und zwar wechselnder und schwellender Belastung. Bei der Verarbeitung berücksichtigt man die Eigenschaften der einzelnen Werkstoffe, wobei die Kalt- oder Warmformung von Bedeutung ist. Man bestimmt die Verschleißfestigkeit, indem man die Versuchsanordnung möglichst der wirklichen Beanspruchung anpaßt. Besonders wertvoll sind die Prüfungen ganzer Konstruktionsteile unter den Bedingungen, wie die Teile in der Praxis beansprucht werden.

Als Förderer der Kenntnisse über die Werkstoffe seien u. a. noch folgende genannt: In Frankreich Rondelet (1734 bis 1829), Berthollet (1748 bis 1822), Poisson (1781 bis 1841), Navier (1785 bis 1835), Osmond (1849 bis 1912), Charpy, Fremont, Sauveur, Guillet, Le Chatelier; in England Huntsman (1704 bis 1776), Mushet (1772 bis 1847), Roberts-Austen (1843 bis 1902), R. Hadfield, H. M. Hove, Stead; ferner in Holland Roozeboom (1854 bis 1907), in Schweden Brinell (1849 bis 1925), in Österreich Jüptner v. Jonstorff, in Ungarn Rejtö, in Rußland Tschernoff.

Dieser kurze geschichtliche Überblick, der auf irgendwelche Vollständigkeit keinen Anspruch erheben kann, läßt erkennen, welche riesigen Fortschritte unser Wissen vom Werkstoff in den letzten drei Menschenaltern durch die zähe wissenschaftliche Arbeit ganzer Generationen von wissenschaftlichen Arbeitern erfahren hat.

Wer heute mitten in diesen Arbeiten steht, weiß, daß trotz allem Erreichten noch ungeheure Probleme der Bearbeitung harren. Auch hier stehen wir nicht am Ende, sondern am Anfang neuer Entwicklungen, und wenn wir aus der Werkstofftagung, aus der Stimmung dessen, was erreicht ist, den Mut gewinnen, weiter zu arbeiten, so ist hiermit viel erreicht.

Die großen wissenschaftlichen Institute, die heute in Deutschland und andern Ländern der Forschung dienen, sind nicht mehr zu vergleichen mit den bescheidenen Anfängen vor 50 Jahren. Und zu den nur der Wissenschaft dienenden Laboratorien kommen, seit Alfred Krupp sich 1862 in London die erste Zerreißmaschine kaufte, um damit ein erstes Laboratorium zu begründen, zahlreiche Werkforschungsstätten größten Ausmaßes.

Wenn sich die Ergebnisse wissenschaftlicher Arbeit ebenso vertieft hätten wie die Arbeitsstätten sich ausgedehnt haben und der Wert ihrer technischen Ausrüstung gestiegen ist, so würde das heute Erreichte in keinem Verhältnis mehr stehen zu dem, was man vor einem halben Jahrhundert erzielen konnte. So sehr wir auch diese wissenschaftlichen Arbeitstätten brauchen, und so sehr wir auch wünschen, daß die Öffentlichkeit in diesen Instituten große Mittel zur Verfügung stellt, der Erfolg hängt heute, wie immer, in hohem Maße von der Bedeutung der Persönlichkeit ab, der diese Arbeiten anvertraut sind.

Als Bauschinger in dem schon erwähnten großen Vortrag 1878 im Verein deutscher Ingenieure über die Einrichtung von Prüfungsanstalten berichtete, schätzte er die Kosten der erstmaligen Einrichtung auf etwa 12 000 Mark, und er glaubte, daß zwei Zimmer ausreichten. Dann aber kommt er auf die Auswahl des Leiters zu sprechen. Woher man ihn nehme, sei im allgemeinen ganz gleichgültig, „wenn nur der Betreffende mit den nötigen technischen Kenntnissen ausgerüstet ist und wenn er nur Lust und Liebe zur Sache hat. Dieser letztere Punkt ist aber vor allem zu betonen; denn wenn Sie die Mittel für Gründung und Fortführung solcher Anstalten noch so reichlich gewähren, und Sie haben nicht jemand, der mit voller Hingebung sich an den Arbeiten beteiligt, so sind sie nutzlos aufgewendet, während andernfalls selbst weitgehende Anforderungen mit verhältnismäßig geringen Mitteln erfüllt werden können." Diese Worte, vor fast 50 Jahren gesprochen, sind noch heute uneingeschränkt richtig. Sie begründen auch die Dankbarkeit, die wir alle als Nutznießer solcher wissenschaftlichen Arbeit für die empfinden, die vor uns gewesen sind und die den Grund dafür gelegt haben, was Werkstofftagung und Werkstoffschau heute zu zeigen haben.

Benutzte Quellen: A. B. W. Kennedy, The Use and Equipment of Engineering Laboratories; London 1887. — L. Beck. Die Geschichte des Eisens in technischer und kulturgeschichtlicher Beziehung; Braunschweig 1897. — A. Leon, Die Entwicklung und die Bestrebungen der Materialprüfung; Wien 1912. — R. Baumann, Das Materialprüfungswesen und die Erweiterung der Erkenntnisse auf dem Gebiete der Elastizität und Festigkeit in Deutschland während der letzten vier Jahrzehnte; Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie Bd. 4 (1912) S. 147. — R. Blaum, August Wöhler (1819 bis 1914); Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie Bd. 8 (1918) S. 35. — Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure. — „Stahl und Eisen".

[B 882]

Die Festigkeitsaufgabe und ihre Behandlung

Von Dr.-Ing. Max Enßlin, Esslingen

Der augenblickliche Zustand der Festigkeitsrechnung — Die Festigkeitsaufgabe — Einfache und zusammengesetzte Beanspruchung — Lösung nur durch Versuch — Wert der Rechnung — Abriß der Geschichte der Elastizitäts- und Festigkeitslehre — Festigkeitshypothesen und Versuche — Hypothese der elastischen Arbeit, am besten durch Versuch bestätigt — Betriebserfahrung und zulässige Anstrengung — Stellung zu den Werkstoffmängeln.

Der augenblickliche Zustand

Wenn ein Ingenieur die Abmessung eines Bau- oder Maschinenteiles vorausberechnet oder die Beanspruchung bei gegebener Abmessung nachrechnet, um sicher zu sein, daß der Teil fest genug ist, so geht er von der zulässigen Anstrengung des Werkstoffes aus. In den Ingenieur-Taschenbüchern befinden sich Tafeln der zulässigen Anstrengung der gebräuchlichsten Eisenarten: Stahl, Flußstahl, Schweißstahl, Stahlformguß, Gußeisen.

Am meisten verbreitet sind in Deutschland die von Bach aufgestellten Tafeln. Sie enthalten Werte der zulässigen Anstrengung auf Zug, Druck, Biegung, Drehung und Schub für die drei Fälle ruhender, pulsierender und schwingender Belastung, die als Belastungsfall 1, 2 und 3 bezeichnet werden. Die zulässigen Anstrengungen in den Fällen 1 bis 3 sind von Bach auf Grund der Versuche Wöhlers mit Stahl im Verhältnis 3 : 2 : 1 angenommen, ein Verhältnis, das nach Angabe Bachs in der Praxis des Maschinenbaues mit der Zeit sich in ähnlicher Weise herausgebildet hat[1]).

Da Bach die größte Dehnung des Werkstoffes als Maß für die Anstrengung annimmt, so ist rechnerischer Überlegung zufolge die zulässige Normalspannung gleich dem 1,3fachen der zulässigen Tangentialspannung, also $k_n = 1{,}3\, k_t$; die Verhältniszahl liegt in der Tafel zwischen 1,25 und 1,5[2]), für Schweißstahl beträgt sie 2,5. Der Ingenieur, der die Bachschen Werte der zulässigen Anstrengung benutzt, muß die größte Dehnung oder die durch Division mit der Dehnungsziffer $\alpha = 1 : E$ sich ergebende resultierende Anstrengung (auch reduzierte oder ideelle Spannung) berechnen und mit einem in der Tabelle enthaltenen Wert k_n vergleichen.

Dieser ganz bestimmten Art der Festigkeitsberechnung liegt eine ganz bestimmte Festigkeitshypothese, die sogen. Größtdehnungshypothese zugrunde; jene und die Bachsche Tabelle gehören untrennbar zusammen. Wird das Verhältnis $k_n : k_t = 1{,}3$ geändert, so muß auch die Dehnungshypothese aufgegeben und durch eine andre ersetzt werden. Ferner wäre es falsch, bei zusammengesetzter Beanspruchung die größte Spannung zu berechnen (ausgenommen bei einfachem Zug und Druck) und diese mit den in der Bachschen Tabelle enthaltenen Werten zu vergleichen.

Auch auf die Ungleichartigkeit des Werkstoffes, z. B. des Schweißeisens, ist in der Bachschen Tabelle Rücksicht genommen; ferner darauf, daß bei gleichzeitiger Normal- und Tangentialanstrengung beide verschiedenen Belastungsfällen folgen können.

Schon diese Darlegungen zeigen, daß die Frage der zulässigen Anstrengung des Werkstoffes eine ganze Reihe von Einzelfragen in sich birgt. Eine eingehende Erörterung der Frage ist dadurch gerechtfertigt, daß es sich um die Grundfrage der Festigkeitslehre und der Verwendung des Werkstoffes handelt, mit der der rechnende Konstrukteur Tag für Tag zu tun hat, mit der sich vertraut zu machen er um so mehr veranlaßt ist, als für Sonderwerkstoffe Tabellen der zulässigen Anstrengung nicht bestehen. Der Konstrukteur ist dann auf sich selbst gestellt und muß sich auf Grund von Versuchsergebnissen an Zerreiß- und anderen Proben, sowie unter Beachtung der im Einzelfall in Betracht kommenden Verhältnisse selbst ein Urteil bilden und sich für den angemessenen Sicherheitsfaktor entscheiden. Selbständiges und sachliches Urteil erwächst aber nur auf dem Boden der Sachkenntnis.

Abgrenzung der Festigkeitsaufgabe

Die Bemessung eines Maschinenteiles muß einer Reihe von Anforderungen genügen. Es darf kein Bruch auftreten, es soll aber auch am Werkstoff gespart und der Werkstoff an den einzelnen Stellen des Maschinenteils möglichst gleich gut ausgenutzt werden. Bruchsicher muß nun zwar jeder Bau- und Maschinenteil sein, das ist notwendig, aber nicht immer hinreichend für seine Gebrauchsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit. Vielfach geben andere Rücksichten den Ausschlag, z. B. darf sich eine Welle nicht so stark verbiegen, daß die Lager heiß laufen, oder daß ein auf der Welle sitzender Dynamoanker anstreift. Eine Werkzeugmaschine muß so stark bemessen sein, daß sie genaue Arbeit liefert, sie darf weder bleibend nachgeben, noch zu sehr elastisch federn oder erzittern. Zwangläufig zusammenarbeitende Teile dürfen sich wohl fast in keinem Fall im Betrieb bleibend verformen, die Beanspruchung muß unter der Elastizitätsgrenze bleiben. Das ist auch bei Federn der Fall, die bei Überschreiten der Elastizitätsgrenze, die sie vor der Ingebrauchnahme haben, lahm werden. Manche Gebrauchstücke müssen so stark gemacht werden, daß im Betrieb keine Klemmung oder Undichtheit entsteht. Auch die Herstellbarkeit und Wirtschaftlichkeit der Herstellung, der Preis, die Weiterverarbeitung, bestehende Normen und selbst Förderbarkeit und Platzbedarf können maßgebend sein.

Von alledem werden im folgenden nur die Fälle betrachtet, in denen die Beanspruchung eines Gebrauchsstückes genügend weit unter der Bruch- oder Elastizitätsgrenze liegen muß. Hierbei ist die einfache und zusammengesetzte Beanspruchung zu unterscheiden.

Zu den einfachen Fällen der Beanspruchung gehören reiner Zug oder Druck oder reine Drehung; Biegung oder Schub allein können auch hierher gerechnet werden. Man kann sie durch einfache Festigkeitsversuche an Stäben untersuchen.

Vom Standpunkt des Versuches oder der äußeren Belastung aus ist die Verwindung eines Stabes ein einfacher Belastungsfall; der im Innern des verdrehten Stabes hervorgerufene Spannungszustand ist jedoch nicht mehr der einfachste (axiale), sondern schon ein zusammengesetzter (ebener). Ich werde nur Zug und Druck (auch reine Biegung von Stäben) als einfache Beanspruchungsfälle ansehen.

Aus Zug-, Druck- und Verdrehungsversuchen geht hervor, wie weit man bei reiner Zug-, Druck- oder Drehbeanspruchung mit der Belastung gehen darf. Beschränkt man die Betrachtung zunächst auf Fälle, in denen keine bleibenden Verformungen zugelassen werden können, und auf Werkstoffe, bei denen die ersten bleibenden Verformungen unter merklich gleichbleibender Belastung eintreten, die also eine sogenannte Fließ- oder Streckgrenze haben, so bildet die Spannung an der Streckgrenze oder die an der Streckgrenze vorhandene elastische Verformung (Dehnung) die Grenze der zulässigen Anstrengung. Von anderen Werkstoffen und von der Bedeutung der Elastizitäts-, Streck- und Proportionalitätsgrenze, sowie von der Bruchgrenze als Beanspruchungsgrenze wird später eingehend die Rede sein müssen.

Bei den einfachen Beanspruchungen ist es leicht, den Begriff der Sicherheit aufzustellen in dem Verhältnis Grenzanstrengung, geteilt durch die Anstrengung im Betrieb, oder den Begriff der zulässigen Anstrengung gleich der Grenzanstrengung, geteilt durch die Sicherheit. Auch können für einfache Beanspruchung leicht Gleichungen für die Bemessung von Zug- oder Druckorganen und von Verdrehungsstäben aufgestellt werden.

Die Schwierigkeiten beginnen erst bei zusammengesetzter Beanspruchung, z. B. bei der im Maschineningenieurwesen so häufig vorkommenden Beanspruchung einer Welle oder eines Kurbelarmes auf Biegung und Drehung, bei der Beanspruchung von Schrauben auf Zug oder Druck mit Drehung, bei der Beanspruchung eines dünn- oder

[1]) In „Hütte" 1925 ist 2 : 1,2 : 1 gesetzt.
[2]) In „Hütte" 1925 ist das Verhältnis ziemlich gleichbleibend zu 1,25 gewählt.

dickwandigen Hohlzylinders durch inneren Überdruck, bei der Biegung von ebenen und gewölbten Wandungen, von Kugel und Laufring. Genau genommen gehört schon die einfache Drehung hierher. Nunmehr versagen die Hilfsmittel, die bei einfacher Beanspruchung zum Ziel geführt haben. Man braucht neue Versuche und neue theoretische Auffassungen über das Maß der zusammengesetzten Anstrengung, die weiterhin zur Aufstellung von Gleichungen für die Bemessung zusammengesetzt beanspruchter Körper führen und die Anwendung des Begriffes der Sicherheit gegen das Auftreten der Streckgrenze auch bei beliebig zusammengesetzter Beanspruchung ermöglichen, wenn alle drei Hauptnormalspannungen tätig sind.

Ich will nun zeigen, was durch Versuche allein erreicht werden kann und was nicht. Damit man sich leichter zurechtfinden kann hinsichtlich der Stufen der wissenschaftlichen Entwicklung, sei an Bekanntes aus der Astronomie erinnert. Tycho de Brahe beobachtete den Lauf der Planeten. Kepler stellte auf Grund dieser Beobachtungen seine drei Planetengesetze auf. Newton stellte das allgemeine Gravitationsgesetz auf, aus dem die Bewegungsgesetze für zwei in Wechselwirkung stehende Planeten in Übereinstimmung mit Keplers Gesetzen durch Rechnung abgeleitet werden konnten. Man erkennt deutlich die Stufen: Beobachtung, empirische Regel, Theorie und abgeleitetes Gesetz. Auf der höchsten Stufe ist ein Mindestmaß von Versuchen nötig. Wir sehen nun, wie sich der Lösungsgang bei der Festigkeitsaufgabe gestaltet.

Grundsätzliches über den Lösungsgang

Die Versuche kann man sich z. B. im Hinblick auf die Beanspruchung einer Schraube grundsätzlich, wie folgt, durchgeführt denken: Ein Rundstab, Abb. 1, etwa aus mittelhartem Stahl, wird mit einem Drehmoment M_d belastet, das am Rand des Querschnitts eine größte Drehspannung τ, Abb. 2, hervorruft; der so vorbelastete Stab wird in der Zerreißmaschine einem wachsenden Zug Z unterworfen, bis die Streckgrenze bei einer Zugspannung σ erreicht ist. Der Versuch wird mit andern Vorspannungen τ wiederholt, und es werden auf diese Art zusammengehörige Werte der Spannungen σ und τ ermittelt, die den Werkstoff an die Streckgrenze bringen. Unter den Ermittlungen befinden sich auch die Zugstreckgrenze $\sigma = S_z$, $\tau = 0$ und die Drehstreckgrenze $\tau = S_d$, $\sigma = 0$, Abb. 3.

Liegt ein Bildpunkt auf der Kurve, so befindet sich die mit σ und τ gespannte Stelle des betreffenden Werkstoffes an der Streckgrenze; liegt er innerhalb oder außerhalb, so befindet sich der Werkstoff unterhalb oder oberhalb der Streckgrenze. Offenbar gilt für jede Gebrauchstemperatur eine andere Grenzkurve. Bei einer ausgeführten Welle oder bei einer Schraubenspindel kann man mit Hilfe der jedem Anfänger geläufigen Dreh- und Biegegleichungen σ und τ an der am meisten beanspruchten Stelle ausrechnen und dann mit Hilfe von Abb. 3 entscheiden, ob die Streckgrenze in der Welle überschritten ist oder nicht. Man kann aber nicht sagen, wie groß die Sicherheit gegen das Überschreiten der Streckgrenze ist, auch nicht, wie groß die durch σ und τ bewirkte Gesamtanstrengung ist, hierzu fehlt die Gleichung, die schließlich auch die Bemessung gestatten würde. Auch die Bemessung könnte man durch Probieren lediglich nach Abb. 3 ausführen.

Man erkennt: 1. Die Versuche mit zusammengesetzter Beanspruchung sind unbedingt nötig; man kommt mit den einfachen Zug-, Druck- und Drehversuchen nicht aus. 2. Sie können in einfachster Weise praktisch nutzbar gemacht werden. 3. Man kann die Gesamtbeanspruchung, hervorgerufen durch die zusammengesetzte Belastung, nicht berechnen; es fehlt eine Gleichung, aus der man die Höhe der Werkstoffanstrengung mit einer einzigen Vergleichzahl ausrechnen kann; vor allem auch der physikalische Gedanke, der dieser Gleichung zugrunde liegt. 4. Für andre Fälle zusammengesetzter Beanspruchung müßten neue Versuche, entsprechend den beschriebenen, angestellt werden. Da entsteht das Bedürfnis, die Zahl der erforderlichen Einzelversuche möglichst einzuschränken und eine möglichst alle Fälle der Beanspruchung umfassende Theorie zu besitzen, die sich auf ein Mindestmaß möglichst einfach ausführbarer Versuche stützt.

Die Elastizitätslehre zeigt, wie man die am meisten gespannte und verzerrte Stelle und den Spannungs- und Verzerrungszustand daselbst ermittelt. Unter welchen Umständen die Streckgrenze eintritt, wird in der Elastizitätslehre nicht erörtert; darüber weiß man zunächst, aus der Elastizitätslehre oder aus der Festigkeitslehre der einfachen Beanspruchungen herkommend, gar nichts. Mangels brauchbarer Unterlagen sind schon frühzeitig Annahmen gemacht worden, z. B. es trete die Elastizitätsgrenze ein, wenn die größte Spannung einen dem Werkstoff eigentümlichen Grenzwert überschreitet; andre hielten die größte Dehnung, die größte Schubspannung, die elastische Arbeit an 1 cm³ Werkstoff u. a. m. für maßgebend. Entsprechende Annahmen sind bezüglich der Bruchgrenze gemacht. Man nennt die Bedingungen für den Eintritt der Elastizitäts- und Bruchgrenze Festigkeitsbedingungen, Festigkeitsannahmen oder -hypothesen, vielfach, wenn auch nicht zutreffend, Festigkeitstheorien. Die Festigkeitshypothese und die auf ihr beruhenden Gleichungen zur Berechnung der Anstrengung oder der Abmessungen von Bauteilen bilden den Inhalt der Festigkeitslehre.

Die Hauptfrage, welche Umstände den Eintritt des Bruches oder der Elastizitätsgrenze bedingen, ist jedoch erst in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts in allgemeiner Form gestellt.

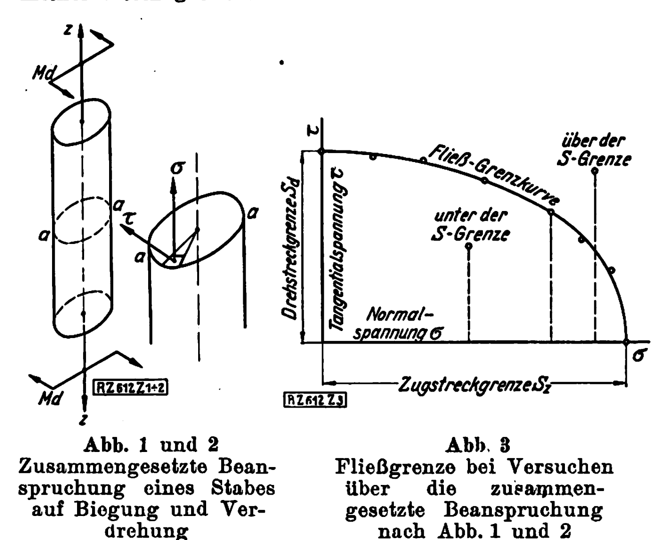


Abb. 1 und 2 Zusammengesetzte Beanspruchung eines Stabes auf Biegung und Verdrehung

Abb. 3 Fließgrenze bei Versuchen über die zusammengesetzte Beanspruchung nach Abb. 1 und 2

Abriß der Geschichte der Elastizitäts- und Festigkeitslehre

Es erscheint nützlich, die geschichtliche Entwicklung des Problems in Kürze zu verfolgen; es wird sich dabei herausstellen, was für unsere Frage wesentlich und wertvoll ist: die Klärung der Grundbegriffe, die formalen Hilfsmittel, die Kenntnis des Werkstoffes, die Anregungen und Anforderungen der Praxis, ein vernünftiges Verhältnis zwischen der Wichtigkeit einer Aufgabe und dem Aufwand an Hilfsmitteln zur Lösung, der Aufstieg von der Behandlung des einzelnen Falles zu der von Gruppen auf einheitlicher, experimenteller und theoretischer Grundlage, der Gültigkeitsbereich einer Theorie, die Stellung gegenüber den Werkstoffmängeln.

Die alten Völker haben die Abmessungen ihrer Bauwerke, soweit nicht künstlerische Rücksichten den Ausschlag gaben, auf rein empirischem Weg gewählt. Von Festigkeitsberechnung und vom genaueren Verhalten der Werkstoffe war nichts bekannt. So richteten die alten Römer ihre Holz- und Steinbrücken, das Gewölbe des Pantheon u. a. m. Sehr wahrscheinlich wurden auch Handwerksregeln gebildet und etwas geschaffen, was man Normung oder Typisierung auf empirischer Grundlage nennen kann, während Normung und Typisierung heutzutage auf wissenschaftlicher Grundlage vorgenommen werden. In der Form der Handwerksregel konnten die einmal gemachten Erfahrungen, so gut oder schlecht sie in dieser Regel erfaßt waren, der Nachwelt überliefert werden. In diesem Zustand der Technik mußte man es immer auf den

Erfolg ankommen lassen, ob ein Bauteil stark genug gemacht war oder ob der Werkstoff die Belastung aushielt. Es war zwar möglich, die einmal gemachte Erfahrung auf ähnliche, nicht zu sehr verschiedene Fälle zu übertragen; war aber die Verschiedenheit beträchtlich, so war aufs neue der Weg der Erprobung zu beschreiten. Die Frage der Wirtschaftlichkeit blieb stark im Hintergrund, da Sklaven, Kriegsgefangene, Lehenspflichtige und dergl. billige Arbeitskräfte abgaben. Ein gewaltiger Unterschied zwischen einst und jetzt besteht in der Arbeitsteilung. Benvenuto Cellini gießt seine Perseusstatue selbst; die alten Baumeister kümmerten sich selbst um das Brechen und Behauen der Steine; die bewunderungswürdigen Leistungen in Bauten und kunstgewerblichen Geräten sind nur denkbar unter der Annahme, daß die Verfertiger ein lebendiges Gefühl für den zu gestaltenden Stoff hatten. Heute, in einer Zeit weitgehender Arbeitsteilung ist die Gefahr nicht gering, daß das lebendige Gefühl für den Werkstoff schwächer und schwächer wird, und es ist eine wichtige Aufgabe der technischen Lehrer, dem entgegenzuwirken.

Den ersten Versuch einer wissenschaftlichen Behandlung einer Festigkeitsaufgabe hat Galilei gemacht. Im zweiten seiner im Jahre 1638 veröffentlichten „Discorsi" behandelt er den Biegewiderstand eines Freiträgers mit Rechteck- und Kreisquerschnitt und Einzellast am freien Ende und gibt die Form des Trägers gleichen Biegewiderstandes an. Seine Auffassung ist in den Hauptzügen aus Abb. 4 und 5 ersichtlich:

$$W\frac{h}{2} = k f \frac{h}{2} = P l.$$

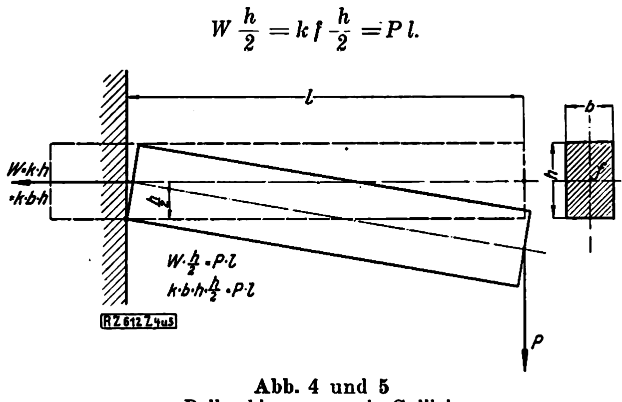


Abb. 4 und 5
Balkenbiegung nach Galilei

Er betrachtet den Werkstoff als unelastisch. Die Lösung ist zwar unvollständig. Das sogenannte Galileische Problem der Balkenbiegung hat aber die Geister von da ab nicht mehr ruhen lassen und darum ist man berechtigt, das Jahr 1638 als den Anfang der Festigkeitslehre anzusehen. Einen weiteren wichtigen Schritt bedeutet die Aufstellung des Proportionalitätsgesetzes zwischen Belastung und Formänderung durch Hooke, der es im Jahre 1678 in der Form: ut tensio sic vis, bekanntgab. Als Jahr der Auffindung nennt er 1666. Er beschreibt auch einige mit geringen Hilfsmitteln durchgeführte Versuche mit gewichtbelasteten Drähten, zylindrischen Schraubenfedern und Spiralfedern, durch die jeder die Proportionalität zwischen Formänderung und Belastung selbst nachprüfen könne.

Hooke sprach indes sein Gesetz — auf den Fall Zug angewandt — nur in der Form aus: die Verlängerung ist der Zugkraft proportional, $\lambda = c P$; nicht aber in der Form, in der es seine Anwendbarkeit auf Elastizitätsberechnungen erst erlangte: die Dehnung ist der Spannung proportional, $\varepsilon = \alpha \sigma$. Die wichtigen Grundbegriffe der Spannung = innere Kraft auf die Flächeneinheit und der Dehnung = Verlängerung der Längeneinheit waren noch nicht formuliert. So kam es, daß Mariotte, Leibniz und Jakob Bernoulli die Galileische Annahme von der Starrheit der Balkenfasern durch die richtige Annahme der Zug- und Druckelastizität der Fasern ersetzten, daß Jakob Bernoulli 1705 die Annahme vom Ebenbleiben der Querschnitte aufstellte, daß Varignon 1703, ohne es ausdrücklich hervorzuheben, schon mit der Spannung rechnete, daß Coulomb 1773 die drei Gleichgewichtsbedingungen $\sum V = 0$; $\sum H = 0$; $\sum M = 0$ zwischen den äußeren und inneren Kräften eines gebogenen Balkenstückes anwendete, und daß, obwohl die Hauptbausteine zur Biegelehre beigebracht waren, es doch nicht gelang, die uns geläufige Biegegleichung $\sigma_b = M_b : W$ aufzustellen und über die Lage der Nullachse ins klare zu kommen.

Fast zwei Jahrhunderte lang mühten sich die besten Köpfe unter den Schöpfern der Mechanik und Mathematik vergeblich um die Lösung des Galileischen Problems der Biegefestigkeit, weil ihnen die Grundbegriffe der Spannung und Dehnung und das Proportionalitätsgesetz in der Fassung: die Dehnung ist proportional der Spannung, unbekannt waren. Die Bedeutung der Grundbegriffe offenbart sich hier aufs klarste. Als die richtige Formulierung vorlag, ging die Lösung sozusagen spielend. Enthielt das Hookesche Gesetz den Keim zu späteren Erfolgen, so erwies es sich noch weiterhin als befruchtend, indem es zu Versuchen anregte.

Bülfinger 1729 und Riccati 1731 sind die ersten gewesen, von denen bekannt ist, daß sie Versuche über das elastische Verhalten der Körper angestellt haben; sie wollten „sich nicht mehr auf philosophisch ersonnene Hypothesen verlassen, sondern suchten bei der Natur selbst Aufschluß durch wiederholte Beobachtung". Sie ersetzten beide die lineare Gleichung Hookes durch ein Exponential- und ein Potenzgesetz, letzteres für Gußeisen. Gerstner 1833 und Hodgkinson 1844 unterscheiden gesamte, bleibende und federnde Formänderungen, für die federnden nimmt Gerstner das Proportionalitätsgesetz als gültig an, für die gesamten und bleibenden Parabelgesetze.

Schließlich zeigte sich die starke Wirkung, die von dem Hookeschen Gesetz ausging, in dem Umstand, daß die ganze Festigkeits- und Elastizitätsrechnung auf mehr als ein Jahrhundert von diesem Gesetz beherrscht blieb, nachdem es seine endgültige Fassung erhalten hatte. Im Jahre 1807 bestimmte Young den Begriff Elastizitätsmodul E eines Werkstoffes, allerdings in noch wenig faßbarer Weise „als eine Säule aus dem gleichen Werkstoff, die auf ihre Grundfläche einen Druck auszuüben vermag, der sich zu der eine gewisse Zusammendrückung hervorrufenden Last verhält wie die Länge der Werkstoffsäule zu der Verminderung ihrer Länge". Young scheint den Spannungsbegriff gekannt zu haben[3]).

Den Schub zieht Coulomb im Jahre 1776 in den Bereich der Betrachtung, der Schubelastizitätsmodul wird erst von Stokes im Jahre 1845 definiert. Die Krönung der auf dem Proportionalitätsgesetz sich aufbauenden Rechnung bildet die Abhandlung Naviers „über die Gesetze des Gleichgewichts und der Bewegung der festen elastischen Körper", die er im Jahre 1821 der Akademie der Wissenschaft in Paris vorlegte. Cauchy, von der Akademie zum Berichterstatter für die Arbeit Naviers bestellt, ergänzte sie durch die Einführung des Spannungsbegriffes und beschrieb mit Hilfe dieses Begriffes den Spannungszustand mit einem Körperpunkt und weiterhin den Dehnungszustand. Damit schuf er die Grundlagen für die Beurteilung, die man bei der Behandlung der Frage: „welche Umstände bedingen den Eintritt der Elastizitätsgrenze und des Bruches" unbedingt braucht.

Navier, Cauchy, Poisson und Lamé brachten die Elastizitätslehre, sofern die Proportionalität zwischen Spannung und Dehnung erfüllt ist, binnen weniger Jahre auf eine Höhe, die auch heute noch nicht überboten ist. Mit Hilfe der Grundgleichungen der Elastizitätslehre konnten bei vielen technisch wichtigen Aufgaben die Spannungen und Formänderungen ermittelt werden, sofern der Werkstoff dem Proportionalitätsgesetz gehorcht und die Formänderung genügend klein ist, z. B. die Biegung von Stäben und Platten, neuerdings auch von gewölbten, die Verdrehung von Stäben, die Schwingungen von Stäben und Platten. Der Erfolg ist wesentlich durch die Einfachheit des Elastizitätsgesetzes bedingt, des verallgemeinerten

[3]) Ein senkrecht stehendes Prisma von l cm Höhe und 1 cm² Querschnitt wird durch Eigengewicht im untersten Querschnitt mit $\sigma = \gamma l$ [kg/cm²] gepreßt, wo γ [kg/cm³] das spezifische Gewicht bedeutet. Die ebenda bewirkte Stauchung ist $\varepsilon = \alpha \sigma = \gamma l/E$; sie ist = 1, wenn $1 = \gamma l/E$, wenn also die Höhe $l = E/\gamma$ ist. Diese Überlegung mag der Begriffsbestimmung Youngs zugrunde liegen.

Hookeschen Gesetzes, das freilich den Namen Hookes noch weniger verdient als das einfache Proportionalitätsgesetz.

Schon frühzeitig hat man sich bemüht, Vorstellungen über den inneren Aufbau des Werkstoffes und über die zwischen seinen kleinsten Bauteilen wirksamen Kräfte zu bilden. Navier stellte sich einen festen elastischen Körper als einen stetig mit materiellen Punkten erfüllten Raum vor, die sich anziehen, wenn ihre ursprüngliche Entfernung vergrößert wird, und sich im gegenteiligen Fall abstoßen. Für kleine Formänderungen gelangt er zu einer linearen Beziehung zwischen elastischer Kraft- und Formänderung, wodurch der Anschein erregt wird, diese Proportionalität könne logisch erschlossen werden.

Naviers Überlegungen haben sofort Widerspruch erfahren und keinen Anklang gefunden; überdies kennt Navier 1821 den Spannungsbegriff noch nicht. Navier befaßt sich nur mit den elastischen Kräften; über den Eintritt der Elastizitätsgrenze und des Bruches vermag er nichts auszusagen. Man hat heutzutage das Gefüge der Steine und Metalle mit dem Mikroskop untersucht und eine Art zyklopisches Mauerwerk von kleinen verschieden orientierten Kristallsplitterchen wahrgenommen. Den Kristallen selbst wird ein symmetrischer Gitteraufbau zugeschrieben, die Gitterpunkte sind die Zentren kleiner Planetensysteme von Kern und Elektronen, der Atome. Die Kristalle werden, möglichst auch im verformten Zustand, mit Röntgenstrahlen untersucht, wobei die Raumgittervorstellung eine Stütze gefunden hat. Trotz der wesentlich erweiterten Erkenntnis der Tatbestände konnte jedoch bis jetzt über die Bedingungen, unter denen bleibende Verformung oder Bruch eintritt, sowie über die Art und Stellung der Bruchflächen noch nichts ausgesagt werden. So ist heute das Proportionalitätsgesetz die einfachste Annahme; seine Gültigkeit muß für die einzelnen Werkstoffe durch den Versuch nachgewiesen und die Grenze ebenfalls durch Versuche ermittelt werden.

Festigkeitshypothesen

Eine Hypothese über die Bruchgefahr scheint erstmals Mariotte um 1680 aufgestellt zu haben. Er sagt sich einfach, wenn der ursprüngliche Abstand zweier Stoffteilchen eine gewisse Größe erlangt, oder in der heutigen Ausdrucksweise, wenn die größte Dehnung einen gewissen dem jeweiligen Werkstoff eigentümlichen Grenzwert erreicht, tritt der Bruch ein. Die Größtdehnungshypothese, maximum stretch theory, hatten später St. Venant 1837 und Poncelet 1839 ausgebaut.

Von ihnen sind die Formeln entwickelt, die man heutzutage zur Berechnung einer auf Biegung und Drehung beanspruchten Welle benutzt und die einen Sonderfall der gleichzeitigen Beanspruchung eines Flächenstückchens durch σ und τ darstellen:

$$\sigma_{res} = \varepsilon_{max} : \alpha = M_i : W = \left[0{,}35\, M_b + 0{,}65 \sqrt{M_b^2 + (\alpha_0 M_d)^2}\right] : \frac{\pi}{32}\, d^3.$$

Ein Nachweis durch den Versuch für die Richtigkeit der Hypothese oder eine Prüfung ihres Geltungsbereiches wurde nicht unternommen, anscheinend nicht einmal die Schlußfolgerung gezogen, daß die Bruchfläche dieser Theorie zufolge auf der Richtung der größten Dehnung senkrecht stehen und daß der Bruch durch Trennung erfolgen muß, während Schiebungsbrüche, die durch Abgleiten der Bruchquerschnitte eintreten, aus der Dehnungshypothese nicht erklärt werden können. Die Hypothese ist in Frankreich und Deutschland eingebürgert, wo sie Grashof aufgenommen hat, von dem sie Bach übernahm.

Lamé, Clapeyron, Maxwell und Hopkinson haben dagegen den Eintritt des Bruches dem Eintritt einer Grenzspannung zugeschrieben. Nach ihrer Meinung tritt der Bruch ein, wenn an irgendeiner Stelle die größte Normalspannung einen dem jeweiligen Werkstoff eigentümlichen Grenzwert erreicht. Auch die Größtspannungstheorie, maximum stress theory, ist nicht durch den Versuch geprüft. Nur Trennungsbrüche können hiermit erklärt werden, keine Gleitungsbrüche. Die Dehnungstheorie ist noch etwas umfassender als die Spannungstheorie, da sie auch die Querdehnungen in Rücksicht zu ziehen gestattet. Die Spannungstheorie ist besonders in England und Amerika eingebürgert gewesen.

Coulomb befaßte sich 1781 eingehend mit der Reibung fester Körper, d. h. mit dem tangentialen Widerstand beim Gleiten, den er dem Normaldruck proportional fand. Für ihn lag es nahe, den Gleitungsbruch spröder Werkstoffe (Stein, Gußeisen) beim Druck mit dem Auftreten einer Grenzschubkraft in Zusammenhang zu bringen. Mit der heutigen Ausdrucksweise lautet die Coulombsche Überlegung wie folgt: Ist K_s die reine Schubfestigkeit, die in einer von Normalspannungen freien Bruchgleitfläche auftritt, und μ die Ziffer der inneren Reibung, bedeutet ferner $\pm\sigma$ eine Zug-Druck-Spannung, so ist die Grenzschubspannung $\tau_g = K_s + \mu\,\sigma$.

Bemerkenswert ist bei der Coulombschen Schubhypothese, daß der Gleitungsbruch auch von der gleichzeitig in der Gleitfläche herrschenden Normalspannung σ abhängig erscheint. Der Gleitungsbruch wird durch eine gleichzeitig auftretende Druckspannung erschwert, durch eine gleichzeitig auftretende Zugspannung erleichtert. Zugstäbe aus zähem Werkstoff zeigen eine trichter- oder kraterförmige Bruchfläche; der Trichterrand ist matt seidenglänzend und als Gleitungsbruch anzusehen. Mohr hat diese Theorie 1882 verallgemeinert. Nach Mohr ist der Eintritt des ersten bleibenden Gleitens oder des Bruches von der in der Gleit- oder Bruchfläche herrschenden Spannung abhängig, also von keiner andern an derselben Stelle auftretenden Spannung, z. B. nicht von der mittleren Hauptspannung. Die Tangentialspannung in der Bruch- oder Gleitfläche ist nach Mohr von der in der Bruch- oder Gleitfläche auftretenden Normalspannung abhängig, ebenso wie dies Coulomb und neuerdings Duguet angenommen haben. Während die beiden letzteren von Reibung in der Bruchfläche sprechen und eine Reibungszahl in die Rechnung einführen, vermeidet Mohr eine physikalische Deutung. Mohr weist dagegen nachdrücklich auf den Sonderfall seiner verallgemeinerten Hypothese, die reine Schubhypothese hin, derzufolge die Bruch- oder Gleitgrenze erreicht wird, wenn die größte Tangentialspannung eine dem Werkstoff und seinem Zustand eigentümliche Größe erlangt. Diese Hypothese, maximum shear theory, ist nur auf Gleitungs-, nicht auf Trennungsbrüche anwendbar.

Nach Beltrami 1885 wird die Streckgrenze erreicht, wenn die von 1 cm³ Werkstoff aufgenommene elastische Arbeit einen bestimmten, vom Werkstoff (und seinem Temperaturzustand) abhängigen Grenzwert erlangt. Aus der Hypothese ergeben sich keine Schlüsse auf die Bruchform, worin man einen Vorzug erblicken kann. Daß die Hypothese tatsächlich zähe und spröde Werkstoffe mit Gleitungs- und Trennungsbrüchen umfaßt, ist freilich nicht wahrscheinlich, da bei Gußeisen die Bruchzerreißarbeit für 1 cm³ klein, die Bruchverwindungsarbeit größer, die Bruchdruckarbeit erheblich größer ist. Der Bruch des Gußeisens tritt also keinesfalls bei einem bestimmten Grenzwert der spezifischen Bruchararbeit ein.

Girtler tritt 1907 für die Hypothese von der elastischen Arbeit ein.

T. A. Huber zerlegt 1904 die elastische Arbeit in Kompressionsarbeit oder besser Raumänderungsarbeit A_k, hervorgerufen von der mittleren Spannung $\bar{\sigma} = {}^1/_3(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3) = {}^1/_3(\sigma_{xx} + \sigma_{yy} + \sigma_{zz})$ und von der ohne Raum- oder Dichteänderung sich vollziehenden Gestaltänderungsarbeit oder Gleitungsarbeit A_g, hervorgerufen durch Tangentialspannungen allein. Für alle Spannungszustände, $\bar{\sigma} > 0$, die wie z. B. der reine Zug mit Raumvergrößerung verbunden sind, erreicht nach Huber wie nach Beltrami $A = A_k + A_g$ an der Fließgrenze einen dem Werkstoff eigentümlichen festen Grenzwert; dagegen für alle Spannungszustände $\bar{\sigma} < 0$, die, wie z. B. allseitiger Druck, mit Raumverkleinerung verbunden sind, ist nach Huber nur A_g maßgebend. Hinzufügen eines allseitigen Drucks zu einem gegebenen Spannungszustand wäre also nach Huber ohne Einfluß auf die Fließgefahr, wenigstens solange der mittlere Druck $\bar{\sigma} < 0$ bleibt.

Schleicher erweitert die Hypothese Beltramis von der spezifischen elastischen Arbeit dadurch, daß er den Grenzwert der letzteren von der mittleren Spannung $\bar{\sigma}$ abhängig sein läßt. Damit wird die Anpassungsfähigkeit der Hypothese von der elastischen Arbeit an die Versuche größer. Aus Versuchen über einfache und zusammenge-

setzte Beanspruchung, die bis zur Fließ- und Quetschgrenze fortgesetzt werden, wird für diese Grenze jeweils A oder eine Vergleichspannung $\sigma_v = \sqrt{2EA}$ und $\overline{\sigma}$ berechnet und in ein $(\overline{\sigma}, \sigma_v)$ - Achsenkreuz eingetragen. Nach der Ansicht Schleichers ergibt sich für Werkstoffe wie zähen Stahl eine parabelartige Kurve, für halbsprödes Zink und spröden Sandstein und Marmor findet er eine schräge Gerade, also eine Gesetzmäßigkeit, womit der Wert der Hypothese über das Formale hinaus wächst.

Eine mit der Hypothese Schleichers wesentlich gleichlautende Plastizitätsbedingung teilte v. Mises bereits 1925 mit, in Erweiterung einer 1913 von ihm aufgestellten.

G. D. Sandel berichtet in seiner Dissertation 1919 über den Stand der Frage der Festigkeitshypothesen und bringt eine eigene Hypothese in Vorschlag.

Versuche über zusammengesetzte Beanspruchung sind erst in neuerer Zeit angestellt worden. Guest hat 1900 bei umfassenden Versuchen mit dünnwandigen Hohlzylindern, die er auf Zug allein, Drehung allein, inneren Überdruck allein, ferner auf Zug und Drehung, Drehung und inneren Druck, inneren Druck und Zug beanspruchte, gefunden, daß die Streckgrenze eintrat, wenn die Größtschubspannung τ_{max} einen bestimmten, dem jeweiligen Werkstoff eigentümlichen Grenzwert erreicht, und daß die gleichzeitig in der Fläche von τ_{max} auftretende Normalspannung keinen merklichen Einfluß ausübt. Die an Flußeisen und weichem Stahl sowie an Messing gemachte Feststellung ist als reine (Größt-)Schubspannungshypothese anzusprechen. Hiernach würde das Festigkeitsproblem auch bei räumlichen Spannungszuständen auf ein ebenes Problem zurückgeführt.

Auf den Bruch übertragen, vermag die Hypothese die Entstehung von Gleitungsbrüchen zu erklären, die sich in der Ebene der größten Tangentialspannung ausbilden; bei andrer Stellung der Bruchgleitfläche muß die Theorie etwa nach dem Vorschlag Coulombs oder Mohrs erweitert werden, nach denen auch die in der Gleitfläche gleichzeitig herrschende Normalspannung auf den Eintritt der Gleitgrenze und die Stellung der Gleitfläche Einfluß nimmt. Guest hat die ersten Versuche über zusammengesetzte Beanspruchung angestellt, um verschiedene Festigkeitshypothesen zu prüfen. Ihm sind andre englische Experimentatoren gefolgt (Scoble, Mason, Smith).

Nach dem Bekanntwerden der Versuche Guests hat Mohr auf seine früher vorgelegte Hypothese erneut hingewiesen. In Deutschland ist Paul Roth in einer von Eugen Meyer angeregten Doktordissertation für die Festigkeitsrechnung auf Grund der Schubhypothese eingetreten; auch A. Föppl stellte sich auf diese Seite, während Bach an der Dehnungshypothese festhielt. Einige als mißglückt anzusehende Versuche zur Stützung der Dehnungshypothese stellte Bonte, Karlsruhe, an. Von Kármán fand bei Versuchen mit Sandstein und Marmor unter allseitigem Druck die Mohrsche Schubhypothese weitgehend bestätigt.

Schon von Kármán machte bei seinen Versuchen Feststellungen, die auf einen Einfluß der mittleren Hauptspannung hindeuten. Letzteres bestätigt Böker, der die Versuche von Kármáns fortsetzte und erweiterte, und zwar an Marmorzylindern unter Manteldruck und Längsdruck, wobei der Manteldruck so groß gemacht wurde, daß eine axiale Verlängerung eintrat, ferner unter Verdrehung mit Manteldruck mit und ohne Axialdruck, ferner an Zinkzylindern unter Mantel- und Längsdruck, zum Teil auch mit axialer Verlängerung. Auch Lode findet bei Versuchen an dünnen flußeisernen Rohren unter Innendruck und Längszug, daß die mittlere Hauptspannung den Eintritt der Fließgrenze beeinflußt. Die mittlere Hauptnormalspannung hat nach der einfachen und erweiterten Schubhypothese keinen Einfluß auf die Bruch- oder Fließgefahr, auch nicht nach der Größtspannungshypothese, dagegen kommt der Einfluß der mittleren Hauptspannung zum Ausdruck in der Dehnungs- und in den Arbeitshypothesen. Auf dem internationalen Kongreß für technische Mechanik[3a]) in Zürich 1926 wurden verschiedene Berichte über Versuche betreffend Bruch- oder Fließgefahr erstattet, woraus hervorgeht, daß das Interesse der experimentellen Forscher für das Festigkeitsproblem im Wachsen begriffen ist.

Die kurzen Hinweise auf die heute vorhandenen Festigkeitshypothesen und ihr Vergleich mit einigen bekannten Brucherscheinungen berechtigen zu der Vermutung, daß eine für alle Werkstoffe gültige Festigkeitshypothese nicht besteht, daß also die Umstände, die den Eintritt des Bruches oder der Elastizitätsgrenze bedingen, bei verschiedenen Werkstoffen verschieden sind. Bei spröden Werkstoffen oder im spröden Zustand eines Werkstoffes zeigt sich z. B. bei Verdrehung ein Trennungsbruch (schraubenlinienförmig verlaufender Bruch bei Gußeisen), bei zähen Werkstoffen oder im zähen Zustand zeigt sich ein Gleitungsbruch (Flußeisen). Indes sei bemerkt, daß Zähigkeit und Sprödigkeit nicht Grundeigenschaften zweier verschiedener Werkstoffgruppen sind, es kann vielmehr ein und derselbe Werkstoff zäh oder spröde sein, z. B. Glas im kalten Zustande spröde, im rotglühenden zäh; Steine unter gewöhnlichem Druck spröde, unter hohem allseitigen Druck zäh; Pech, langsam zerrissen zäh, schnell zerrissen aber spröde. Zähigkeit und Sprödigkeit, u. a. gekennzeichnet durch Gleitungs- und Trennungsbruch, sind also Funktionen des Temperatur- und Spannungszustandes, auch der Formänderungsgeschwindigkeit.

Welche von den heute in Vorschlag gebrachten Festigkeitshypothesen der Wirklichkeit entspricht, kann, wie schon gesagt, nur durch Versuche entschieden werden, und zwar endgültig nur durch Versuche bei zusammengesetzter Beanspruchung. Die Ergebnisse der einfachen Zug-, Druck- und Verdrehungsversuche können aber auch schon herangezogen werden; durch die jeweilige Festigkeitshypothese ist nämlich das Verhältnis zwischen Zug- und Drehstreckgrenze eindeutig festgelegt:

Aus der Größtspannungshypothese folgt . $S_z = S_d$,
aus der Größtdehnungshypothese . . . . . $S_z = 1{,}3\,S_d$,
aus der Arbeitshypothese . . . . $S_z = 1{,}61\,S_d$
und aus der reinen Schubhypothese . . . . $S_z = 2\,S_d$.

Die Streckgrenzen müssen am gleichen Werkstoff ermittelt sein, und zwar ist die untere Streckgrenze zu benutzen, die dadurch festgestellt wird, daß beim erstmaligen Zurückgehen des Kraftmessers an der oberen Streckgrenze der Antrieb der Prüfmaschine abgestellt und gewartet wird, bis der Kraftmesser nicht mehr weiter zurück geht. An der oberen Streckgrenze gerät der Werkstoff in einen labilen Zustand, dessen Eintritt von Zufälligkeiten abhängt; die obere Streckgrenze stellt daher keine Werkstoffkonstante dar, ebensowenig wie die Temperatur bei einem Siedeverzug. Der stabile Zustand ist an der unteren Streckgrenze erreicht, beim Sieden entspricht dem der Siedepunkt. Die untere Streckgrenze ist die dem Werkstoff und seinem Zustand eigentümliche Konstante; sie ist unabhängig von der Streckgeschwindigkeit.

Man erkennt, daß auch das Stehenbleiben des Kraftmessers während des Fließens von der Streckgeschwindigkeit abhängt und die zugehörige Streckspannung deswegen auch keine Werkstoffkonstante darstellt. Überdies muß man bei den Streckgrenzbestimmungen Probeformen verwenden, in denen die Spannungen sich möglichst gleichmäßig verteilen. Das sind bei Verdrehung Hohlstäbe mit genügend dünner Wand. An diesen wird die Streckgrenze erheblich tiefer gefunden als an Vollstäben. Nur unter Beobachtung des Gesagten erhält man Streckgrenzwerte, die man zur Klarstellung der vorliegenden Frage benutzen kann. Aus eigenen Versuchen mit Stahl, über die ich noch eingehend berichten werde, fand ich $S_z = 1{,}6\,S_d$, womit die Arbeitshypothese am meisten bestätigt wird[4]).

Zum Schluß soll erörtert werden, ob die Werte der zulässigen Anstrengung aus Betriebserfahrungen gewon-

[3a]) Z. Bd. 71 (1927) S. 69.

[4]) Zur Prüfung der Festigkeitshypothesen wird man auch die Ergebnisse von Dauer- oder Ermüdungsversuchen heranziehen müssen. Ist σ_D die Schwingungsfestigkeit bei Zug-Druck-Wechseln und τ_D die an sorgsamst hergestellten Hohlstäben mit möglichst gleichmäßiger Spannungsverteilung ermittelte Drehschwingungsfestigkeit, so ist nach der Größtspannungs-, Größtdehnungs-, Arbeits- und Schubhypothese, wie oben, $\sigma_D : \tau_D = 1;\ 1{,}3;\ 1{,}61;\ 2$. Die bis jetzt bekannt gewordenen Ergebnisse reichen zu einer Entscheidung nicht aus. Nach Moore und Kommers ist bei Stahl $\tau_D = 0{,}52\,\sigma_{Db}$. Die Zug-Druck-Schwingungsfestigkeit ist nach Lehr 10 bis 15 vH höher als die Biegeschwingungsfestigkeit σ_{Db}. Prüfverfahren und Probestab, mit denen τ_D ermittelt wurde, sind mir nicht bekannt.

nen werden können, und ferner, ob die dem Werkstoff anhaftenden Mängel eine Hypothesenbildung überhaupt zulassen, mit anderen Worten, ob es zur Zeit berechtigt erscheint, die Festigkeitslehre auf wissenschaftlicher Grundlage aufzubauen.

Betriebserfahrung

Der Gedanke liegt nahe, Werte der zulässigen Anstrengung könnten aus Betriebserfahrungen mit bewährten und schadhaft gewordenen Bauteilen gewonnen werden. Bestenfalls erlangt man aber aus der Betriebserfahrung Werte, die sich bewährt oder nicht bewährt haben, aber keine Werte für die obere Belastungsgrenze. Sodann ist die Beschaffung von Erfahrungswerten offenkundig umständlich, schwierig und zum Teil recht unsicher, und gesetzt den Fall, es wären einwandfreie Erfahrungsunterlagen gesammelt, so müssen sie nach einem einheitlichen Verfahren beurteilt werden. Das Ergebnis der Beurteilung hängt z. B. bei einer Kurbelwelle ganz davon ab, wie die Welle berechnet wird, ob man sie in den Lagern als durchschnitten ansieht oder als kontinuierlichen Balken, ob man die Kröpfungen oder die Steifigkeit der Ecken berücksichtigt oder nicht, ob man die größte Spannung oder die größte Dehnung usw. als maßgebend für die Größe der Werkstoffanstrengung auffaßt.

Die Anstellung planmäßiger Versuche ist der Sammlung von Erfahrungen unvergleichlich überlegen. Man kann auch, wenn man von Betriebserfahrungen auszugehen sucht, der Hauptfrage nicht ausweichen: wie soll man rechnen, nach welcher Festigkeitshypothese soll man z. B. den Fall Biegung und Drehung einer Welle behandeln? Die Grundfrage muß geklärt werden: Welche Umstände bedingen bei einem bestimmten Werkstoff den Eintritt des Bruches oder bleibender Verformung, und es befestigt sich die Überzeugung, daß, wo nicht schlimmste Ungleichartigkeit des Werkstoffes jede Hypothesenbildung von vornherein als aussichtlos erscheinen läßt, die Aufstellung einer Festigkeitshypothese für den einzelnen Werkstoff oder für Werkstoffgruppen als Grundlage einer einheitlichen Festigkeitsberechnung das Ziel der wissenschaftlichen Behandlung bilden muß.

Stellung gegenüber Werkstoffmängeln

Otto M o h r äußert sich hierzu[5]) wie folgt: „Im Verkehr mit einsichtigen Fachgenossen bin ich nicht selten der Meinung begegnet, es sei ein eitel Bemühen, der Festigkeitslehre eine wissenschaftliche Grundlage zu geben. Homogene Körper — so hielt man mir entgegen — kommen in der Natur nicht vor, homogene Spannungszustände ebensowenig. Ein Elementargesetz aus der Erfahrung abzuleiten, ist daher unmöglich. Die vorhandenen Unregelmäßigkeiten sind von der Art, daß sie jede Gesetzmäßigkeit fast vollständig verdecken und den halbverwischten Spuren solcher Gesetze weiter nachzugehen, das hat kaum eine erhebliche Bedeutung. Es bleibt nichts anderes übrig, als in jedem wichtigen Fall besondere Versuche anzustellen und sich um die physikalische Deutung nicht zu kümmern.

Ich habe jedesmal zugeben müssen, daß sich gegen diese Ansichten nicht viel einwenden läßt. Und dennoch wiederholt sich seit mehr als hundert Jahren der Versuch, in die verwirrende Fülle der Erfahrungen Ordnung zu bringen. Wenn es gelingen sollte, Regeln zu finden, denen sich viele Erfahrungen unterordnen, selbstverständlich solche, denen man Vertrauen schenken darf, so würde damit vielleicht kein Elementargesetz, wohl aber ein Hilfsmittel gewonnen sein, um neue Ergebnisse der Erfahrung auf ihre Wahrscheinlichkeit zu prüfen. In meinen Augen würde auch dies ein Fortschritt sein. Freilich wird es sich immer nur um Wahrscheinlichkeiten, nicht um mathematische Übereinstimmungen handeln.“

[5]) Z. Bd. 45 (1901) S. 740.

Es ist entscheidend, wie man sich zu der Frage der Werkstoffmängel stellt und was man vom heutigen Zustand und seiner voraussichtlichen Entwicklung hält. Man muß ohne weiteres zugeben, daß es Werkstoffe mit erheblichen Mängeln wie Ungleichartigkeit und Eigenspannungen gibt; das ist vor allem Gußwerkstoff; auch beim Schmieden und Pressen kann der Werkstoff durch ungeeignete Behandlung leiden, das Härten gelegentlich zu starken Härtspannungen führen; anderseits ist Walzstahl von nicht zu großer Härte in vorzüglicher Güte und innerer Gleichmäßigkeit erhältlich. Eine Theorien- oder Hypothesenbildung hat naturgemäß nur bei fehlerfreiem Werkstoff einen Sinn, und die hierauf bezüglichen Festigkeitsversuche müssen mit hinreichend fehlerfreiem gleichmäßigen Werkstoff, mit einwandfreien Probestäben und Prüfeinrichtungen angestellt werden.

Werkstoffe, die offenkundig mit Mängeln oder mit unübersehbarer Ungleichartigkeit behaftet sind, scheiden zunächst aus. Solche Mängel, ihre Größe und Häufigkeit sind durch Werkstoffprüfung festzustellen; hierin liegt eine besondere Aufgabe der Werkstoffprüfung, deren Zweck ist, die höchste, geringste und durchschnittliche Güte des Werkstoffes aufzuzeigen; der Konstrukteur muß die Beanspruchung entsprechend niedrig halten, und es ist vielleicht der Rat nicht unnötig, der verantwortliche Konstrukteur solle sich darum kümmern, daß der Werkstoff, den er in der Stückliste nach sachlicher Überlegung vorschreibt, auch in der geforderten Güte zur Verfügung steht. Derjenige, der den Werkstoff erzeugt oder zwischenbehandelt, ist bestrebt, einen Gütegrad zu erreichen, bei dem der Werkstoff verkaufsfähig bleibt; werden vom Verbraucher höhere Ansprüche gestellt und bezahlt, so steht kaum etwas im Wege, durch weitgehende wissenschaftliche Betriebführung und Überwachung — allerdings zunächst unter Verteuerung — die Güte zu steigern. Dies scheint der natürliche Weg der Entwicklung zu sein. Guter Guß ist eine Preisfrage, sagt man mit Recht; besserer genau ebenso.

Die Gruppe von Werkstoffen, die schon heute in hoher Güte und Gleichmäßigkeit erhältlich ist, wird sich dann im Laufe der Zeit immer mehr erweitern, und die Zahl der Werkstoffe wird andauernd im Wachsen begriffen sein, für deren Verhalten man Gesetzmäßigkeiten und klare Definitionen aufstellen kann. Der skeptische und abwartende Standpunkt, auf den man, wie Otto Mohr erwähnt, nicht selten trifft, mag dazu führen, daß man in der Frage der Bildung neuer Festigkeitshypotnesen die gebotene Vorsicht walten läßt, der vertrauende und vorwärtstreibende Standpunkt wird aber, das war auch Otto Mohrs Meinung, die Festigkeitsrechnung und die Werkstoffgüte fördern. [B 612]

Internationaler Verband für die Materialprüfungen der Technik

Auf Anregung einiger holländischer Fachmänner hat ein vorbereitender Ausschuß einen Internationalen Kongreß für Materialprüfungen nach Amsterdam einberufen. Der Kongreß hat in der Zeit vom 12. bis 17. September 1927 in Amsterdam stattgefunden und war von rd. 500 Teilnehmern besucht. Die staatlichen und städtischen Behörden des Kongreßlandes hatten das Komitee mit allen Mitteln unterstützt, und so reihte sich die Veranstaltung würdig an die Vorgänger, die seit 1895 abgehaltenen Internationalen Kongresse für Materialprüfungen, an. Es lag die Aufgabe vor, die mit dem Jahre 1914 unterbrochene Zusammenarbeit zwischen den Staaten wieder aufzunehmen.

Die Verhandlungen allgemeiner Art führten zu dem Ergebnis, daß auf Grund des ausnahmslos gezeigten Interesses die Neugründung des Internationalen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik beschlossen und seine Satzung, die sich eng an die Satzung des alten Verbandes anlehnt, aufgestellt und angenommen wurde. Danach bilden die nationalen Materialprüfungsverbände das Gerippe für den Internationalen Verband, der seine Hauptaufgabe in der Förderung der stoffkundlichen Forschung und in der Vereinheitlichung von Prüfverfahren sieht. Die vorbereitenden Arbeiten für den nächsten Kongreß, der in Zürich stattfinden wird, hat als ehrenamtlicher Geschäftsführer Prof. Dr.-Ing. E. h. R o s, übernommen. Für die Zwischenzeit wird von jedem Lande ein Vertreter zur Teilnahme an den internationalen Verhandlungen benannt werden.

Die wissenschaftlichen Verhandlungen während des Kongresses gaben ein Bild davon, wie ungeheuer groß das Gebiet der Stoffkunde sich zur Zeit darstellt und wie schnell sich die vor kaum mehr als einem halben Jahrhundert be-

gonnenen Arbeiten ausgedehnt haben. Aus dem Inhalt der etwa hundert wissenschaftlichen Vorträge des Kongresses läßt sich folgendes zusammenfassend sagen.

Die Bedeutung der Stoffkunde und damit der Materialprüfung für das öffentliche Leben erfordert, daß die Zusammenarbeit zwischen der reinen Wissenschaft, der praktischen Materialprüfung und den Belangen von Handel und Industrie immer mehr vertieft und erweitert wird. Das Bindeglied zwischen den Grenzgebieten bildet die planmäßige Werkstoffprüfung. Um sie zu fördern, bedarf es einmal der gegenseitigen Verständigung über einheitliche Begriffe und Benennungen, zweitens einer Vereinbarung über die auszubildenden Prüfverfahren und drittens einer laufenden gegenseitigen Unterrichtung über die Vorhaben und die Arbeiten auf den verschiedenen Gebieten.

Unter den Arbeitsgebieten werden im allgemeinen die Metalle den weitesten Raum umspannen. Hier befaßt man sich zur Zeit überall mit der Forschung über den Aufbau der Werkstoffe, d. h. mit der Ergründung der physikalischen Gesetze und Eigenschaften, von denen man versucht, auf die technischen Eigenschaften der Stoffe zu schließen. Ein zweites wichtiges Gebiet ist die Erforschung der Vorgänge in plastisch verformten Körpern. Es liegen hier bereits klar definierte Anschauungen vor. Bestimmten Spannungsgrenzen mißt man besondere Bedeutung bei.

Außerordentlich vielseitig ist das Gebiet der methodischen Prüfungen. Die Auswertung der Ergebnisse aus Verfahren, die seit langem festliegen, die Abänderung von Verfahren für besondere Zwecke und die Schaffung und Erforschung neuer Prüfarten werden sowohl von rein wissenschaftlichen Instituten als auch von Prüfanstalten und industriellen Laboratorien bearbeitet. Auf diesem Gebiet ist es besonders die Frage der Kerbzähigkeit, die trotz groß angelegter und an vielen Stellen durchgeführter Versuche noch immer keine restlose Klärung darüber ergeben hat, ob es möglich ist, sie für Abnahmezwecke zu verwerten. Über Dauerversuche und Abnutzungsversuche, die beide die Aufgaben der Kurzzeitprüfungen in sich schließen, wird viel gearbeitet. In der Härteprüfung steht man vor der Aufgabe, die neueren Prüfverfahren einheitlich zu gestalten und auszunutzen. Neben der Brinell-Härteprüfung sind Verfahren in Anwendung, die dem Rockwell-Verfahren näher kommen. Die Schlaghärteprüfung und Fallhärteprüfung scheinen selten benutzt zu werden. Für Verschleißuntersuchungen sind keine neuartigen Verfahren bekannt geworden. Man sucht hier Beziehungen zu finden zwischen Werkstoffbeiwerten und den sich bei dem Verschleißprüfverfahren ergebenden Werten.

Besondere Aufmerksamkeit ist dem Verhalten der Metalle bei ungewöhnlichen Temperaturen zugewandt worden. Hier kommen bei höheren Temperaturen auch Dauerversuche in Frage, und es wurde die Ansicht vertreten, daß man für jeden einzelnen Stoff Kennzahlen bei höheren und niedrigen Temperaturen versuchstechnisch ermitteln müsse.

Die neuen Metallsorten oder Legierungen für Hochbauzwecke, für den Leichtbau und für die Verwendung unter chemischen Angriffen werden weiter erforscht und an vielen Stellen in der Fertigung und im Betrieb geprüft. Bei der Prüfung von Gußeisen dürfte auch die Scherfestigkeit und die Kugeldruckhärte berücksichtigt werden.

Die Anwendung der Schweißung hat in allen Ländern die Aufgabe gestellt, die verwendeten Stoffe auf ihre Eignung zu prüfen und ein Verfahren zu ermitteln, das eine Bewertung fertiger Schweißungen gestattet.

Eine ganze Reihe von Sonderfragen, die in Vorträgen auf dem Kongreß behandelt wurden, zeigen, daß die Entwicklung auf dem Gebiete der Metalle noch im Fluß ist.

Auf dem Gebiet der nichtmetallischen Baustoffe nahmen Zement und Beton und die natürlichen Gesteine das Hauptinteresse in Anspruch. Man kommt durch Auswertung großangelegter Versuche der Lösung statischer Aufgaben im Beton- und Eisenbetonbau näher. Auch hier ist wieder die Frage wiederholter Beanspruchungen, besonders in Deutschland, bearbeitet worden. Als vorläufig nahezu abgeschlossen erscheinen die Arbeiten, die sich auf zweckdienliche Betonmischungen und Zuschläge beziehen. In verschiedenen Ländern sind bereits bestimmte Grundsätze, die man auf den Baustellen beachtet, ausgearbeitet worden. Wenn man auch keine sorgfältige Untersuchung außerhalb der Laboratorien durchführen kann, so bieten doch die ermittelten Kurven für Betonmischungen einen ausgezeichneten Anhalt für die Bauleiter, um die Ausführungen wirtschaftlicher zu gestalten. Über Mittel, um die Wasserdichtigkeit des Betons zu erhöhen, scheint festgestellt worden zu sein, daß das wichtigste Erfordernis richtige Mischung und Verarbeitung ist. Das Ergebnis kann zwar durch Beimengungen und Anstriche noch verbessert werden.

Auch auf dem Gebiete der Bewehrung von Beton liegen neuere Arbeiten vor, die hauptsächlich unter Anwendung von Biegungsbeanspruchung durchgeführt sind.

Sehr dringend sind Vereinheitlichungsarbeiten auf dem Gebiete der Zementprüfung. Es ist festgestellt worden, daß nicht nur die durch die Normenmischungen stark beeinflußten Festigkeitswerte, sondern auch die Ergebnisse aus Untersuchungen über Wasserbindung, Beginn der Erhärtung, Abbindezeit, Raumbeständigkeit usw. in den verschiedenen Staaten sehr große Unterschiede zeigen.

Die ungeheure Beanspruchung der Straßen durch den Kraftwagenverkehr hat in allen Ländern Arbeiten über Straßenbaustoffe veranlaßt. Die Prüfung der natürlichen Gesteine für Straßenbauzwecke weist verhältnismäßig große Einheitlichkeit auf. Einige neue Untersuchungen über Kittfähigkeit des Staubes, Glattwerden usw. sind jedoch noch in Ausarbeitung. Für die bituminösen Stoffe sind die Untersuchungen über Prüfverfahren noch nicht abgeschlossen. Es dürfte auch notwendig sein, die Frage der einheitlichen Bezeichnungen international in Angriff zu nehmen. Die Prüfung der Gleisbettungs- und Schotterstoffe hat in den meisten Ländern Eingang gefunden. Die benutzten Verfahren sind einander zwar ähnlich, doch lassen sich zahlenmäßige Vergleiche aus den Ergebnissen nicht anstellen. Die international bisher einheitliche Prüfung der Mauerziegel dürfte in der nächsten Zeit in der Richtung abgeändert werden, daß bei höherwertigen Steinen die Prüfungen auf Druckfestigkeit an ausgeschnittenen Proben durchgeführt werden. Für die allen keramischen Erzeugnissen gemeinsamen Prüfungen wurden bereits Vorschläge für internationale Vereinheitlichung gemacht. Bei der Prüfung feuerfester Steine ist die Beurteilung nach der chemischen Analyse mehr zu beachten.

In der dritten Gruppe der Vorträge, die verschiedene Stoffe behandelten, wurden Berichte über Holzprüfungen, Schmiermittel und Transformatorenöle, bituminöse Stoffe, Kautschuk und feste Brennstoffe gegeben.

Die Vereinheitlichung von Verfahren zur Festigkeitsuntersuchung von Bauholz macht große Schwierigkeiten, weil Bestimmungen über die Probenentnahme, die sich sowohl auf die Entnahme aus dem Bestand, als auch auf Form, Größe und Entnahmestelle der Probestäbe beziehen, sehr schwer zu treffen sind. Untersuchungen über den Aufbau der Zellwand werden die mechanischen Prüfungen ergänzen.

Die Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Kautschuks bewegen sich teilweise in der Linie des künstlichen Aufbaues von Kautschuk, der die guten Eigenschaften des natürlichen Kautschuks hat. Die mechanische Untersuchung befaßt sich zur Zeit besonders auch mit Dauerversuchen, um die Erscheinung des Alterns zu erforschen. Hierbei kommt auch die Prüfung bei höheren Temperaturen, besonders für Fertigteile in Betracht.

Ausreichende Verfahren für die Prüfung von Schmiermitteln sind noch nicht geschaffen worden. Man ist zwar in der Lage, mit Hilfe einheitlicher Verfahren in Klassen einzuteilen, doch ist das Gebiet der eigentlichen Eignungsprüfung für den Betrieb zur Zeit noch nicht geklärt. Auch die Wiederaufbereitung der Schmiermittel wird an vielen Stellen bearbeitet. Die gleiche Aufgabe besteht in erhöhtem Maße für die Transformatorenöle, bei denen die Erscheinung des Alterns, besonders durch Oxydation an der Luft, sehr eingehend untersucht worden ist.

Bei der Prüfung der festen Brennstoffe, die in einigen Staaten bereits zur Festlegung von Richtpreisen und häufig bei der Abnahme verwendet wird, sucht man die Berechnung des Heizwertes aus der chemischen Analyse durch eingehende Prüfungen über das Verhalten der Steinkohle im Kesselhaus und bei der Gasfabrikation zu ergänzen und zu ersetzen.

Eine Reihe von Vorträgen beschäftigte sich noch mit den Maßnahmen zu einheitlicher Ausführung von Versuchen allgemeiner Art. Die im Laboratorium gebrauchten Geräte, wie Thermometer u. ä. hat man vielfach vereinheitlicht.

Der allgemeine Eindruck des Amsterdamer Kongresses war, daß in der Zeit seit 1914 besonders die wissenschaftliche Stoffkunde außerordentliche Fortschritte gemacht hat und daß durch eine große Zahl von Untersuchungen nach bereits früher geschaffenen Verfahren vielfach ausreichende Unterlagen zur Vereinheitlichung in internationalem Rahmen geschaffen worden sind.

Von den schweizerischen Fachleuten, die die Veranstaltung des nächsten Kongresses in Zürich übernommen haben, wurde an die Teilnehmer aus den übrigen Staaten die Bitte gerichtet, durch Mitarbeit an der Ausgestaltung des Kongresses und durch sorgfältige Vorbereitung in den nationalen Materialprüfungsverbänden daran mitzuhelfen, eine der wichtigsten Aufgaben durch gemeinsames Vorgehen zu fördern. [N 888]

De.

Die Versuchsanstalten in den deutschen Eisenhüttenwerken

Von Dr.-Ing. E. H. Schulz, Dortmund

Die Entstehung der modernen Versuchsanstalt aus einfachen Anfängen und ihre allmähliche Entwicklung zu großen wissenschaftlichen Arbeitstätten wird dargelegt. Nach Hinweisen auf die wirtschaftliche Bedeutung der Arbeit der Versuchsanstalten werden die drei großen Arbeitsgebiete dieser Institute im einzelnen gekennzeichnet: laufende Überwachung und Untersuchung der Roh- und Fertigstoffe, gutachtliche Arbeiten für besondere Fälle und selbständige wissenschaftliche Tätigkeit. Auf die Gemeinschaftsarbeit der Versuchsanstalten und die Auswertung des sich ansammelnden Erfahrungsstoffes wird besonders hingewiesen.

Die Arbeit eines Eisenhüttenwerks bedingt die Ausführung von laufenden Werkstoffprüfungen nach zwei Hauptrichtungen: einmal muß das Werk als der Verbraucher großer Mengen von Rohstoffen und Hilfsstoffen aller Art diese auf Eignung und Wert prüfen —, es handelt sich dabei in erster Linie um die zu verhüttenden Erze, die Brennstoffe, die Zuschläge bei den Schmelzverfahren, die feuerfesten Baustoffe und eine Unmenge Stoffe, die zum Teil auch in anderen technischen Betrieben gebraucht werden, wie Schmieröle, Metall-Legierungen usw. Zweitens muß das Hüttenwerk seine eigenen Erzeugnisse laufend auf ihre Beschaffenheit untersuchen, wobei zum Teil nicht erst die Fertigerzeugnisse der Prüfung unterworfen werden, sondern bereits die Zwischenerzeugnisse, ja sogar die noch in der Entstehung begriffenen Werkstoffe, z. B. der Stahl während des Schmelzvorganges im Ofen. Die Begleitung der Entstehung der Werkstoffe durch die Prüfung hat sich herausgebildet vor allem mit der Entwicklung der großen gemischten Hüttenwerke, in denen nicht nur aus dem Erz das Roheisen gewonnen wird, wo anschließend auch sogleich dessen Umwandlung zu Stahl stattfindet, der dann weiterhin noch im Preßwerk und Walzwerk geformt und gegebenenfalls vergütet wird.

Die einfachsten Anforderungen an die Roh- und Fertigstoffe in der Eisenindustrie lassen sich zum Teil durch die Untersuchung der chemischen Zusammensetzung erfassen, z. B. bei Erzen, beim Roheisen. Bei andern Stoffen treten neben die Bestimmung der chemischen Zusammensetzung noch andere Prüfverfahren, so insbesondere bei dem Fertigerzeugnis, dem Stahl die Festigkeitsuntersuchungen, bei den Brennstoffen Heizwertbestimmungen usw.

Schon frühzeitig finden sich auf den Hütten die Einrichtungen zur Durchführung von Untersuchungen nach den beiden erstgenannten Richtungen — ein kleines chemisches Laboratorium und eine „Zerreißbude". Nomen est omen — wenngleich die hüttenmännische Ausdrucksweise ganz allgemein etwas rauh ist und ihr auch noch mancherlei alte Begriffe aus der handwerksmäßig arbeitenden Zeit eigen sind, so war doch der Ausdruck Zerreißbude in jenen Zeiten vielsagend und man hätte ihm die Analysenbude zur Seite stellen können. Denn zumeist fand man diese beiden Keimstätten der neuzeitlichen Werkstoffprüfung mit primitiven Einrichtungen versehen in irgendeinem etwas entlegenen Winkel, und das Ansehen, das sie und die darin waltenden Männer bei den Praktikern des Betriebes hatten, entsprach gar manchesmal nur zu sehr der Bezeichnung Bude für ihre Wirkungsstätte. Die Erfahrung in der Beurteilung des Stahles durch Betrachten des Bruches und durch einfache technologische Proben usw., stand erheblich höher im Kurse als das Urteil nach der Analyse. Die erfahrungsmäßige Beurteilung sollte zwar auch von der heutigen Generation nicht belächelt werden, aber die Voraussetzung für sie waren einmal die immer noch kleinen, an das Handwerkliche erinnerenden Verhältnisse des ganzen Betriebes, ferner die Möglichkeit, fast nur die besten Rohstoffe, leicht erkenntlich, zu verwenden und endlich die Forderung, nur wenige Arten von Stahl stets in gleicher Weise herzustellen.

Die Massenfertigung des neuzeitlichen Betriebes, die Notwendigkeit der Ausnutzung auch der weniger reichen und reinen Rohstoffe, die sich ausbildende Vielseitigkeit des Fertigungsprogrammes und vor allem das immer notwendiger werdende Arbeiten auf höhere Gütestufen machten jene Art der Beurteilung immer schwieriger und schließlich unmöglich. Die Bedeutung des Laboratoriums, sowohl des chemischen wie des mechanischen, wuchs.

Die Benutzung des Urteils des Laboratoriums für die Brauchbarkeit des Werkstoffes legte diesem aber auch noch eine weitere neue Verpflichtung auf. Was war zu tun, wenn eine Werkstofflieferung trotz des günstigen Urteils des Laboratoriums im praktischen Gebrauch, sei es bei einem fremden Verbraucher, sei es im eigenen Betriebe, versagte, und wenn der erzeugende Betrieb selbst den Grund für das Versagen nicht kannte oder auch nicht kennen wollte. Es lag nur zu nahe, dem Laboratorium die Aufgabe zu stellen, die Klärung zu suchen: aus der einfachen Prüf- und Abnahmestelle wurde ein Versuchslaboratorium; denn jene Klärung verlangte schon eine vielseitigere Untersuchung als die reine Abnahme.

Und die in der gleichen Zeit schnell fortschreitende Entwicklung der Werkstoffkunde, insbesondere in physikalisch-technischer Beziehung, schenkte den Laboratorien auch neue Arbeitsmittel, die Gefüge-Untersuchung, die Metallographie begann ihren Siegeszug in den Hüttenlaboratorien, die damit zu den Stellen wurden, die für die Aufklärung von Beanstandungen zuständig waren. Die Erkenntnis aber eines Fehlers im Material stellte auch dem Forscher — denn solche mußten nun den Prüfstellen vorstehen — eine neue Aufgabe: Mittel und Wege finden zu helfen, um jene Fehler zu vermeiden. Und weiterhin fand sich der Drang, auch selbst die Rüstmittel der Werkstoffprüfung und unsere Kenntnisse der Werkstoffe weiter zu verbessern und auszugestalten.

Dieser Entwicklungsgang stellt in idealer Form den Weg dar, den die Werkstoffprüfung in den Hüttenwerken von jener Bude zur neuzeitlichen Versuchsanstalt gegangen ist; sie gibt auch die Arbeitskreise wieder, die diesen Instituten heute noch den Charakter geben: die laufende Prüfung und Abnahme der Rohstoffe und Erzeugnisse, die Aufklärung von Beanstandungen beim Erzeuger und beim Verbraucher und die selbständige Forschung.

Einige Daten mögen die Zeiten angeben, in denen der Hauptteil dieser Entwicklung sich vollzog. Die Firma Krupp war die erste, die den Schritt tat, eine umfassend arbeitende Versuchsanstalt des gekennzeichneten Gepräges zu errichten, die im Jahre 1909 erstand. Es folgte die Dortmunder Union, bei der der Weitblick der leitenden Persönlichkeiten sehr bald darauf im Jahre 1913 ein entsprechendes Institut erstehen ließ, und dann setzte eine ähnliche Entwicklung auch bei fast allen andern großen Hüttenwerken ein, wobei allerdings leider in manchen Fällen Krieg und Nachkriegzeit hemmend wirkten, wenn auch die Erfordernisse des Krieges und die Rationalisierung der Nachkriegzeit anderseits die Entwicklung in gewisser Weise wieder zwangweise förderten.

Einen besonderen Anstoß gab ferner in der Nachkriegzeit der Entwicklung der Versuchsanstalten auch die Gemeinschaftsarbeit, die in vorbildlicher Weise der Verein deutscher Eisenhüttenleute betrieb und die in der hier vorliegenden Frage zu der Bildung des Werkstoffausschusses führte, in dem hauptsächlich die Leiter der Versuchsanstalten sich zusammenfanden und der bis heute in den rund sieben Jahren seines Bestehens eine an Zahl und Inhalt überaus beachtliche Reihe von Arbeiten auf allen Gebieten der Werkstoffkunde von Stahl und Eisen hervorbrachte.

In der Organisation der Versuchsanstalten haben sich in der Folgezeit bei den einzelnen Werken naturgemäß Unterschiede herausgebildet insofern, als die Trennung der einzelnen drei großen Arbeitskreise ja mehr oder weniger äußerlich betont werden kann: Einerseits können alle drei Gebiete in einer einzigen Anstalt

unter einer einheitlichen Leitung zusammengefaßt sein, es kann aber anderseits auch insbesondere das reine Betriebslaboratorium, das die großen Mengen von chemischen Analysen für den laufenden Betrieb durchführt, von der eigentlichen Versuchsanstalt mit ihrem mehr wissenschaftlichen Charakter getrennt werden. Ferner kann der Zusammenhang mit andern Abteilungen verschieden gestaltet werden, so kann z. B. die für den Verkehr mit den Abnahmebeamten beauftragte Stelle oder die sogenannte Wärmestelle mit der Versuchsanstalt verbunden werden. Auf diese Fragen, deren Lösung im einzelnen von den besonderen Verhältnissen des einzelnen Werkes abhängt, z. T. auch durch hergebrachte Verhältnisse als gegeben betrachtet wird, sei nicht näher eingegangen, betont sei nur, daß es sich zweifellos empfiehlt, nicht eine Zerlegung vorzunehmen, sondern Betriebsuntersuchungen und eigentliches Versuchslaboratorium unter einer einheitlichen Leitung zusammenzufassen.

Dazu steht in keinem Widerspruch, wenn der große Konzern der Vereinigten Stahlwerke A.-G. in jüngster Zeit einen neuen Schritt auf dem Gebiete des metallurgischen Versuchswesens gemacht hat in der Errichtung eines besonderen Forschungsinstituts, das, losgelöst von dem engeren Zusammenhang mit den Werkbetrieben sich auf dem reinen Forschungsgebiet betätigen soll. Dabei behalten nämlich die einzelnen dem Konzern angehörenden Hüttenwerke nach wie vor ihre Versuchsanstalten, das neugegründete Institut soll keineswegs deren Wirksamkeit einschränken, sie vielmehr nach der Seite ergänzen, daß es, befreit von allen betriebsmäßigen Arbeiten, die in den Versuchsanstalten notwendigerweise einen großen Teil der Kräfte binden, den Mittelpunkt für größere Forschungsarbeiten bildet.

Von Bedeutung dürfte sein, über die einzelnen drei genannten Arbeitsgebiete einer größeren Versuchsanstalt Näheres zu erfahren. Bemerkt sei dazu, daß, wie bereits angedeutet, im einzelnen die Verhältnisse häufig unterschiedlich sind, ich muß auch betonen, daß die Betrachtungen zugeschnitten sind auf die Verhältnisse und Bedürfnisse eines großen sogenannten gemischten Hüttenwerkes. Bei einem reinen Edelstahlwerk beispielsweise, das in seiner Arbeitsweise, seinen Einrichtungen und insbesondere auch in dem Umfang und der Art der Kuppelung der Versuchsanstalt mit den Betrieben dem hier betrachteten gegenüber manche Unterschiede aufweist, liegen teilweise eben auch andere Verhältnisse vor[1]).

Die Aufgaben, die der Versuchsanstalt aus der laufenden betriebsmäßigen Untersuchung der eingehenden Rohstoffe, der eigenen Zwischen- und Fertigerzeugnisse des Hüttenwerkes erstehen, werden vielfach etwas unterschätzt, sogar von Stellen, die einen gewissen Einblick in die Verhältnisse haben. Sieht man von den Stoffen ab, die in kleineren Mengen beim Hüttenwerk eingehen, so sind es besonders folgende Gruppen von Stoffen, die laufend zu untersuchen sind: die eingehenden Erze und der Koks für den Hochofenbetrieb, das Gichtgas, das Roheisen der Hochofenabstiche, das Roheisen aus dem Mischer, die im Stahlwerk (Siemens-Martin- und Thomas-Betrieb) erzeugten Schmelzen, die Thomasschlacken, die feuerfesten Baustoffe, die Gase für das Martinwerk und andere Öfen, endlich die fertigen Walz-, Schmiede- und Gußstücke. Die Untersuchungen sind zum größten Teil chemischer Art, bestehen also in der Ausführung von Analysen. Erstes Erfordernis ist die Richtigkeit und Genauigkeit der chemischen Analyse. Hier tritt die große wirtschaftliche Bedeutung des Laboratoriums in Erscheinung.

Die Versuchsanstalt ist ja an sich eine reine Unkostenstelle, sie hat keine tatsächlichen Einnahmen, kann höchstens ihre Kosten auf die Werkabteilungen in irgendeiner Form umlegen, wodurch die Art dieser Kosten als reine Unkosten ohne die Möglichkeit der rechnerischen Feststellung eines Gegenwertes bestehen bleibt. Und dennoch lassen sich geldliche Leistungen des Laboratoriums, wenn auch mehr mittelbar, feststellen. Die Erze für den Hochofen werden nach ihrem Eisengehalt bezahlt, wobei der Preis für die Einheit Eisen (gegebenenfalls noch unter Berücksichtigung anderer Beimengungen usw.) festgesetzt wird. Es ist handelsüblich, daß von einer Probe jeder Sendung sowohl der Erzlieferant wie das kaufende Hüttenwerk eine chemische Analyse macht, der Mittelwert aus den beiden Bestimmungen gilt, wenigstens solange der Unterschied zwischen den beiden Befunden eine gewisse Grenze nicht überschreitet. Bei der Fehlerhaftigkeit, die jeder analytischen Bestimmung stets anhaftet und der durch sie bedingten Streuung der Werte liegt es auf der Hand, welcher Schaden rein geldlich entstehen kann, wenn das Laboratorium nicht den tatsächlichen zur Ausnutzung kommenden Gehalt an Eisen feststellt, der auf anderm Wege gar nicht ermittelt werden kann.

Eine andre Kennzeichnung der wirtschaftlichen Bedeutung ergibt sich aus folgendem. Das Walz- oder Schmiedewerk erhält vom Stahlwerk Blöcke zur Formung der bestellten Stücke. Gewiß kann der Stahlwerker auf Grund seiner Erfahrungen den Herstellungsvorgang so leiten, daß der erzeugte Stahl die vom Abnehmer gewünschten Festigkeitseigenschaften mit einer mehr oder weniger großen Wahrscheinlichkeit auch aufweist, je schwieriger aber diese Eigenschaften zu erreichen sind, je kostspieliger damit auch der Werkstoff wird, desto größer wird auch die Möglichkeit, daß die gewünschten Eigenschaften im Einzelfall doch nicht erreicht werden. Wird nun der Block im Walzwerk oder Preßwerk verarbeitet, so entstehen hier auch die Weiterverarbeitungskosten; genügt das Stück dann später den Bedingungen nicht, so ist einmal eine weitere Häufung der Unkosten entstanden, zum andern ein Zeitverlust, der ja auch von unangenehmen Folgen sein kann. Durch die Zwischenprüfung des Gusses mittels einer Gußprobe im Laboratorium kann dieser Gefahr weitgehend vorgebeugt werden.

Die Arbeit der Versuchsanstalt geht aber in dieser Beziehung noch weiter. Die im Siemens-Martin-Ofen vorgehenden metallurgischen Umsetzungen, die wesentlich sind für die Erreichung des Werkstoffes von der gewünschten Beschaffenheit, werden heute im Hüttenwerke nicht mehr durch technologische Beobachtungen verfolgt, es werden vielmehr laufend dem Stahlbade Proben entnommen, die im Laboratorium auf die Hauptbestandteile: Kohlenstoff, Mangan, Phosphor, und Schwefel, geprüft werden. Diese überwachende Arbeit bedingt eine große Schnelligkeit der Durchführung der Analyse. So tritt an das Laboratorium die Aufgabe heran, einen großen Teil seiner Bestimmungen mit einer Geschwindigkeit durchzuführen, die weit größer als sonst gebräuchlich ist. Einmal sind hierfür von den Laboratorien selbst besondere Schnellverfahren ausgebildet worden, zum andern verlangt diese Aufgabe auch von dem Leiter eine nicht zu unterschätzende Organisationsgabe.

Man darf nach allem heute zweifellos den Satz aussprechen, daß ein Fortfall des Laboratoriums den geordneten Gang der Erzeugung eines neuzeitlichen Hüttenwerkes innerhalb kürzester Zeit unmöglich machen würde. Die meist selbständige Stellung der Versuchsanstalten unmittelbar unter der Werkleitung gibt aber auch den Abnehmerkreisen die Beruhigung, daß der Erzeugungsgang des von ihnen bezogenen Werkstoffes unter einer Kontrolle steht, die Fehl-Erzeugnisse ausschaltet, soweit dies eben bei einer technischen Arbeit überhaupt möglich ist.

Um einen Anhalt zu geben über die Arbeitsmenge, die nur in diesem Teil einer Versuchsanstalt zu bewältigen ist, seien in Zahlentafel 1 einige Zahlen genannt, die dem praktischen Betrieb eines neuzeitlichen großen Hüttenwerkes entnommen sind.

Es wäre aber verfehlt, anzunehmen, daß dieser Teil der Versuchsanstalt seine Aufgabe damit erfüllt sehen würde, eine große Analysenfabrik zu sein. Ich habe bereits darauf hingewiesen, daß die Versuchsanstalten einen großen Anteil an der Entwicklung der analytischen Ver-

[1]) Über das Beispiel der Arbeitsweise einer Versuchsanstalt in einem Edelstahlwerk s. O e r t e l, Organisation der Abteilung Forschung und Überwachung der Stahlwerke Becker A.-G., Mitteilungen der Stahlwerke Becker A.-G. 1927 Heft 8.

Zahlentafel 1
Zahl der analytischen Einzelbestimmungen bei der monatlichen Erzeugung eines Hüttenwerks

Gegenstand der Untersuchung	Zahl der Bestimmungen
Erze	2 500
Roheisen vom Hochofen	1 200
„ „ Mischer	3 200
Stahl von Thomaswerk	12 500
„ „ Martinwerk	5 500
Brennstoffe, insbes. Gase	800
Thomasschlacke	3 000
Sonstiges	2 500
Insgesamt	31 200

fahren dadurch haben, daß sie für ihre Sonderzwecke Schnellverfahren ausbilden mußten. Die Beschäftigung mit dem Ausbau der analytischen Chemie geht aber noch viel weiter. In welchem Maße die Versuchsanstalten der Hüttenwerke hierdurch zu Stellen geworden sind, die für die Entwicklung der analytischen Verfahren eine erhebliche Bedeutung haben, lassen die überaus zahlreichen und anerkannt bedeutsamen Veröffentlichungen des Chemiker-Fachausschusses des Vereins deutscher Eisenhüttenleute deutlich erkennen, sie legen beredtes Zeugnis ab von dieser technisch und wissenschaftlich gleich bedeutsamen, für die Allgemeinheit der chemischen Wissenschaft wichtigen Wirksamkeit der Laboratorien und ihrer Leiter.

Dazu ein andrer bedeutsamer Umstand. Naturgemäß sammeln sich infolge der gekennzeichneten Art der Tätigkeit in den Laboratorien im Laufe der Zeit gewaltige Mengen von Einzelversuchsergebnissen an. Es ist das Verdienst von Daeves, darauf hingewiesen zu haben, daß eine Auswertung dieser Zahlenunterlagen durch die Großzahlforschung Erkenntnisse vermitteln kann, die für die Hüttenbetriebe von der größten Wichtigkeit sein können, es würde zu weit führen, auf diese Auswertungsweise hier näher einzugehen, die noch viel weiter ausgebaut und ausgewertet werden kann[2]). Einige Beispiele für dies Arbeitsverfahren gab ich vor kurzem an andrer Stelle[3]).

Im vorstehenden ist im besonderen Maße von der Untersuchung auf chemischem Wege gesprochen worden, die für die Rohstoffe fast ausschließlich das Feld beherrscht, während die Fertigerzeugnisse, wie bereits erwähnt, in hohem Maß auch Festigkeits- und noch andern Prüfungen laufend unterworfen werden. So werden Magnetstähle und Transformatorenbleche auf ihre magnetischen Eigenschaften laufend untersucht usw. Auch für alle diese Prüfungen gelten naturgemäß ähnliche Gedankengänge. Die Gefügeuntersuchung nimmt in der laufenden Prüfung nur einen geringen Raum ein, immerhin wird die laufende Untersuchung der Stähle auf Gleichmäßigkeit durch eine Ätzprobe und die Nachprüfung richtiger Wärmebehandlung, insbesondere bei Schmiedestücken, durchaus auf breiter Basis durchgeführt und ist ein oft unerläßliches Hilfsmittel geworden.

Die gutachtliche Tätigkeit der Versuchsanstalt bei Beanstandungen und besonderen Erscheinungen im Betriebe, der zweite große Arbeitskreis, ist ein sehr weites Feld und etwas verwickelter als die laufende Prüfung. Hier bedarf es schon der Ausnutzung all der Mittel, die die neuzeitliche Werkstoffkunde ausgebildet hat, und daneben erheblicher Kenntnisse und Erfahrungen auf diesem Gebiet, um Ersprießliches zu leisten. Dabei fällt der Versuchsanstalt eine allgemein bedeutsame Aufgabe zu, nämlich häufig der Mittler zu sein zwischen dem erzeugenden Werk und dem Abnehmer.

Zahlreiche Anforderungen der verbrauchenden Industrie lassen sich heute noch nicht in einfache, klare Abnahmebedingungen fassen, es sei erinnert an die Forderungen einer leichten Bearbeitbarkeit von Automatenstahl, an die Schneidkraft von Werkzeugstahl, an den Verschleißwiderstand und anderes mehr. Geschehen kann es — insbesondere wenn der Kunde, wie es leider nur allzu häufig noch geschieht, keine klaren Angaben über den Verwendungszweck macht —, daß ein durchaus den vom Kunden mitgeteilten Forderungen (Zusammensetzung, Festigkeitseigenschaften) genügender Werkstoff geliefert wird, der aber in jener Sonderrichtung dann doch nicht befriedigt, so daß er beanstandet wird. Hier erwächst der Versuchsanstalt die Aufgabe, festzustellen, was es nun mit jener Sondereigenschaft auf sich hat, wie sie in der Lieferung ausgebildet ist, wie weit sie hinter dem zu Erwartenden zurückbleibt, wie weit sie besser zu entwickeln ist und, was auch sehr bedeutsam ist, wie weit der Verbraucher selbst dazu beitragen kann, daß er zufrieden ist.

Gerade die Beratung des Verbrauchers ist eine gar nicht hoch genug einzuschätzende Aufgabe der Versuchsanstalt. Erinnert sei nur an das so große Gebiet der Wärmebehandlung des Stahles durch Glühen, Vergüten, Härten. Immer wieder muß betont werden, daß in der Ausbildung unsrer Maschinenleute auf den Technischen Hochschulen der Werkstoffkunde noch vielfach zu wenig Aufmerksamkeit gewidmet wird oder daß hier noch nicht die richtigen Bahnen beschritten werden. Da anderseits der Maschinenmann doch auch vielfach in die Lage kommt, seinen Stahl wärmetechnisch behandeln zu müssen — und sei es auch nur ein „einfaches" Schmieden —, so kommen die schlimmsten Mißhandlungen des Stahles in der Praxis vor, und der dann einsetzende Mißerfolg wird fast stets dem Werkstoff zugeschrieben. Wenn hier die Hauptaufgabe der Versuchsanstalt ist, die ungerechtfertigte Beanstandung zurückzuweisen, so tritt anderseits die Aufgabe hinzu, dem Verbraucher auch mit Aufklärungen zu dienen. Und nach der andren Seite hat die Versuchsanstalt selbstverständlich auch die Pflicht, die eigenen Werkbetriebe nicht zu schonen, sie nachdrücklich darauf hinzuweisen, wenn Mängel im Werkstoff vorliegen, die der Fertigung und Verarbeitung als solcher zuzuschreiben sind.

Hier ist wesentliches Hilfsmittel die Gefügeuntersuchung, die Aufschlüsse gibt, die die chemische Analyse und die Festigkeitsprüfung nie vermitteln können. Die Ungleichmäßigkeiten im Stahl (Seigerungen), die nichtmetallischen Einschlüsse, die gesamte Wärmebehandlung mit ihren Möglichkeiten der Veredelung, aber auch der Ausbildung von Fehlern — alles das sind die Gebiete, auf denen die Metallographie ihre Triumphe feiert.

Die einzelnen Fälle solcher gutachtlichen Arbeiten sind naturgemäß außerordentlich verschieden geartet. Der Nachweis einer ungenügenden oder zu hohen Erhitzung beim Härten von Stahl ist z. B. in den weitaus meisten Fällen leicht zu führen, eine Gefügeuntersuchung läßt hier den Fehler meist sehr bald erkennen. Anderseits muß darauf hingewiesen werden, daß gerade eine einfache Gefügeuntersuchung in sehr vielen Fällen eine Erklärung nicht gibt. Man muß sich auch vor einer Überschätzung insbesondere der Metallographie etwas hüten.

Wenn weder die chemische Untersuchung noch eine Gefügeuntersuchung und eine Prüfung der Festigkeit, Härte usw. einen Aufschluß ergibt, wird es sehr häufig erforderlich sein, daß in der Versuchsanstalt auch Warmbehandlungen des Werkstoffes vorgenommen werden, die entweder grundsätzlich das Verhalten des Werkstoffes bei einer Warmbehandlung klären sollen, oder aber die der praktisch angewandten Warmbehandlung nachgeahmt sind, um festzustellen, ob diese an sich zweckmäßig war und richtig ausgeführt worden ist. Es gibt immer noch eine ganze Anzahl von technischen Eigenschaften bei Stahl und Eisen, die in ihrer Differenzierung mit dem normalen Werkstoffprüfverfahren nicht erfaßt werden können. Um nur ein Beispiel anzuführen, sei hingewiesen darauf, daß die sogenannte Alterung des Stahles, das Sprödewerden beim ruhigen Lagern nach einer kleinen Reckung weder chemisch noch metallographisch im Werkstoff irgendwie kenntlich wird.

[2]) Daeves, Großzahlforschung, Fachausschußberichte des Vereins deutscher Eisenhüttenleute, Werkstoffausschußbericht Nr. 43. Vergl. Z. Bd. 67 (1923) S. 643, Bd. 69 (1925) S. 1542.
[3]) E. H. Schulz, Über die Organisation der Materialprüfung bei Verbrauchern, „Maschinenbau" Bd. 6 (1927) S. 812.

Auch die Aufklärung der Beanstandungen wirkt sich aus als Niederschlag von Erfahrungen, die von der größten Bedeutung werden können. Hier ist die Festlegung jeder Einzeluntersuchung in Form von Karteien, wie ich es an andrer Stelle eingehender beschrieben habe, ein wertvolles Hilfsmittel[4]). Und ihre Auswertung führt dann auch über zu den selbständigen Forschungsarbeiten der Versuchsanstalten. Was die Versuchsanstalten der deutschen Hüttenwerke auf diesem Gebiet geleistet haben, dafür gibt den besten Aufschluß die Sammlung von Arbeiten, die im Rahmen der Werkstoffausschußberichte des Vereins deutscher Eisenhüttenleute erschienen sind. Von den bislang in dieser Sammlung vorliegenden Arbeiten stammt der überwiegende Teil aus den Versuchsanstalten der Hüttenwerke.

Dabei brachten diese Arbeiten bedeutsame Aufklärungen auf den verschiedensten Gebieten der Stoffkunde von Eisen und Stahl, so die Lösung der Frage nach der Entstehung des Schwarzbruchs, wertvolle Beiträge über den Einfluß des Schmiedens auf Stahl, über den Faserbruch, über den Einfluß verschiedener Legierungsbestandteile auf die Eigenschaften des Stahles. Von sehr großer Bedeutung sind ferner verschiedene Arbeiten über die laboratoriumsmäßige Erfassung des Verschleißwiderstandes von Stahl und letztens, um nur noch ein Gebiet zu erwähnen, liegen eine große Anzahl von Arbeiten insbesondere über feuerfeste Baustoffe vor.

Über die Arbeiten, die die Versuchsanstalten der deutschen Hüttenwerke zur Verbesserung der Arbeitsverfahren der eignen Werke durchführten, dringt naturgemäß das meiste nicht in die Öffentlichkeit. Es sind ja in den selteneren Fällen ganz neue Werkstoffe oder ganz neue Arbeitsverfahren, die ausgebildet werden — meist handelt es sich darum, in zäher, oft langwieriger Arbeit kleine Verbesserungen des erzeugten Werkstoffes einzeln Schritt für Schritt herbeizuführen, Einzelheiten, die in ihrer Gesamtheit große Fortschritte bringen können.

Bereits mehrfach ist die Bedeutung der Versuchsanstalten und ihrer Arbeiten auch für die Technik ganz allgemein gestreift worden. Es ist um so wichtiger, diese Seite hervorzuheben, als diese Wirksamkeit noch vielfach viel zu wenig anerkannt wird. Die Versuchsanstalten können aus naheliegenden Gründen bei weitem nicht alle Erkenntnisse veröffentlichen, die bei ihren Arbeiten gewonnen werden, sie sind ja schließlich Stellen, die zum Vorteil ihres Werkes arbeiten müssen und deren Ergebnisse daher in erster Linie auch diesen zukommen und zwar oft allein zukommen müssen. Daher wird oft die Bedeutung der Versuchsanstalten als wissenschaftlicher Institute zugunsten öffentlich arbeitender Stellen etwas unterschätzt. Der Eingeweihte jedoch weiß, daß — um nur eins herauszugreifen — eine Werkstoffnormung beim Stahl kaum möglich gewesen wäre ohne die tatkräftige Arbeit der Versuchsanstalten und die Auswertung ihrer Erfahrungen. Anerkannt ist ferner, wie vielfach anregend die Arbeiten der Versuchsanstalten der Eisenhüttenwerke auf die Fortentwicklung der feuerfesten Baustoffe gewirkt haben.

Die vor kurzem stattgefundene Jahresversammlung des Reichsverbandes der deutschen Industrie in Frankfurt stand im Zeichen des Themas „Qualitätsarbeit", deren Bedeutung gerade für Deutschland dort nachdrücklich und überzeugend dargetan wurde. Wenn man die Tätigkeit der Versuchsanstalten der deutschen Hüttenwerke zusammenfassend betrachtet, ihre Wirksamkeit als Stellen einmal der Überwachung der Arbeitsvorgänge, zum andern der Durchführung von klärenden und fördernden gutachtlichen und forschenden Arbeiten, so darf man wohl aussprechen, daß im Ringen um Qualität die Versuchsanstalten mit an erster Stelle stehen. Es ist zu hoffen, daß die deutsche Eisenindustrie wie bisher so auch in Zukunft ihren Anstalten die Entwicklungsmöglichkeit gibt, die sie weiter hineinwachsen läßt in diese Aufgabe, deren Erfüllung ja in erster Linie der Eisenindustrie wieder zugute kommt.

Und weitere Kreise der Technik werden sich ein vollkommeneres Bild von Wesen, Art und Tätigkeit dieser Institute machen können, wenn auf der Werkstofftagung in Berlin eine großangelegte Versuchsanstalt in vollem Wirken zur Darstellung gelangt — eine Versuchsanstalt, die in angestrengter Zusammenarbeit der Leiter und Mitarbeiter eben dieser Arbeitstätten der Eisenindustrie organisiert und aufgebaut worden ist. [B 841]

[4]) E. H. Schulz a. a. O

Festigkeit und Gefügeaufbau des Gußeisens

In den letzten Jahren sind in grundlegenden Arbeiten die Bedingungen und Ursachen, die die Festigkeitseigenschaften des Gußeisens beeinflussen, eingehend erforscht worden. P. Bardenheuer[1]) gibt eine zusammenfassende Darstellung der bisherigen Untersuchungsergebnisse und kommt auf Grund eigener Versuche zu dem Schlusse, daß die Festigkeitseigenschaften des Gußeisens vorwiegend durch die Form und Verteilung des Graphits beeinflußt werden, und zwar viel stärker als durch das Gefüge der metallischen Grundmasse. G. Neumann[2]) findet durch seine Versuche diese Annahme vollauf bestätigt. Gußeiserne Bremsbacken für Kraftwagen waren zu weich angeliefert worden; es wurde versucht, durch eine Ölhärtung bei 850° und ein Anlassen bei 600 bis 650° den Werkstoff zu vergüten und ihm eine größere Härte zu verleihen, was auch in einwandfreier Weise gelang.

Im Anschluß hieran untersuchte man eingehend fünf aus derselben Schmelze stammende Probestäbe, um den Zusammenhang zwischen Gefügeaufbau, Härte und Festigkeit nachzuprüfen. Man hatte also ein Gußeisen, dessen Graphit nach Gehalt und Ausbildungsform gegeben war, durch weitere Wärmebehandlung, wie Härten und Anlassen, konnte folglich an der Graphitbildung nichts mehr geändert werden, sondern es wurde lediglich die Grundmasse dadurch beeinflußt. Die Stäbe wurden auf 850° erhitzt, dann in Öl abgeschreckt und darauf bei einer nicht angegebenen Temperatur soweit angelassen, daß Brinellhärten von 231 bis 266 erreicht wurden. Ein Stab wurde in einer Aschenpackung dreimal auf 900° erhitzt und langsam erkalten gelassen, um möglichst eine ferritische Grundmasse zu erreichen. Die Brinellhärte war in diesem Fall auf 179 gesunken. Die Zerreißfestigkeitswerte schwankten in allen Fällen nur zwischen 18,0 und 21,7 kg/mm^2.

Es geht daraus hervor, daß sowohl eine Härtung wie ein Weichglühen der Grundmasse gegebener gleichartiger Gußstücke in einem Ansteigen oder Abfallen der Brinellhärte zum Ausdruck kommt, daß aber, da die Form der Graphitausbildung hierdurch nicht berührt wird, die Zerreißfestigkeitswerte nur unwesentlich schwanken. Ein möglichst geringer Graphitgehalt in möglichst feinblättriger Anordnung ist also für ein Gußeisen hoher Festigkeit zu erstreben, erst in zweiter Linie sind die Eigenschaften der Grundmasse von Bedeutung. [N 894]

Berlin Dipl.-Ing. M. H. Kraemer

[1]) „Stahl und Eisen" Bd. 47 (1927) S. 857; Z. Bd. 71 (1927) S. 683
[2]) „Stahl und Eisen" Bd. 47 (1927) S. 1606/09.

Das Verhalten von Stahl bei tiefen und hohen Temperaturen

Von Dr.-Ing. Anton Pomp, Düsseldorf

Einfluß des Faktors Zeit bei der Prüfung der mechanischen Eigenschaften des Stahles bei von Raumtemperatur abweichenden Wärmegraden. Abgekürztes Prüfverfahren zur Ermittlung der Dauerstandfestigkeit. Kugelfallhärte von gehärtetem Werkzeugstahl bei erhöhten Temperaturen. Kerbzähigkeit bei tiefen und hohen Temperaturen. Verhalten von Transformatorenеisen in der Wärme.

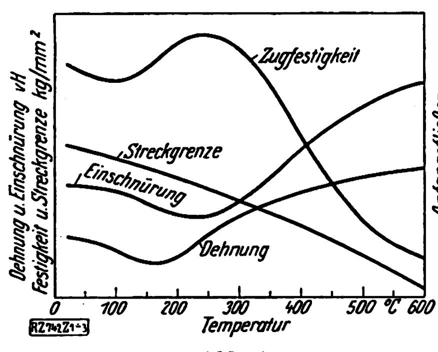


Abb. 1
Festigkeitseigenschaften weichen Stahles in Abhängigkeit von der Temperatur (schematisch)

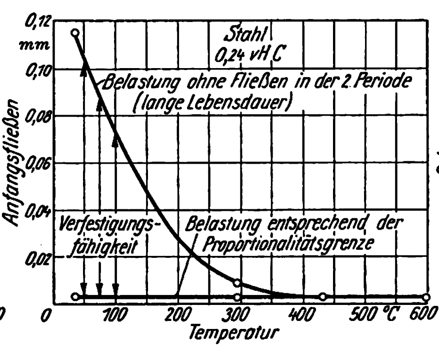


Abb. 2
Anfangsfließen in Abhängigkeit von der Temperatur (French und Tucker)

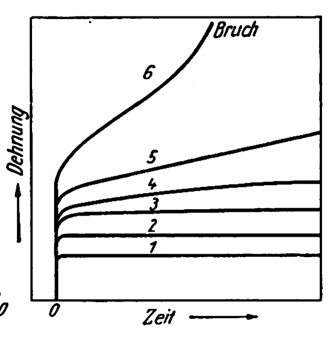


Abb. 3
Dehnung-Zeit-Schaulinien für verschiedene Belastungsstufen (schematisch)

Die Kenntnis der Eigenschaften eines Werkstoffes bei Raumtemperatur reicht zur Beurteilung seiner Brauchbarkeit im praktischen Betriebe vielfach nicht aus. Zahlreiche Konstruktionsteile müssen bei Wärmegraden arbeiten, die teils oberhalb, teils unterhalb Raumtemperatur liegen. Mit der Fortentwicklung des Maschinenbaues sind die Temperaturen, denen die Baustoffe ausgesetzt sind, ständig gewachsen und damit die Anforderungen, die an die Werkstoffe, vor allem in der Wärme, gestellt werden. Als von besonderer Bedeutung sind in diesem Zusammenhang der Bau von Hoch- und Höchstdruckkesseln, die Ausgestaltung der Heißdampf- und Gasmaschinen und -turbinen zu nennen. Ferner sind starken mechanischen Beanspruchungen bei noch höheren Temperaturen zuweilen Druckgefäße für die chemische Industrie ausgesetzt. Andre Konstruktionsteile arbeiten vornehmlich bei tiefen Temperaturen. Es sei nur an Teile von Kältemaschinen erinnert, ferner an solche Maschinenteile und Werkzeuge, die ungeschützt bei strenger Winterkälte starken mechanischen Beanspruchungen, darunter auch den besonders gefährlichen Stoß- und Schlagwirkungen Widerstand leisten müssen.

Günstige Eigenschaften der Werkstoffe bei Raumtemperatur bieten keineswegs eine Gewähr für ihre Eignung für Werkstücke, die bei höherer oder niedrigerer Temperatur arbeiten sollen. Die allgemein bekannte Erfahrung, daß sich Achs- und Schienenbrüche in der kalten Jahreszeit häufen, die vielfach gemachte Beobachtung, daß schwere Zugketten, z. B. Schiffsankerketten, Förderketten der Braunkohlen-Tagebaue, nach langen Zeiten einwandfreien Laufes, bei strenger Kälte plötzlich zu Bruch gehen, sind mit ihren folgenschweren Störungen Belege dafür. Hieraus erhellt die Wichtigkeit einer gründlichen Erforschung der Eigenschaften des Werkstoffes in der Kälte und Wärme für weite Gebiete der Technik.

In Würdigung dieser Umstände hat auch das Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung, Düsseldorf, dem Einfluß der Temperatur auf die mechanischen Eigenschaften der Werkstoffe in den letzten Jahren in starkem Maße seine Aufmerksamkeit geschenkt mit dem Ziele, zuverlässige Unterlagen für die Beurteilung des Verhaltens von Stahl bei Wärmegraden zu schaffen, die von der Raumtemperatur abweichen. Auf die Ergebnisse dieser Untersuchungen wird im folgenden in erster Linie Bezug genommen.

Das Bedürfnis nach einer Erforschung des Temperatureinflusses auf die mechanischen Eigenschaften des Werkstoffes hat man zunächst dadurch befriedigen zu können geglaubt, daß man die bei Raumtemperatur übliche Ausführung des Zugversuches unverändert für die Bestimmung bei höherer Temperatur übernahm. Dieser Weg ist aber nur so lange einwandfrei, wie die Art der Versuchsausführung, insbesondere die Geschwindigkeit seiner Durchführung, als bedeutungslos für das Ergebnis gelten darf, was für Stahl bei der Prüfung bei Raumtemperatur bis zu einem gewissen Grade der Fall ist. Nachdem aber erkannt worden ist, daß verhältnismäßig geringfügige Änderungen der Versuchsgeschwindigkeit bei höherer Prüftemperatur wesentlichen Einfluß auf die erreichten Werte ausüben, können die im normalen Warmzerreißversuch gewonnenen Festigkeitswerte dem Ingenieur nicht als Berechnungsgrundlage für seine Konstruktion dienen. Es ergab sich so als leitender Gesichtspunkt die Notwendigkeit, den Faktor Zeit bei der Prüfung der mechanischen Eigenschaften des Stahles bei Wärmegraden, die von der Raumtemperatur abweichen, zu berücksichtigen.

Die Aufgabe gliedert sich je nach der Art der Beanspruchung, die für das Werkstück im praktischen Betriebe zu erwarten ist, nach verschiedener Richtung. Als kennzeichnender Unterschied in dieser Beziehung ist die Forderung zu nennen, daß auf der einen Seite der Werkstoff einer verhältnismäßig kurzen, unter Umständen schlagartigen, Beanspruchung gewachsen sein muß, oder daß er auf der andern Seite auch einer langdauernden Belastung standzuhalten in der Lage sein soll.

Statische Beanspruchungen

Bei der überwiegenden Mehrzahl der Metalle, z. B. beim Kupfer, ist auf Grund von normalen Warmzerreißversuchen erkannt worden, daß Streckgrenze und Zugfestigkeit, in entsprechender Weise auch die Elastizitätsgrenze mit steigender Prüftemperatur auf niedrigere Werte sinken.

Stahl, besonders in den weicheren Sorten, nimmt hinsichtlich der Temperaturabhängigkeit der im Zerreißversuch gewonnenen Eigenschaftswerte eine Ausnahmestellung ein. Abb. 1 gibt ein Bild dieser Verhältnisse. Die Streckgrenze sinkt unter Verschwinden des Lastabfalles an der oberen Streckgrenze durchaus normal mit steigender Prüftemperatur zu niedrigeren Werten. Dagegen zeigt die Zugfestigkeit zunächst nur einen schwachen Abfall, beginnt aber bei Temperaturen, die je nach dem Kohlenstoffgehalt zwischen + 50 und 200° schwanken, zu einem Höchstwert im Temperaturgebiet zwischen 200 und 350° wieder anzusteigen; erst bei weiter steigender Versuchstemperatur fällt die Kurve in entsprechender Weise wie bei den übrigen Metallen.

Die Schaulinien der Dehnung und der Einschnürung nehmen einen nahezu umgekehrten Verlauf; dem Höchstwert der Zugfestigkeit entspricht bei fast gleicher Temperatur ein Mindestwert der Einschnürung, ein solcher der Dehnung bei in der Regel etwas niedriger gelegener Temperatur. Diese Abnahme der Dehnung und Einschnürung im Gebiete der sogenannten Blauwärme hat man lange Zeit als Kennzeichen einer verminderten Formänderungsfähigkeit, oder einer ausgesprochenen Sprödigkeit, Blaubrüchigkeit, des Stahles in diesem Temperaturgebiet angesprochen; auf diesen Punkt werde ich noch in anderem Zusammenhang näher eingehen.

Eingehende Untersuchungen aus den letzten Jahren haben nun mit aller Klarheit den Nachweis erbracht, daß bei höheren Temperaturen, bei Stahl etwa oberhalb 300°, bereits bei Belastungen erheblich unterhalb der als Beginn beträchtlicher bleibender Formänderung bestimmten Fließgrenze bei genügend langer Dauer eine sehr starke Formänderung, ja sogar der Bruch des Probestabes eintreten kann. Aus dieser Erkenntnis haben sich eine Reihe von planmäßigen Untersuchungen zur Ermittlung der Grenzbelastung für die verschiedenen Temperaturen entwickelt, oberhalb deren die Dehnung der Probe nicht mehr zum Stillstand kommt, sondern schließlich bis zum Bruch weiterschreitet. An Stelle der Bezeichnung Kriechgrenze (creep limit) sei für diese Grenzbelastung die Bezeichnung Dauerstandfestigkeit gewählt. Abb. 2 veranschaulicht die gewonnenen Erkenntnisse auf Grund von Versuchen von French und Tucker[1]). Unterhalb der Linie der Proportionalitätsgrenze findet eine bleibende Verformung auch bei langandauernder Belastung überhaupt nicht statt; zwischen dieser Linie und der Kriechgrenze kommt die zunächst einsetzende Formänderung infolge der in dem Werkstoff vor sich gehenden Kaltverfestigung zum Stillstand, während oberhalb dieser Linie die jeweils eintretende Verfestigung infolge der Kristallerholung oder Rekristallisation wieder aufgehoben wird, so daß die Formänderung weiter fortschreiten kann.

Das unterschiedliche Verhalten des Werkstoffes bei Beanspruchung unterhalb oder oberhalb seiner Dauerstandfestigkeit wird durch Abb. 3 veranschaulicht, die die Dehnung des Werkstoffes in Abhängigkeit von der Zeit für eine Reihe von Belastungsstufen bei einer bestimmten Temperatur zur Darstellung bringt. Während bei den geringeren Belastungen die zunächst in beträchtlichem Ausmaß einsetzende Dehnung infolge Kaltverfestigung des Werkstoffes nach mehr oder weniger kurzer Zeit abklingt und schließlich völlig zum Stillstand kommt (Kurve 1 bis 4), geht von einer gewissen Beanspruchung an infolge der alsdann einsetzenden Kristallerholung oder Rekristallisation die eintretende Kaltverfestigung, wenn zum Teil auch sehr langsam, wieder zurück, so daß eine ständig fortschreitende Dehnung (Kurve 5) beobachtet wird, die bei ausreichend langer Zeitdauer zum Bruch führen wird (Kurve 6).

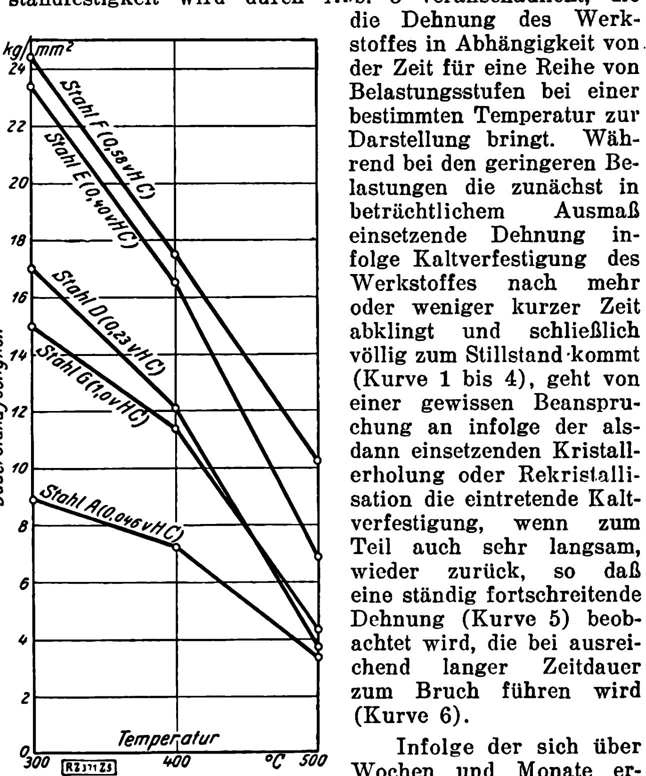


Abb. 4
Dauerstandfestigkeit von geglühten Stählen in der Wärme

Infolge der sich über Wochen und Monate erstreckenden Versuchzeiten bei diesen Dauerversuchen kann diese Arbeitsweise als Prüfverfahren für die laufende Werkstoffprüfung nicht in Frage kommen. Es drängt sich daher mit zwingender Notwendigkeit die Aufgabe auf, ein abgekürztes Verfahren zu entwickeln, das ein Urteil über das Verhalten des Stahles unter Dauerbelastung bei höherer Temperatur vermittelt. Die Bemühungen des Eisenforschungsinstitutes[2]) in dieser Richtung haben zu einem Vorschlag geführt, der im Laufe von ein bis zwei Arbeitstagen zu einer angenäherten Bestimmung der genannten Grenzbelastung für eine Prüftemperatur führt. Dabei muß selbstverständlich auf die genaue Bestimmung der als wahre Dauerstandfestigkeit bezeichneten Grenzbelastung, oberhalb deren die Formänderung nicht mehr zum Stillstand kommt, verzichtet werden; diese ist lediglich im Dauerversuch zu bestimmen.

Die im abgekürzten Verfahren bestimmte Dauerstandfestigkeit ist vielmehr gekennzeichnet durch einen auf Grund von größeren Beobachtungsreihen, allerdings nicht ohne eine gewisse Willkür festgesetzten Grenzwert der Dehnungsgeschwindigkeit des Stahles in einem gewissen Zeitraume nach dem Aufbringen der Belastung — 0,001 vH/h in der 3. bis 6. Stunde. Das Bestimmungsverfahren stellt an Meßgenauigkeit und vor allem Temperaturkonstanz der Probe recht hohe Anforderungen, hat aber befriedigend wiedergebbare Werte ergeben. Abb. 4 zeigt im Temperaturbereich von 300 bis 500° die Ergebnisse für eine Reihe von Kohlenstoffstählen. Der starke Abfall der Dauerstandfestigkeit mit steigender Prüftemperatur in diesem Gebiete tritt mit aller Deutlichkeit hervor, gleichzeitig der starke Anstieg der Werte mit steigendem Kohlenstoffgehalt. Die tiefe Lage der Kurve für den eutektoiden Werkzeugstahl erklärt sich durch dessen abweichende Gefügeausbildung; dieser Stahl lag in weichgeglühtem Zustande mit körniger Ausbildung des Zementits vor, während alle übrigen Proben den Perlit in lamellarer Form enthielten.

Wenn auch den im vorgeschlagenen abgekürzten Prüfverfahren ermittelten Werten der Dauerstandfestigkeit nicht die Bedeutung einer absoluten Berechnungsgrundlage für den Konstrukteur zukommen kann, so steht der damit zu erreichende Fortschritt hinsichtlich der vergleichenden Prüfung der verschiedenen Baustoffe doch außer Zweifel, und ein Vergleich mit der für einen einzigen Werkstoff im Dauerversuch oder im praktischen Betrieb als tatsächlich zulässig erkannten Beanspruchung füllt die genannte Lücke mit großer Vollständigkeit aus. In welchem Verhältnis die so bestimmte Dauerstandfestigkeit zu der bei der betreffenden Temperatur festzustellenden Elastizitätsgrenze steht, ob sie etwa mit genügender Annäherung durch deren Bestimmung zu ersetzen ist, kann erst auf Grund ausgedehnter Versuchsreihen entschieden werden.

Nach den bisher vorliegenden Ergebnissen wird bei 500° die Dauerstandfestigkeit bei Beanspruchungen unterhalb der 0,01 vH-Grenze, bei 300° dagegen meist in der Nähe der Streckgrenze, zum Teil auch beträchtlich oberhalb davon, ermittelt. Bis 300° scheint hiernach die 0,2 vH-Grenze die geeignete Berechnungsgrundlage für Konstruktionsteile aus Stahl, die Dauerbelastungen ausgesetzt sind, darzustellen, während bei 500° weit unterhalb dieser Grenze, auch noch unterhalb der 0,01 vH-Grenze bereits dauernd fortschreitende Formänderungen zu erwarten sind, die unter Umständen zum Bruch führen könnten.

Dynamische Beanspruchungen

Im Gegensatz zu diesen Prüfungen für langandauerde Belastungen ist einer Untersuchungsreihe Beachtung zu schenken, bei der die Prüfung der mechanischen Eigenschaften bei erhöhter Temperatur durch ein sogenanntes dynamisches Verfahren, d. h. mittels einer kurzen schlagartigen Beanspruchung erfolgt. Auch auf diesem Wege macht man sich wenigstens bis zu einem gewissen Grade von dem Einfluß des Zeitfaktors bei der Prüfung frei. Aus den spärlichen älteren Untersuchungen zu dieser Frage ging deutlich hervor, daß das

[1]) Techn. Paper Bur. Standards Nr. 296.

[2]) A. Pomp und A. Dahmen, Mitt. aus dem K.-W.-Inst. für Eisenforschung Bd. 9 (1927) S. 33; vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 1084.



Verhalten des Eisens bei höheren Temperaturen gegenüber statischer, d. h. langsam wirkender und dynamischer Beanspruchung durchaus verschieden ist, so daß eine Übertragung der bei statischer Prüfung festgestellten Eigenschaftsänderungen auf den Fall dynamischer Beanspruchung nicht zulässig ist.

Bereits vor mehreren Jahren ist im Eisenforschungsinstitut eine Prüfung der Härte verschiedener Stahlsorten bis zu Temperaturen von 1000 ° durchgeführt worden[3]). Benutzt wurde das von Wüst und Bardenheuer[4]) entwickelte Verfahren der Fallhärteprüfung, bei dem als Wertmaßstab der Arbeitsaufwand gewählt ist, der beim Aufprall einer belasteten Stahlkugel auf die ebene Oberfläche des Prüfkörpers für die Volumeneinheit des erzeugten Eindruckes nötig ist. Das zur Durchführung dieser Fallhärteprüfungen benutzte Gerät, Abb. 5, ist vom Losenhausenwerk, Düsseldorf-Grafenberg, ausgebildet. Von den Ergebnissen der verschiedenen Versuchsreihen seien nur die in Abb. 6 für die Fallhärte von gehärtetem Schnelldrehstahl im Vergleich zu Werkzeugstahl und Schneidmetall dargestellten hier besprochen. Die chemische Zusammensetzung der untersuchten Werkstoffe enthält Zahlentafel 1.

Wenn auch aus Gründen, die im Bestimmungsverfahren liegen, die über 1000 Einheiten liegenden Härtezahlen ziemlich unsicher sind, so ist aus dem Verlaufe der Kurven doch zu folgern, daß die hochlegierten Schnelldrehstähle auch im Gebiete bis zu 600 ° ständig weicher werden, wenn auch nicht in dem Maße wie der gehärtete Werkzeugstahl WS. Die Härteabnahme des Stellits ist dagegen im ganzen untersuchten Bereiche sehr viel geringer. Aus dem Vergleiche der Kurven ist deutlich zu ersehen, daß der Werkzeugstahl WS für Schnellschneidzwecke, bei denen Temperatursteigerungen an der Meißelschneide bis auf Dunkelrotglut auftreten, dem Schnelldrehstahl weit unterlegen sein muß. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, daß die Härte keineswegs die für die Schneidfähigkeit eines Werkzeuges allein bestimmende Eigenschaft ist. Das folgt ohne weiteres aus der Härtekurve des Stellits; obgleich dieser ausgezeichnete Schneideigenschaften hat, verläuft seine Härtekurve bis 600 ° erheblich tiefer als die der Schnellstähle. Die hohen Werte seiner Härte bei Temperaturen über 700 ° deuten aber darauf hin, daß Werkzeuge aus Stellit bei besonders starken Beanspruchungen solchen aus legiertem Schnelldrehstahl gegenüber eine höhere Schneidleistung erwarten lassen.

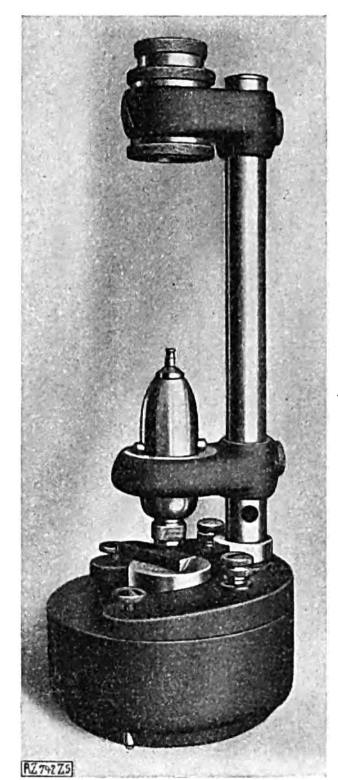


Abb. 5
Fallhärteprüfer nach Wüst-Bardenheuer

Die Prüfart, von der hinsichtlich der Widerstandfähigkeit des Werkstoffes gegen Bruch bei einer plötzlichen Beanspruchung die besten Aufschlüsse zu erwarten sind, ist der Kerbschlagbiegeversuch, bei dem die zum Bruch einer eingekerbten Vierkantprobe bestimmter Abmessungen erforderliche Schlagenergie als Maß der Kerbzähigkeit des Werkstoffes bestimmt wird.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß man vielfach in der im normalen Zerreißversuch festgestellten Verminderung der Formänderungsfähigkeit des Stahles im Gebiet von 200 bis 300 ° die Ursache für die Blaubrüchigkeit des Stahles gesehen hat. Entgegen dieser Auffassung, daß dem Stahl in der Blauwärme eine besondere Sprödigkeit zuzuschreiben sei, haben die Untersuchungen der Kerbzähigkeit bei höheren Temperaturen ergeben, daß dem Stahl in jenem Temperaturbereich im allgemeinen sogar höhere Kerbzähigkeitswerte eigen sind als bei Raumtemperatur. Nähere Untersuchungen haben als das Wesen der als Blaubrüchigkeit gefürchteten Erscheinung die bei einer mechanischen Bearbeitung in diesem Temperaturgebiet infolge der auftretenden schnellen Alterungswirkungen eintretende starke Verminderung der Formänderungsfähigkeit ergeben, die sich bei der nachträglichen Prüfung bei Raumtemperatur in einer starken Steigerung der Sprödigkeit kundtut[5]).

Eine Reihe älterer Untersuchungen über die Temperaturabhängigkeit der Kerbzähigkeit hatten zu wenig übereinstimmenden Ergebnissen geführt. Stets war allerdings festgestellt worden, daß die Kerbzähigkeit bei sehr tiefen Temperaturen durchweg praktisch verschwindend klein ist, daß sie mit steigender Temperatur bald bei höheren, bald bei niedrigeren Wärmegraden einen Höchstwert durchläuft und schließlich wieder stark abfällt; oberhalb 400 bis 500 ° wurde dann stets ein starker Wieder-

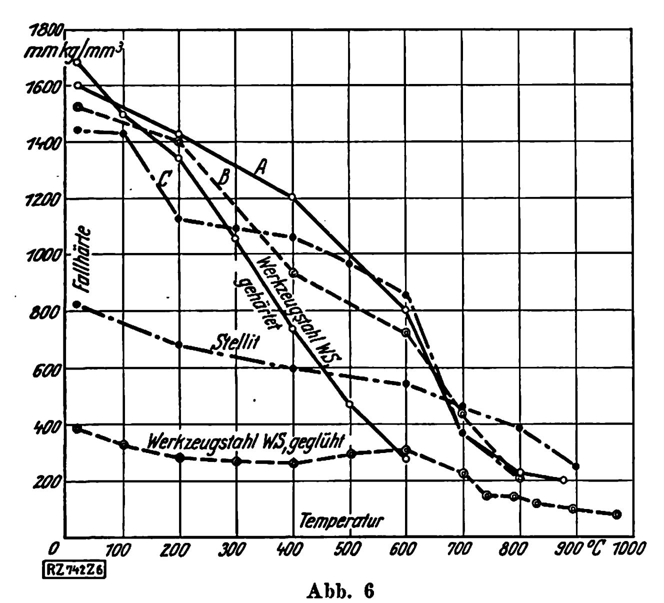


Abb. 6
Fallhärte von gehärtetem Schnelldrehstahl bei höheren Temperaturen (s. a. Zahlentafel 1)

[3]) F. Körber und J. B. Simonsen, Mitt. aus dem K.-W.-Inst. für Eisenforschung Bd. 5 (1924) S. 21.
[4]) Mitt. aus dem K.-W.-Inst. für Eisenforschung Bd. 1 (1920) S. 1.

[5]) F. Körber und A. Pomp, Mitt. aus dem K.-W.-Inst. für Eisenforschung Bd. 2 (1921) S. 59.

Zahlentafel 1
Chemische Zusammensetzung der Werkstoffe, Abb. 6

Werkstoff	C vH	Mn vH	Si vH	P vH	S vH	W vH	Ni vH	Cr vH	V vH	Mo vH	Co vH
Schnellschneidstähle A	0,76	0,23	0,19	0,026	0,043	18,85	—	5,22	0,13	0,55	—
Schnellschneidstähle B	0,74	0,57	0,15	0,022	0,006	11,53	—	3,81	0,19	0,90	—
Schnellschneidstähle C	0,65	0,63	0,34	0,026	0,008	18,27	0,45	4,21	0,46	0,67	3,89
WS	1,06	0,23	0,16	0,003	0,0125	—	—	—	—	—	—
Stellit	1,20	1,52	0,68	—	—	—	—	9,20	—	19,73	55,87



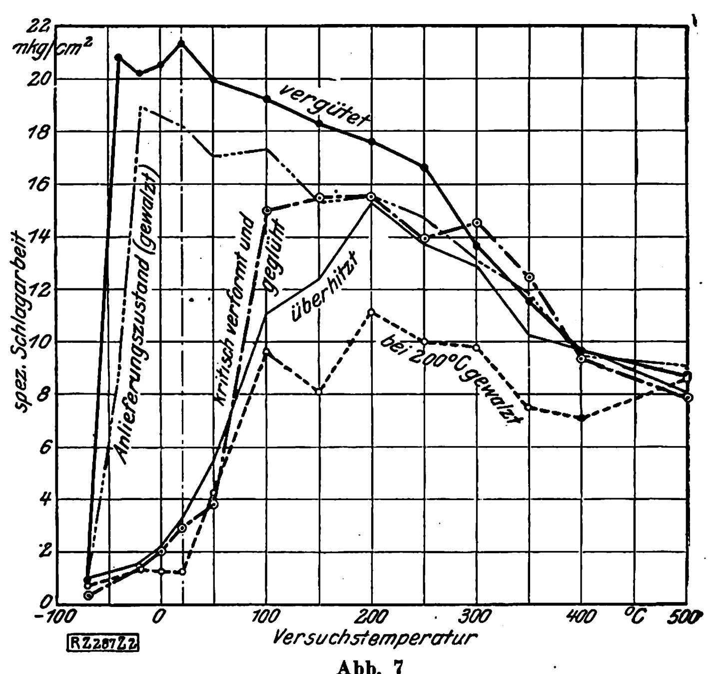


Abb. 7
Kerbzähigkeit von weichem Flußstahl verschiedener Vorbehandlung in Abhängigkeit von der Temperatur

anstieg der Kerbzähigkeitswerte gefunden. Ausgedehnte planmäßige Untersuchungsreihen, die in den letzten Jahren im Eisenforschungsinstitut ausgeführt worden sind[6]), haben wesentliche Aufschlüsse über die noch ungeklärten Punkte gebracht. Über deren Hauptergebnisse sei kurz berichtet und dabei gezeigt, daß sie einige für die Praxis recht beachtenswerte Folgerungen zu ziehen gestatten.

In Abb. 7 sind die Werte der Kerbzähigkeit für einen weichen Flußstahl nach verschiedener Vorbehandlung (gewalzt, vergütet, überhitzt, kritisch verformt und geglüht, in der Blauwärme gewalzt) in Abhängigkeit von der Prüftemperatur zwischen — 70 und + 500° dargestellt. Bei Raumtemperatur hat der Werkstoff im Anlieferungszustand eine recht gute Kerbzähigkeit, die durch die Vergütung eine nicht sehr bedeutsame Steigerung erfahren hat. In den drei andern Zuständen ist der Werkstoff dagegen ausgesprochen kerbspröde; diesen kerbspröden Zustand zu erreichen, war gerade das Ziel der durchgeführten Behandlungen. Mit steigender Temperatur sinkt die Kerbzähigkeit des gewalzten Stahles stetig ab, nach tieferen Temperaturen hin bleibt der bei Raumtemperatur gefundene hohe Wert der Kerbzähigkeit bis — 20° erhalten, ist aber schon bei — 40° auf weniger als die Hälfte herabgesunken, um bei — 70° mit etwa 1 mkg/cm² praktisch verschwunden zu sein. Ganz anders liegen die Verhältnisse bei den absichtlich in spröden Zustand übergeführten Proben.

Die an sich schon geringe Kerbzähigkeit bei Raumtemperatur sinkt zu tieferen Temperaturen hin noch weiter bis zu praktisch verschwindenden Werten ab, wogegen mit steigender Temperatur, schon bei 50°, ein starker Anstieg zu verzeichnen ist; zum Teil wird von etwa 200° ab die Kerbzähigkeit des gewalzten Flußstahles erreicht. Bei diesen Temperaturen kann also von einer Kerbsprödigkeit dieser Proben nicht mehr die Rede sein. Es sei betont, daß die Prüfung der auf diese mäßigen Temperaturen erwärmten und wieder erkalteten Proben bei Raumtemperaturen unverändert die niedrigen Kerbzähigkeitswerte ergibt. Die Kurve für die vergüteten Proben verläuft bei steigenden Temperaturen durchaus entsprechend der für den angelieferten Zustand; nach tieferen Temperaturen hin tritt aber der Zähigkeitsabfall erst unterhalb — 40° ein.

Von den praktischen Schlußfolgerungen, die sich aus den gewonnenen Erkenntnissen ziehen lassen, seien einige kurz angeführt:

Bei der Prüfung der Kerbzähigkeit ist auf das Einhalten einer bestimmten Versuchstemperatur besonderer Wert zu legen. Geringe Unterschiede der Prüftemperatur können bei einem Werkstoff, dessen Kerbzähigkeit-Temperatur-Schaulinie in der Nähe der Raumtemperatur einen starken Anstieg zeigt, weit voneinander abweichende Kerbzähigkeitswerte ergeben. Eine Kennzeichnung der Zähigkeit des Werkstoffes ist im Grunde nur durch die Festlegung der Kerbzähigkeit-Temperatur-Schaulinie, insbesondere der Temperatur des Steilanstieges gegeben.

Für Konstruktionsteile, die in der Kälte gegen Stoß und Schlag widerstandfähig bleiben sollen, empfiehlt es sich, alle im Laufe der Fertigung möglichen Verschlechterungen durch ein nachträgliches Glühen oberhalb des obersten Umwandlungspunktes, besser noch durch ein Vergüten wieder aufzuheben. Die Kerbzähigkeit-Temperatur-Schaulinie folgt dann dem Linienzuge für den vergüteten Zustand in Abb. 7, d. h. der Werkstoff weist dann auch noch bei sehr niedrigen Temperaturen einen hohen Widerstand gegen Rißbildung bei stoßweiser Beanspruchung auf.

Als ein Beispiel, bei dem sich diese Erkenntnis besonders günstig ausgewirkt hat, seien elektrisch geschweißte Flußstahl-Förderketten in Braunkohlenbergwerken genannt. Als Ursache ihrer hohen Neigung zum Bruch, besonders in der kalten Jahreszeit, wurde die infolge der Schweißung örtlich eingetretene Überhitzung des Werkstoffes erkannt, die sich in dem groben und zackig ausgebildeten Gefüge, Abb. 8b, im Gegensatz zu dem in Abb. 8a dargestellten feinkörnigen Ausgangsgefüge, ausprägte. Die nachträgliche Vergütung der Kette, wie sie seit etwa zwei Jahren in einem größeren Hüttenwerke nach Vorschlägen des Eisenforschungsinstitutes durchgeführt wird, ergibt eine vollkommene Regenerierung des Werkstoffes, in dessen feinem Gefüge die Schweißnaht in der Regel kaum noch zu erkennen ist, Abb. 8c. Neben der mit dieser Gefügeverbesserung verbundenen Behebung der Kerbempfindlichkeit des Werkstoffes bei Raumtemperatur und erst recht in der Kälte ist auf Grund längerer Betriebserfahrung eine Festigkeitssteigerung der Ketten um rd. 15 vH als weiterer Vorteil zu verzeichnen.

Bei den Konstruktionsteilen, die im Betriebe vorübergehend auf höhere Temperaturen kommen, beobachtet man das Reißen oder Brechen häufig nicht bei diesen Wärmegraden, sondern meist dann, wenn sich die Teile abgekühlt haben. In diesem Falle wird es sich um einen Stahl handeln, der bei Raumtemperatur geringe Kerbzähigkeit hat, bei etwa 200° aber keinen wesentlich niedrigeren Widerstand gegen Schlag- und Stoßbeanspruchung zeigt als ein gesunder Werkstoff. Als Beispiel seien Gießpfannengehänge genannt, bei denen wiederholt ein Bruch beim Befördern der leeren Pfanne beobachtet worden ist, nachdem noch kurz vorher die gefüllte Pfanne anstandslos getragen worden war; die Erklärung liegt darin, daß deren flüssiger Inhalt durch Strahlung das Gehänge auf die Temperatur des Höchstwertes der Kerbzähigkeit erwärmt hatte.

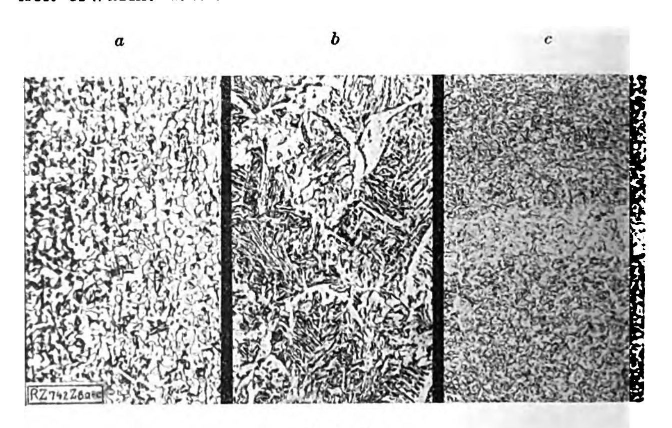


Abb. 8
Gefüge von geschweißtem Flußstahl
a gewalzt *b* beim Schweißen überhitzt
c geschweißt und vergütet

[6]) F. Körber und A. Pomp, Mitt. aus dem K.-W.-Inst. für Eisenforschung Bd. 6 (1925) S. 23.



Eine besondere Bedeutung kommt den Erkenntnissen hinsichtlich des Dampfkesselbaues zu. Bei der im allgemeinen bei 200 ° und höher liegenden Betriebstemperatur tritt eine durch fehlerhafte Behandlung oder Überlastung des Werkstoffes im Betriebe bedingte Sprödigkeit nicht in die Erscheinung. Träte bei solchen bei Raumtemperatur kerbspröden Werkstoffen mit steigender Temperatur keine Erhöhung der Kerbzähigkeit ein, erführen sie vielmehr, wie man früher vielfach auf Grund unzutreffender Vorstellungen über die Blaubrüchigkeit anzunehmen geneigt war, gar eine weitere Abnahme ihrer Zähigkeit, so wären die bei der Verwendung des Flußstahles im Kesselbau auftretenden Gefahrenmomente gar nicht abzuschätzen.

Damit dürfen wir uns aber hinsichtlich der Auswahl der Kesselbaustoffe und ihrer Behandlung bei der Kesselherstellung nicht in eine gewisse Sorglosigkeit einwiegen lassen, und jeder Schritt zur Einschränkung der Möglichkeiten, die Werkstoffeigenschaften zu verschlechtern, bleibt von höchstem Werte. Die kürzlich bekanntgewordene Entwicklung eines Erzeugungsverfahrens für wenig alterungsempfindlichen Flußstahl[7]), mit dem die Gefahren der im Kesselbau kaum zu vermeidenden Kaltformgebung auf ein Mindestmaß eingeschränkt werden, bedeutet somit einen großen Schritt zur weiteren Sicherung des Dampfkesselbetriebes gegen unter Umständen katastrophale Schadenfälle.

Auch bei höher gekohlten Stahlsorten bis zu 1 vH C konnte die Bedeutung des Gefügezustandes infolge unterschiedlicher Warmbehandlung in ganz entsprechender Weise wie bei weichem Flußstahl bestätigt werden[8]). Auf Einzelheiten will ich hier nicht eingehen. Ich möchte nur auf die Versuchsergebnisse, Abb. 9 und 10, hinweisen, aus denen sich die Hochwertigkeit eines mit Nickel und Chrom legierten Baustahles gegenüber einem Kohlenstoffstahl mit ebenfalls 0,23 vH C sowohl im gewalzten und geglühten Anlieferungszustand, Abb. 9, vor allem aber im vergüteten Zustande, Abb. 10, kundtut, indem er noch bei — 80 ° Kerbzähigkeitswerte aufweist, die von unlegiertem Stahl und selbst von einem weichen Flußstahl auch im Zustande der besten Vergütung nicht im entferntesten erreicht wurden. Bei hochbeanspruchten Teilen, die im Winter u. U. Kältegraden von — 50° und mehr ausgesetzt werden, z. B. Flugzeugteilen, wird diese Erkenntnis von Nutzen sein.

Ganz entsprechende Beobachtungen wie beim gewalzten Flußstahl wurden auch bei Stahlgußproben hinsichtlich der Temperaturabhängigkeit der Kerbzähigkeit gemacht[9]); Stahlguß zeigt im Gußzustande bei meist befriedigenden Festigkeitseigenschaften nur ein recht mäßiges Formänderungsvermögen, das in aller Schärfe beim Kerbschlagversuch hervortritt. Die Ursache liegt in dem bekannten grobkristallinen Gußgefüge, Abb. 11. Durch eine geeignete Glühbehandlung, bei der die Umwandlungstemperaturen des betr. Stahles überschritten werden müssen und die nachfolgende Abkühlung nicht zu langsam erfolgen darf, kann man den Gefügezustand derartig verändern, Abb. 12, daß eine wesentliche Verbesserung aller mechanischen Eigenschaften, vornehmlich aber der Kerbzähigkeit eintritt. Demgemäß muß für alle hochbeanspruchten Konstruktions- und Maschinenteile aus Stahlguß heutzutage unbedingt sachrichtige Glühbehandlung gefordert werden; dabei sollte sich eine Steigerung des im Gußzustande häufig zwischen 1 und 2 mkg/cm² liegenden Arbeitsverbrauches beim Kerbschlagversuch auf etwa 5 bis 10 mkg/cm² durchweg erreichen lassen.

Die Ergebnisse der Untersuchung von drei verschiedenen Stahlgußsorten (Bessemer-, Siemens-Martin- und Elektrostahl), die im wesentlichen übereinstimmten, seien durch Abb. 13 veranschaulicht, die die Kurven der Kerbzähigkeit von Siemens-Martin-Stahlguß in Abhängigkeit von der Temperatur darstellt. Zunächst tritt die zähigkeitsteigernde Wirkung einer einwandfreien Glühung deutlich zutage. Im übrigen entspricht das Ergebnis, besonders ausgeprägt für die spröden Zustände des Werkstoffes im gegossenen und nach dem Glühen langsam erkalteten Zustande, durchaus den bei Flußstahl beobachteten Verhältnissen: eine starke Erhöhung

[7]) A. Fry, Kruppsche Monatshefte Bd. 7 (1925) S. 185.
[8]) F. Körber und A. Pomp, Mitt. aus dem K.-W.-Inst. für Eisenforschung Bd. 7 (1925) S. 43.
[9]) F. Körber, „Stahl und Eisen" Bd. 44 (1924) S. 1765; F. Körber und A. Pomp, Mitt. aus dem K.-W.-Inst. für Eisenforschung Bd. 6 (1925) S. 21.

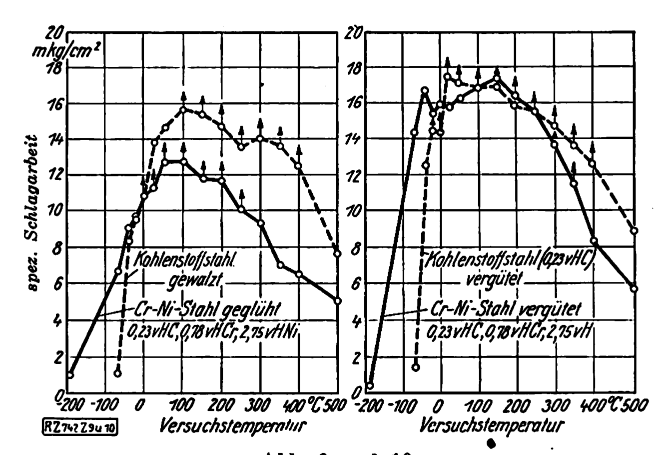


Abb. 9 und 10
Kerbzähigkeit von Chromnickelstahl und Flußstahl in Abhängigkeit von der Temperatur
o—o—o Cr- Ni-Stahl   o— — —o Kohlenstoffstahl

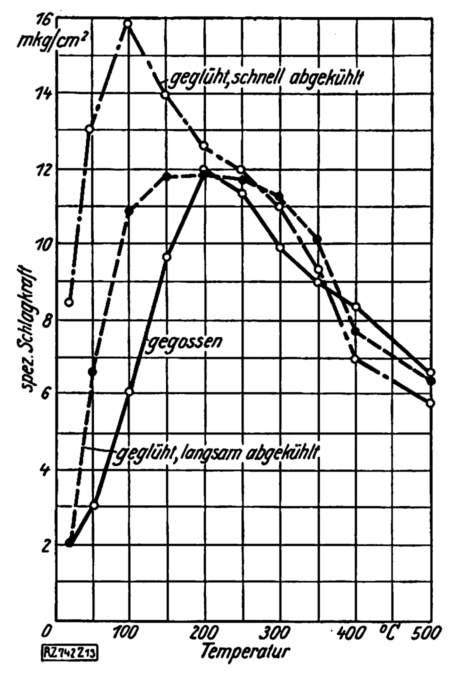


Abb. 13
Kerbzähigkeit von Siemens-Martin-Stahlguß in Abhängigkeit von der Temperatur

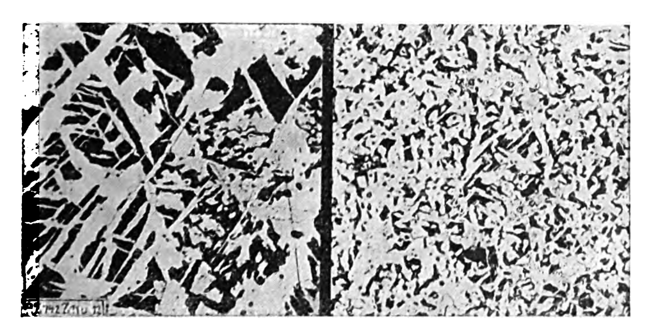


Abb. 11 Ungeglüht   **Abb. 12** Geglüht
Abb. 11 und 12
Gefüge von Stahlguß; Vergr. 100

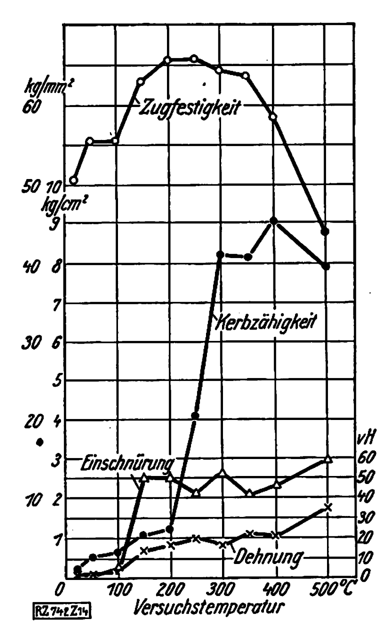


Abb. 14
Festigkeitseigenschaften von Siliziumstahl (4 vH Si) in Abhängigkeit von der Temperatur

der Kerbzähigkeit mit einem Höchstwert zwischen 100 und 300°. Mit der Verbesserung des Gefügezustandes des Stahlgusses durch die vorgenommene Glühbehandlung, Abb. 12, verschieben sich die Höchstwerte nach tiefer liegenden Temperaturen.

Als praktisch wichtige Folgerung ergibt sich aus dieser Untersuchungsreihe, daß der bei Raumtemperatur spröde Stahlguß mit steigender Temperatur eine ganz beträchtliche Steigerung des zum Zerschlagen einer eingekerbten Probe erforderlichen Arbeitsbetrages aufweist.

Bei der Erklärung mancher Betriebsvorkommnisse werden diese Feststellungen neue Gesichtspunkte ergeben können. Es sei hier auf den Fall der Brüche von Stahlgußwalzen hingewiesen, die erfahrungsgemäß vornehmlich nach einem längeren Stillstand eintreten, der eine weitgehende Abkühlung der Walzen mit sich bringt. Zur Deutung der Walzenbrüche hat man in erster Linie Wärmespannungen herangezogen, die durch ungleichmäßige Erwärmung der Walzen im Betriebe hervorgerufen werden. Bei Wiederinbetriebnahme weitgehend abgekühlter Walzen können diese naturgemäß besonders starke Beträge erreichen. Hier spielt aber vielleicht in stärkerem Maße, als bisher beachtet, die Temperaturabhängigkeit der Kerbzähigkeit des Walzenwerkstoffes eine Rolle. Durch den häufigen Wechsel der Temperaturen der Walze und die dadurch bedingten Wärmespannungen treten mit der Zeit in jeder Walze kleine Anbrüche und Haarrisse ein. Solange sich die Walze durch länger andauerndes Walzen oder durch sorgsames gleichmäßiges Anwärmen vor der Wiederinbetriebnahme auf erhöhter Temperatur befindet, wirkt die hohe Kerbzähigkeit der Ausbreitung dieser Risse und Anbrüche entgegen, während nach Abkühlung auf Raumtemperatur infolge der damit eintretenden stärkeren Sprödigkeit des Werkstoffes erhöhte Bruchgefahr besteht.

Schließlich sei noch eine Untersuchungsreihe angeführt, aus der sich bemerkenswerte Folgerungen für die praktische Weiterverarbeitung eines Sonderwerkstoffes ableiten lassen[10]). Siliziumstahl mit etwa 4 vH Si, den man für Transformatorenbleche wegen seiner geringen Wirbelstrom- und Hystereseverluste viel verwendet, ist bei Raumtemperatur so spröde, daß eine Kaltverformung, z. B. ein Kaltwalzen oder Kaltziehen, unmöglich ist. Die Temperaturabhängigkeit der mechanischen Eigenschaften dieses Werkstoffes bis zu 500° veranschaulicht Abb. 14. Dehnung und Einschnürung, besonders ausgeprägt aber die Kerbzähigkeit, nehmen mit steigender Temperatur rasch zu; die dadurch angezeigte Steigerung des Verformungsvermögens des bei Raumtemperatur so spröden Werkstoffes lehrt, daß eine nur verhältnismäßig geringe Erhöhung der Arbeitstemperatur auf etwa 250° eine ebenso leichte Verformung ohne jede Rißbildung ermöglicht, wie bei weichem Flußstahl bei Raumtemperatur. Die Bedeutung dieses Verfahrens, das gestattet, derartig hochsilizierte Eisenlegierungen in Form von dünnen Bändern, z. B. für Telephonmembrane, oder von dünnen Drähten für Krarupkabel, Pupinspulen, Widerstände und dergleichen herzustellen, liegt auf der Hand.

Zusammenfassung

Das Verhalten des Stahles bei erhöhten Temperaturen wird gegenüber langdauernden Belastungen geschildert und ein abgekürztes Verfahren zur Bestimmung der Dauerstandfestigkeit beschrieben. Weiterhin werden Fallhärteuntersuchungen bei erhöhten Temperaturen sowie Kerbzähigkeituntersuchungen bei tiefen und hohen Wärmegraden angeführt. Endlich wird auf die Steigerung des Verformungsvermögens von Transformatoreneisen bei Erwärmung auf 50 bis 250° und auf die dadurch gegebene Möglichkeit einer Verarbeitung dieses Werkstoffes bei geringer Erwärmung hingewiesen. [B 742]

[10]) A. Pomp, Mitt. aus dem K.-W.-Inst. für Eisenforschung Bd. 7 (1925) S. 105.

Verhalten von Flußstahl bei Dauerbeanspruchung unter 300°

Zur Prüfung von Kesselblechen haben Rosenhain und Hanson[1]) Dauerversuche bei erhöhter Temperatur vorgenommen, um die Bedingungen des Dampfkesselbetriebes möglichst getreu nachzuahmen. Benutzt wurden Blechstreifen aus Flußeisen von der Zusammensetzung: 0,11 vH C, Si in Spuren, 0,39 vH Mn, 0,05 vH P, 0,75 vH S. (Dies ist ein gewöhnliches weiches Flußeisen, aber mit einem auffallend hohen Schwefelgehalt.)

Eine ganze Reihe dieser Versuchstücke, deren Bruchlast bekannt war, wurde in einem elektrischen Ofen bei einer Temperatur von 300° einer Zugbeanspruchung ausgesetzt von ⅓, ½ und ⅔ der Bruchlast. Die Dauer des Versuches betrug fünf Jahre und drei Monate. Um weiterhin einen etwaigen Einfluß des Kleingefüges festzustellen, wurden die Proben in vier Gruppen vor dem Versuch verschiedenen Behandlungen unterworfen. Die erste Gruppe erhitzte man auf 900° und ließ sie sehr langsam abkühlen; das Schliffbild zeigte Ferritkörner, umgeben mit Korngrenzenzementit. Die zweite Gruppe wurde bei 900° normalisiert und zeigte gewöhnliches ferritisch-perlitisches Gefüge. Die dritte Gruppe erhitzte man nach Kaltbearbeitung vier Tage lang auf 650°; innerhalb der vergrößerten Ferritkörner hatte sich der Zementit in Form kleiner Kügelchen ausgeschieden. Die vierte Gruppe wurde nur kaltbearbeitet und zeigte ein in die Länge gezogenes Ferritkorn mit in Kugelform ausgeschiedenem Zementit. Eigentümlicherweise wurde eine Probe mit Zinn überzogen, um zu prüfen, ob dieser Überzug, der bei der Versuchstemperatur flüssig ist, einen Einfluß ausübt.

Bei der langen Versuchsdauer ist keine einzige Probe gebrochen, und nur in einem Falle war eine merkliche bleibende Dehnung des Werkstoffes eingetreten. Die Oxydation der Oberfläche der Proben war nur gering. Eine Prüfung der Brinellhärten ergab in allen Fällen eine für die nur ganz geringe Verformung auffallende Härtesteigerung. Ohne Zweifel ist dadurch der Werkstoff widerstandfähiger gegen die Dauerbelastung geworden. Die Schliffbilder nach dem Versuch zeigten gegenüber den vorherigen Aufnahmen ein unverändertes Gefüge. Der günstige Erfolg des Dauerversuches erstreckt sich auf vollkommen glatte Blechstreifen, ein anderes Ergebnis ist zu erwarten von den im Gange befindlichen Versuchen mit gekerbten Probestreifen. [N 900]

Berlin Dipl.-Ing. M. H. Kraemer

[1]) „Iron and Coal Trades Review" Bd. 115 (1927) S. 442.



Neue Ergebnisse der Edelstahlforschung

Von Dr. Ing. W. Oertel, Willich[1])

Stand der Normung der Edelstähle in Amerika und Deutschland — Werkstoffprüfung — Vergütung von Baustahl — Werkzeugstähle — Werkstoffe für Gesenke — Leistungen von Schnellarbeitsstählen in Abhängigkeit von der Härtetemperatur und Anlaßtemperatur — Zukünftige Aufgaben

Hierzu Textblatt 13 und 14

Unter den Forschungsergebnissen auf dem Edelstahlgebiet ist legierungstechnisch über den Baustahl wenig Neues ausgearbeitet worden. Um so eingehender hat man sich im Jahre 1926 mit der Normung der Nickel- und Chrom-Nickel-Stähle befaßt. Das Ausland ist hier schrittmachend vorangegangen.

In Amerika gelten heute allgemein die Normen der Society of Automotive Engineers, in England die Normen der British Engineering Standards Association. Die Normen umfassen fast das gesamte Gebiet der Stähle für Kraftwagen und beschreiben ihre Zusammensetzung, Behandlung und Verwendung in allen Einzelheiten. Die amerikanischen Normen erscheinen in der Form eines Handbuches[1a]), das von der Society of Automotive Engineers herausgegeben wird und neben den Normen von Stählen für Kraftwagen auch Normen der Nichteisenmetalle und Legierungen, sowie aller Arten von Zubehörteilen enthält. Die Normenblätter sind nach Stahlsorten geordnet. Die britischen Normen, herausgegeben von der British Engineering Standards Association, erscheinen in einzelnen Heften. Sie umfassen neben den allgemeinen Stählen für Kraftwagen auch Normen von Sonderstählen sowie gewisse Maschinenteile.

In Deutschland sind vorläufig sechs Stähle genormt. Sie sind auf einem Normenblatt zusammengestellt[1b]). Nebenher sind für alle Stähle sogenannte Erläuterungsblätter angefertigt, auf denen die zweckmäßigste Wärmebehandlung beim Schmieden, Vergüten und Einsetzen und in einem besonderen Beispiel die Abhängigkeit der physikalischen Eigenschaften von der Wärmebehandlung angegeben sind. Beachtenswert ist, daß die genormten Stähle der Society of Automotive Engineers nur auf Grund ihrer chemischen Zusammensetzung eingekauft werden sollen, während für die deutschen Stähle neben der chemischen Zusammensetzung auch bestimmte Spannen der physikalischen Eigenschaften festgesetzt sind. Eine Bemerkung sagt ausdrücklich, daß geringe Abweichungen der chemischen Zusammensetzung kein Grund zu einer Beanstandung sind, wenn die physikalischen Werte genügen. Wir haben es also hier mit einer weitgehenden Gütenormung zu tun.

Hinsichtlich des Aufbaues der Vorschriften zur Werkstoffprüfung ist den deutschen Normen sicherlich der Vorzug zu geben. Sie enthalten neben den Angaben über Probenahme und Probebemessung auch Hinweise über die zweckmäßige Benutzung der Prüfmaschinen. Bemerkenswert ist, daß die Abmessungen der Probestäbe zum Zugversuch in allen drei Ländern verschieden sind: Deutschland $l = 10$ und $5\,d$, Amerika $l = 4\,d$, England $l = 3{,}5\,d$. Bei der Beurteilung der Dehnung ist diesem Unterschied Rechnung zu tragen.

Eine Ergänzung der Prüfvorschriften der deutschen Normenblätter könnte heute schon dahingehend vorgenommen werden, daß Richtlinien zur Prüfung der Oberflächenhärte eingesetzter Stücke gegeben werden. Bei der Prüfung der Oberflächenhärte zementierter Stähle war man bisher fast ausschließlich auf die Feile angewiesen. Ein Arbeitsausschuß des Werkstoffausschusses des Vereins deutscher Eisenhüttenleute hat nunmehr die gebräuchlichen Härteprüfverfahren hinsichtlich ihrer Eignung zur Prüfung der Oberflächenhärte untersucht[2]). Das Ergebnis dieser gemeinsamen Untersuchung kann etwa folgendermaßen zusammengefaßt werden: Die Prüfung der Oberflächenhärte zementierter Stücke ist mittels bestehender Prüfverfahren durchaus möglich, wenn der Forderung nach einer bestimmten Einsatztiefe und dem Vorhandensein einer eutektoiden Randzone Rechnung getragen wird.

Der Kugeldruckversuch nach Brinell 5/750 und 2,5/187,5 ist von einer Gesamteinsatztiefe von mehr als 1,0 mm an brauchbar. Dabei muß auf die verhältnismäßig große Streuung, die bei der Prüfung mit der normalen Kugel bei Härten von mehr als 560 Brinelleinheiten eintritt, Rücksicht genommen werden. Die Härteprüfung mit der 10-mm-Kugel unter einer Prüflast von 3000 kg ist nicht anwendbar, da die Kugel sich durch die Einsatzschicht durchdrückt.

Die Prüfung mit dem Shore-Härteprüfer ist von 0,8 mm Gesamteinsatztiefe an durchführbar. Sie ist wegen der Ungleichmäßigkeit der Geräte und der notwendigen Probendicke von etwa 40 mm jedoch nur bedingt anwendbar.

Die Ritzhärteprüfung nach Martens ergibt von einer Gesamteinsatztiefe von 0,5 mm an vergleichbare Werte. Die Umständlichkeit der Prüfung beschränkt ihre Verwendung jedoch auf die Laboratorien.

Das Gleiche gilt für den Pendelhärteprüfer nach Herbert.

Als sehr brauchbar erwies sich der Rockwellprüfer. Die Streuung der mit dem Diamantkegel ermittelten Härtezahl war sehr gering, zudem ist die Durchführung der Prüfung einfach, schnell und sicher, so daß der Rockwellprüfer auch im Betriebe mit Erfolg verwendbar ist. Die Prüflast beim Rockwellprüfer beträgt 150 kg. Die Diamantspitze dringt nur 0,06 bis 0,08 mm in den Prüfkörper ein. Die Tiefe ist also so gering, daß dieses Verfahren unbedenklich bei eingesetzten Stücken angewandt werden kann. Die Streuung der Werte ist sehr gering und beträgt nicht mehr als etwa 3 vH. Die Anwendbarkeit der Rockwell-Härteprüfung von 1 mm Gesamteinsatztiefe an kann als ausreichend bezeichnet werden. Eine niedrigere Grenze anzugeben, scheint nicht ratsam, da erst bei rd. 1 mm Gesamteinsatztiefe mit Sicherheit auf das Vorhandensein einer genügend tiefen eutektoiden Randzone zu schließen ist.

Bei dem Bestreben nach Verbilligung der Herstellung sind heute nicht nur legierte, sondern auch viele einfache Kohlenstoffstähle im Gebrauch. Es ist daher vorgeschlagen worden, neben den Normen der Chrom-Nickel-Stähle auch solche der unlegierten zu schaffen. Man hat zunächst Stähle nach DIN 1661, und zwar St C 35.61, 45.61 für Vergütung und 10.61 als Einsatzstahl vorgesehen. Um auch höheren Ansprüchen zu genügen, wurden die Stähle mit einem höheren Reinheitsgrad als die Stähle nach DIN 1661 hergestellt.

In letzter Zeit ist vielfach dem Gebrauch unlegierter Mangan- und Mangan-Silizium-Stähle das Wort geredet worden. Dabei wurde darauf hingewiesen, daß Amerika in erster Linie solche unlegierte Stähle benutze. Zunächst ist dazu zu sagen, daß heute in Amerika außer Ford, alle Fabriken, in denen man Kraftwagen herstellt, wieder in weitem Maße Chrom-Nickel-Stähle verwenden. Die üblichen Festigkeitswerte sollten auch allein nicht maßgebend für die Beurteilung eines Stahles sein. Es gibt eine Anzahl Eigenschaften, die sich heute der genauen zahlenmäßigen Beurteilung noch entziehen, ich denke an den Widerstand gegen Abnutzung, die dynamischen Eigenschaften, z. B. Ermüdungsfestigkeit. Anzunehmen ist, daß solche Eigenschaften bei Chrom-Nickel-Stahl besser sind als bei unlegiertem Werkstoff. Jedenfalls werden wir heute beim Bau von hochwertigen Wagen ohne den Chrom-Nickel-Stahl nicht auskommen. Selbstverständlich wird man auch den unlegierten Stahl an weniger beanspruchten Stellen verwenden können, wenn er in erstklas-

[1]) Vorgetragen im Österr. V. d. I., Wien, 9. Mai 1927.

[1a]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 1212.

[1b]) Ausführlicher Bericht über den Stand der Normung im In- und Auslande: Eilender und Oertel R.D.A. Heft 10 vom 15. Dezember 1926

[2]) Vergl. Werkstoffausschußbericht V. d. Eisenhüttenleute Nr. 97.

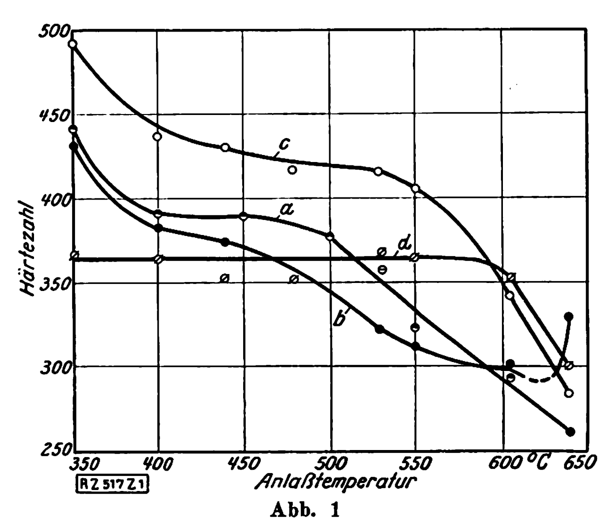


Abb. 1
Härte einiger Baustähle in Abhängigkeit von der Anlaßtemperatur, Anlaßdauer 20 min
a Molybdänstahl *b* Nickelstahl *c* Chrom-Vanadinstahl *d* Molybdän-Vanadinstahl

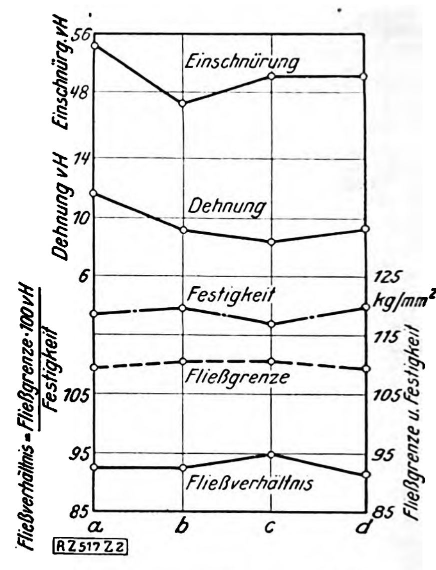


Abb. 2
Gütewerte einiger Baustähle von 115 bis 125 kg/mm² Festigkeit
a Molybdänstahl
b Nickelstahl
c Chrom-Vanadinstahl
d Molybdän-Vanadinstahl

siger Güte geboten wird. Mit Rücksicht darauf ist eben vorgeschlagen worden, neben den Chrom-Nickel-Normenstählen auch einige unlegierte Stähle in die Normen mit aufzunehmen.

Die Amerikaner haben neuerdings auch einige Molybdän-Baustähle in ihre Normen mit aufgenommen. Gewiß sind die aus Amerika gemachten Mitteilungen über solche Baustähle z. T. als Anpreisung zu werten. Bei uns liegen bis heute über die Eigenschaften und die Bewährung von Molybdän-Baustählen so gut wie keine Betriebserfahrungen vor. Laboratoriumversuche haben gezeigt, daß solche Stähle bei hoher Festigkeit noch gut zäh sind. Sie härten jedoch bei größeren Querschnitten nicht mehr durch. Auch wissen wir über ihre Verschleißfestigkeit noch zu wenig. Nach den bisherigen Veröffentlichungen ist indessen nicht von der Hand zu weisen, daß sich auch durch Legierung mit Molybdän, vor allem zusammen mit geringen Zusätzen an Chrom und Nickel, gute Baustähle entwickeln lassen, die in der Herstellung vielleicht billiger sind als die entsprechenden Nickel- und Nickel-Chrom-Stähle. Ich hatte Gelegenheit, eine Anzahl von Molybdänstählen zu untersuchen und ihre Eigenschaften mit denen von Chrom-Nickel-Stählen in Vergleich zu setzen. Abb. 1 und 2 zeigen Ergebnisse dieser Untersuchungen. Bei einem Vergleich der Festigkeitseigenschaften verschiedener Baustähle schneiden die mit Molybdän legierten durchaus nicht schlecht ab. Solche Baustähle werden einmal Bedeutung gewinnen, man wird alle Erfahrungen hierüber sorgfältig beobachten, und es empfiehlt sich auch, einmal in praktische Versuche einzutreten.

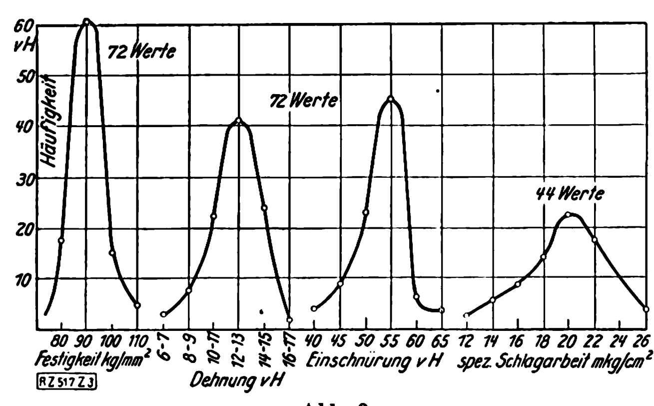


Abb. 3
Häufigkeitskurven eines Mangan-Baustahles. Häufigkeiten der Festigkeitseigenschaften bei gleicher Wärmebehandlung eines Mangan-Baustahles, gemessen am Stab von 10 mm Dmr., $l = 10\,d$, Stab gedreht aus 25 mm achtkantig, Zerreißstab gehärtet

Bevor ich auf die Forschungsergebnisse auf dem Gebiete des Werkzeugstahles zu sprechen komme, möchte ich noch kurz einige Worte über die zweckmäßige Vergütung von Baustahl sagen. Abb. 3 zeigt die Häufigkeitskurven der Festigkeitseigenschaften eines Mangan-Baustahles. Die Streuung aller Werte ist verhältnismäßig recht gering. Trotzdem beträgt die Streuung für die Festigkeit 20 kg, für die Dehnung etwa 9 vH und für die Einschnürung etwa 15 vH, wenn man als Streuwerte alle Werte bezeichnet, die unterhalb einer Häufigkeit von 15 vH liegen. Oft werden aber als Toleranzen nur 3 bis 5 kg/mm² Festigkeit und 2 bis 3 vH Dehnung dem Erzeuger vorgeschrieben. Ohne weiteres ist es nicht möglich, im laufenden Fabrikationsbetrieb auch bei sorgfältiger Vergütung derartig geringe Toleranzen zu halten. Die Häufigkeitswerte der spezifischen Schlagarbeit und der Einschnürung des gleichen Mangan-Baustahles für verschiedene Lagen der Festigkeit zeigt Abb. 4. Die mittlere Kurve bedeutet die größte Häufigkeit, die beiden äußeren Kurven sind die Werte der Streuung bis zu 15 vH der Häufigkeit. Die Streuung der spezifischen Schlagarbeit nimmt mit steigender Festigkeit ab. In ähnlicher Weise zeigen auch die Werte der Einschnürung ein geringstes Maß an Streuung bei einer Festigkeit von etwa 90 kg/mm², d. h. also, daß ein Baustahl, entsprechend seiner chemischen Zusammensetzung, auch zweckmäßig hoch vergütet werden muß, damit die Streuung der Festigkeitswerte möglichst gering ist. Es gibt keinen Stahl, den man auf beliebige

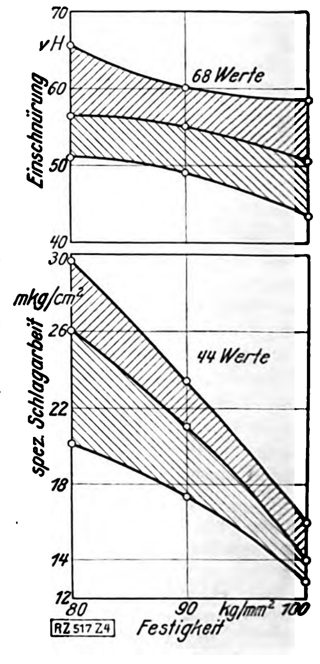


Abb. 4
Häufigkeit der Festigkeitseigenschaften eines Mangan-Baustahles. Abhängigkeit der Einschnürung und der spezifischen Schlagarbeit von der Festigkeit eines Mangan-Baustahles, vergütet bei 600 °, 1 h lang, Ölkühlung



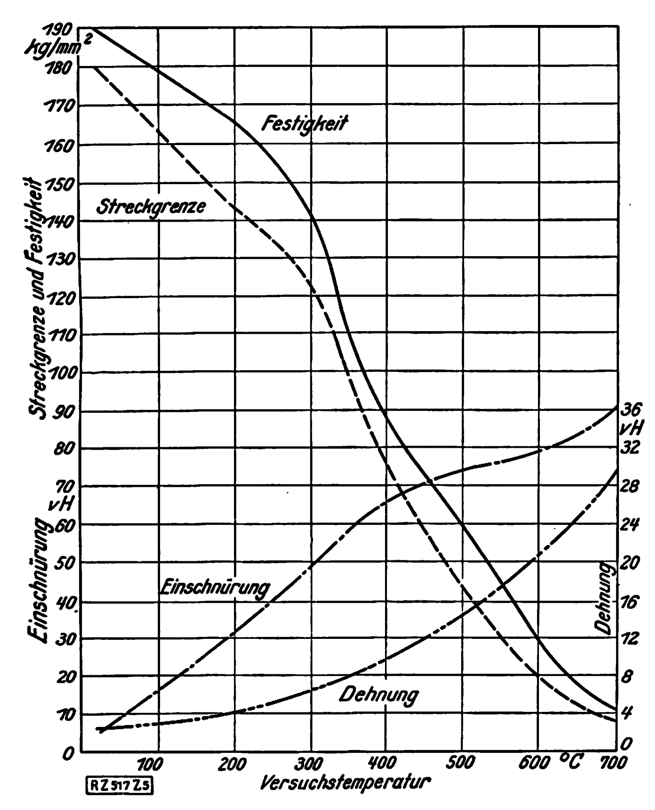


Abb. 5
Festigkeitseigenschaften eines mit Wolfram legierten Sonderstahles (4 vH Wolfram). Zustand: gehärtet von 900 ° in Wasser und ½ h auf Versuchstemperatur erhalten

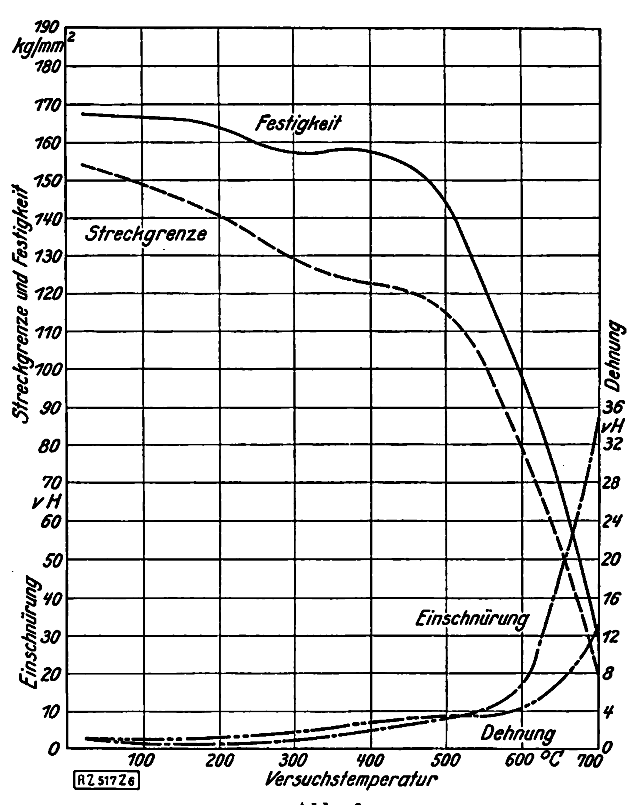


Abb. 6
Festigkeitseigenschaften eines Stahles mit 10 vH W. Zustand: gehärtet von 1200 ° in Öl und ½ h auf Versuchstemperatur erhalten

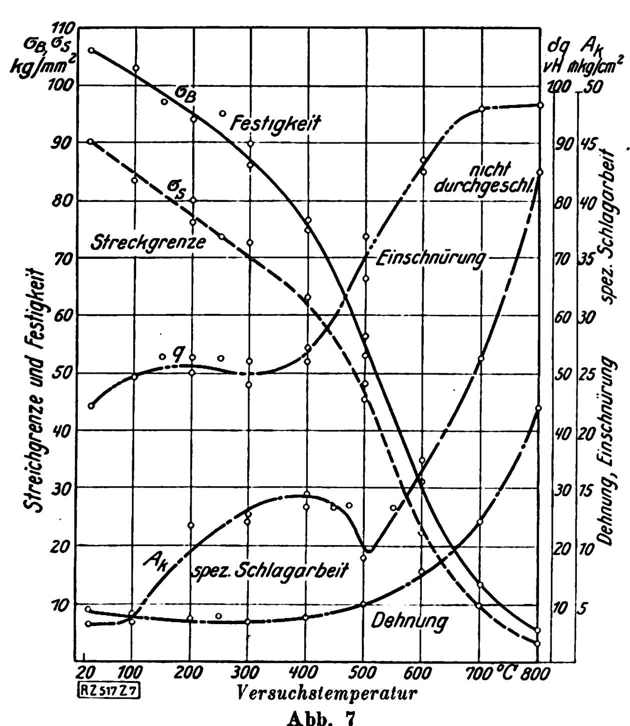


Abb. 7
Festigkeitseigenschaften eines vergüteten rostfreien Baustahles

Festigkeit vergüten kann, man wird vielmehr, je nach der Zusammensetzung der Stähle, gewisse für Zähvergütung, andre für Hartvergütung verwenden.

Auf dem Gebiete der Werkzeugstähle sind insbesondere zwei Gruppen von Stählen von Bedeutung, über die auch einige bemerkenswerte Arbeiten durchgeführt wurden, die Stähle für Warmarbeit (Gesenke und Matrizenstähle) und die Schnellarbeitstähle.

Zur Beurteilung und Auswahl von Stahl für Warmgesenke und Matrizen ist die Kenntnis der Art und Größe der Beanspruchung, der die Werkzeuge während des Arbeitens unterworfen sind, erstes Erfordernis.

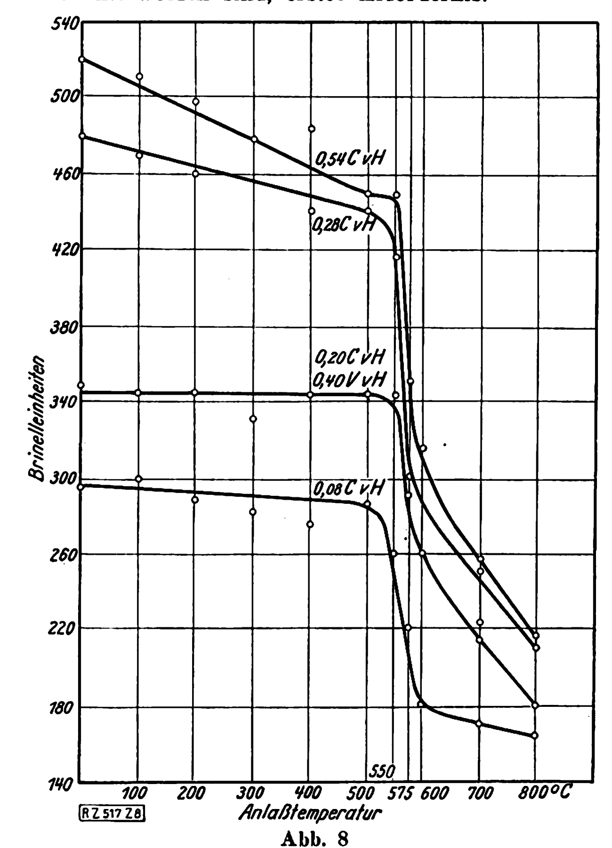


Abb. 8
Einfluß der Anlaßtemperatur auf die Härte von gehärteten rostfreien Werkstoffen bei Raumtemperatur

Solche Beanspruchungen sind z. B. folgende: Örtlicher hoher Druck bei gleichzeitiger Erwärmung durch die Schmiedeteile, starke Beanspruchung der Oberfläche auf Abnutzung, dauernder Temperaturwechsel insbesondere der Kanten und Ecken, hervorgerufen durch die Hitze der Schmiedeteile, der gleichzeitig ein dauernd wechselndes Dehnen und Schrumpfen der am meisten beanspruchten Kanten und vorspringenden Teile bedingt. Damit sind die für einen Gesenkstahl erforderlichen Eigenschaften ohne weiteres gegeben. Neben hoher Festigkeit und Härte bis zu Temperaturen von 400 bis 500 °C und hohem Widerstand gegen Erweichen durch Anlassen muß der Stahl gute Verschleißfestigkeit haben. Er soll auch bei den kritischen Temperaturen der Blauwärme noch gut zäh sein und darf sich bei der Erhitzung auf Arbeitstemperaturen nicht wesentlich verziehen oder sein Volumen ändern, damit die Bildung von Oberflächenspannungen und die Entstehung von Haarrissen tunlichst verzögert wird. Gute Wärmeleitfähigkeit des Werkstoffes wird dabei nützlich sein, damit örtliche Wärmestauungen nicht auftreten.

In erhöhtem Maße haben die Werkzeuge der mechanischen und der Druckwasser-Pressen zur Herstellung von Preßgut aus Metall (Stangen, Formstäbe, Röhren usw.), der Erweichung und dem Verschleiß in der Wärme Widerstand zu leisten. Preßmatrizen, Preßscheiben und Preßdorne werden während des Preßvorganges nicht selten bis auf 600 ° und mehr erwärmt. Die Werkzeuge müssen selbst bei so hohen Temperaturen noch gute Festigkeitswerte haben. Da die Preßwerkzeuge nach dem Preßvorgang häufig zur schnellen Kühlung mit Wasser abgespritzt werden, darf der Stahl auch gegen schroffe Temperaturwechsel nicht empfindlich sein. Dorn und Preßmatrize sind daher die meist beanspruchten Werkzeuge. Der Auswahl des Werkstoffes und der Herstellung dieser Werkzeuge ist besondere Beachtung zu schenken. Die Erwärmung des Dornes während des Arbeitsvorganges kann bei unsachgemäßer Bedienung der Maschine so weit gehen, daß der Dorn beim Ausfahren durch Zugbeanspruchung gedehnt wird, sich einschnürt und schließlich zerreißt. Je höher der Dorn beim Preßvorgang erhitzt war, desto weniger Widerstand setzt er der Zugbeanspruchung entgegen.

Abb. 5 bis 7 zeigen die Änderung der Festigkeitseigenschaften eines schwach legierten Wolfram-Stahles, eines 10 vH-Wolfram-Stahles und eines nichtrostenden Chromstahles, also von Stählen, die für Warmmatrizen vielfach benutzt werden, bei verschieden hoher Erwärmung. Während der schwach legierte Wolfram-Stahl und der nichtrostende Stahl bei Temperaturen oberhalb 300 ° ihre Festigkeit schnell einbüßen, behält der Wolfram-Stahl seine guten Festigkeitswerte fast bis zu 600 °.

In dem Härteschaubild einiger nichtrostender Stähle bei Raumtemperatur, Abb. 8, ist bemerkenswert, daß alle Stähle bis zu einer Anlaßtemperatur von 550 ° eine gleichbleibende Festigkeit zeigen, dann aber plötzlich weich werden. Man wird daher Vergütungstemperaturen von mehr als 550 ° auf alle Fälle vermeiden müssen. Zu erwähnen bleibt, daß nichtrostender Stahl der Verzunderung bei hoher Temperatur recht guten Widerstand entgegensetzt. Ergebnisse von Verzunderungsversuchen mit mehreren Chromstählen sind in Abb. 9 bis 14, Textbl. 13, zusammengestellt. Die Stähle waren in Form von Blechen 48 h einer Temperatur von 900 ° ausgesetzt und hatten ungefähr die Zusammensetzung:

Blechtafel Nr.	Cr vH	C vH	Si vH
2	etwa 15	0,08	1,0
3	„	0,40	0,86
18	„	0,10	2,8
4	„	0,36	2,9
11	„	0,14	1,40 Mo
5	„	0,50	1,00 Mo

Der Widerstand gegen Verzunderung von nichtrostendem Chromstahl nimmt mit dem Kohlenstoffgehalt und dem Siliziumgehalt zu und auch hoch molybdänhaltige Stahlsorten widerstehen gut der Verzunderung.

Auch die Kennlinien bringen noch keine völlige Klarheit über die Eignung eines Stahles zur Herstellung von Warmmatrizen und Warmpreßwerkzeugen. Von größter Wichtigkeit wäre die Kenntnis des Widerstandes gegen Abnutzung bei hoher Temperatur (Arbeitstemperatur), ferner des Widerstandes gegen Ermüdung und gegen Verziehen und Reißen bei häufigem Temperaturwechsel. Über die letztgenannte Eigenschaft kann man sich mit Hilfe der Vielhärtungsprüfung unterrichten. Unsere Prüfeinrichtungen gestatten aber eine zahlenmäßige lückenlose Erfassung der aufgezählten Eigenschaften bis heute noch nicht. Die Erfahrung lehrt jedoch, daß der Widerstand eines Stahles gegen Ermüdung und Abnutzung weitgehend von der Höhe seines Formänderungswiderstandes (Streckgrenze) und seiner Zähigkeit abhängig ist. Je höher beide Werte liegen, desto weniger schnell ermüdet oder nutzt sich der Werkstoff ab. Das wird nicht nur für die Beanspruchung bei Raumtemperaturen, sondern in gleicher Weise auch für Beanspruchungen in der Wärme gelten. Nach den mannigfachen Arbeiten des Schrifttums über die Eigenschaften von Stahl in der Wärme wird auch hier dem legierten, besonders dem hoch mit Wolfram legierten Stahl der Vorzug gegeben werden müssen.

Es genügt jedoch nicht allein, daß man zur Herstellung von Gesenken einen geeigneten Werkstoff verwendet. Die Lebensdauer eines Gesenkes wird in gleicher Weise auch von seiner Behandlung und Pflege bestimmt. Gesenkstahl soll stets gut durchgeschmiedet und die Gasstruktur der Rohblöcke restlos durch das feine Gefüge des geschmiedeten Stahles ersetzt sein. Der Stahl soll gut desoxydiert und frei von groben Schlacken und porösen Stellen sein. Schlackenhäutchen an den Korngrenzen lockern das Gefüge und begünstigen das vorzeitige Aufreißen der Matrizen infolge schnell einsetzender Ermüdung des Werkstoffes. Alle Werkzeuge sollen nach dem Härten auf eine geeignete und erprobte Temperatur angelassen werden. Von maßgebendem Einfluß sind dabei Form und Werkstoffeigenschaften der zu schmiedenden Stücke.

Beim Gebrauch erwärmen sich die Gesenke oft bis auf 400 bis 500 °; sie dürfen aus solchen Temperaturen niemals schroff gekühlt werden, es ist vielmehr von Vorteil und wird auch an einzelnen Stellen der Praxis durchgeführt, die Gesenke durch künstliche Erwärmung mittels Gasbrenner oder elektrischer Heizung auf eine gleichmäßig hohe, der Stahlart des Gesenkes angepaßte Temperatur zu erhitzen. Man will durch diese Maßnahme die Lebensdauer der Gesenke bis auf das Dreifache erhöht haben. Ein mit 10 vH W legierter Gesenkstahl z. B. könnte bei dieser Art der Verwendung ohne Bedenken dauernd auf 500 ° erwärmt werden, ohne merklich an Festigkeit einzubüßen. Man ist bei der Beurteilung von Warmarbeitstahl heute noch rein auf die Erfahrung und die praktische Erprobung angewiesen. Fortschritte in der Herstellung und Auswahl geeigneter Gesenkstahlsorten können daher nur durch Zusammenarbeit von Erzeuger und Verbraucher und durch einen weitgehenden Erfahrungsaustausch erreicht werden. Nur so wird es möglich sein, die bestehenden Prüfverfahren für Stahl weiter auszubauen und für Gesenkstahl nutzbar zu machen.

Auf dem Gebiete des Schnellarbeitstahles sind einige grundlegende neue Arbeiten über ihre geeignete Wärmebehandlung und Verwendung durchgeführt worden, insbesondere der Ausschuß für Schneidversuche des Werkstoffausschusses des Vereins deutscher Eisenhüttenleute hat hier bahnbrechend gearbeitet[8]). Der Schnellarbeitstahl gehört in die Klasse der sogenannten ledeburitischen Stähle. Sein Gefüge besteht aus einer Grundmasse von Sorbit, einem Gemenge von Eisenkarbid und Eisen und einer Anzahl freier komplexer Karbide. Die Karbide sind im geschmiedeten Stahl in Form kugelförmiger Einschlüsse und im gegossenen Stahl in einer dem Ledeburit des Roheisens ähnlichen eutektischen Anordnung vorhanden. Beim Härten des Schnellarbeitstahles mit steigender Temperatur lösen sich zunächst die Eisenkarbide allmählich in der Grundmasse, bis beim Schmelzpunkt des Ledeburits auch die komplexen Karbide mit der Grundmasse sich lösen

[8]) Vergl. Werkstoffausschußbericht Nr. 101 (1926).



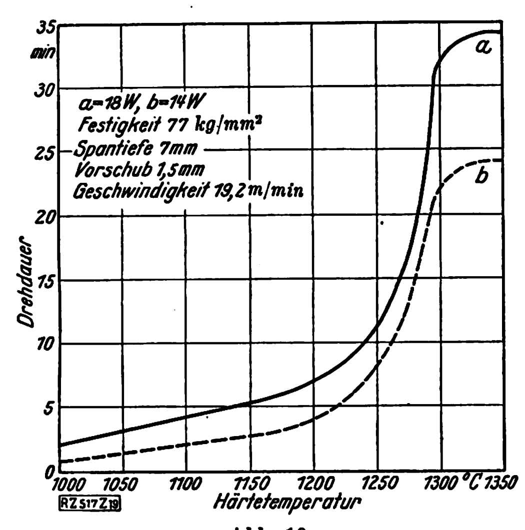


Abb. 19
Schnelldrehstahl, Härtetemperatur und Drehdauer (nach Rapatz)

und das Gemisch schmilzt. Zur Erreichung guter Schnitthaltigkeit ist es notwendig, daß möglichst viel Karbid sich in der Grundmasse löst. Dabei ist der Stahl bis kurz unter dem Schmelzpunkt des Eutektikums zu erhitzen. Das gilt für alle Werkzeuge.

Bei sorgfältiger Beobachtung der Härtetemperatur ist es möglich, auch feinzahnige Werkzeuge zu härten, ohne daß die Zähne teilweise abschmelzen; die Verwendung von Salzbädern ist dabei dringend zu empfehlen. Genaue Kenntnis der Lösungstemperatur der Karbide ist erforderlich. Sie liegt je nach der Höhe der Legierungsanteile zwischen 1325 ° und 1360 °.

Den Einfluß der Härtetemperatur auf die Gefügeumbildung zeigen Abb. 15 bis 18, Textbl. 14. Nach einer Härtung bei 1230 ° sind Doppelkarbide noch vollkommen ungelöst zu erkennen. Nach einer Härtung bei 1350 ° ist das Gefüge deutlich polyedrisch geworden, die Karbide liegen in feiner Verteilung verstreut in der Grundmasse. An vereinzelten Stellen hat das Schmelzen schon begonnen. Das Gefüge entspricht dem eines richtig gehärteten Schnellstahl-Drehmeißels. Bei weiterer Steigerung der Härtetemperatur auf 1375 ° sind bereits größere Teile von Karbiden geschmolzen, und nach einer Härtung von 1400 ° findet man den neugebildeten Ledeburit, die Gußstruktur des Schnellstahles in einer schwarzen Masse von Sorbit. Ein solcher Stahl ist überhitzt und spröde. Über die Bedeutung der richtigen Härtetemperatur ist in letzter Zeit im Schrifttum mehrfach berichtet worden.

Die Leistung eines Schnellarbeitstahles in Abhängigkeit von seiner Härtetemperatur zeigt Abb. 19. Mit steigender Härtetemperatur steigt auch die Leistung des Stahles, und zwar bis zu einer Temperatur von 1300 °, die kurz unter der Schmelztemperatur des Eutektikums liegt. In gleicher Weise wie die Leistung wächst mit steigender Härtetemperatur auch die mechanische Härte des Stahles, Abb. 20. Die beiden Kurven der Brinell- und Rockwellhärte verlaufen jedoch von Härtetemperaturen über 1000 ° verschieden. Die Kurve der Rockwellhärte steigt weiter an, während die Kurve der Brinellhärte gleich hoch bleibt. Das scheinbare Gleichbleiben der Härte nach Brinell bei Härtung über 1000 ° ist lediglich auf das Abplatten der Brinellkugel bei der hohen Härte des Prüfstückes zurückzuführen. Die Brinellhärtezahl fällt dementsprechend zu niedrig aus. Die Diamantspitze des Rockwellprüfers dagegen hält jedem Preßdruck stand.

Der Grund, warum eine hohe Härtetemperatur notwendig ist, wurde in den letzten Jahren Gegenstand zahlreicher Erörterungen; er liegt wohl darin, daß bei höheren Temperaturen gehärtete Stähle größere Anlaßbeständigkeit aufweisen. Die den Schnellstahl vor dem Kohlenstoffstahl auszeichnende Eigenschaft ist vor allem seine Anlaßbeständigkeit. Gehärteter Kohlenstoffstahl verliert bei 350 ° Anlaßtemperatur seine Härte, während gehärteter Schnellstahl bis 600 ° hart bleibt. Je größer seine Anlaßbeständigkeit, desto mehr wird der Stahl im allgemeinen leisten. Ein zu niedrig gehärteter hochlegierter Schnellarbeitstahl leistet noch weniger als ein richtig gehärteter, aber weniger hoch legierter Schnellarbeitstahl. Die Leistung eines Schnellarbeitstahles kann durch Anlassen des gehärteten Stahles auf 550 bis 625 ° noch gesteigert werden. Dabei wird durch Umwandlung des Polyedergefüges in Martensit der Stahl einmal härter, zugleich aber auch noch zäher. Die Verbesserung durch Anlassen kann aber nur mit Stählen erreicht werden, die bei genügend hoher Temperatur gehärtet wurden. Bei zu niedrig gehärteten Stählen versagt das Verfahren. Die zweckmäßige Anlaßtemperatur verschiebt sich mit der Menge der Legierungseinheiten im Stahl. Mit steigendem Gehalt an Sonderbestandteilen wächst auch die zweckmäßige Anlaßtemperatur.

Eine hervorragende Eigenschaft des Schnellarbeitstahles ist sein hoher Widerstand gegen Abnutzung (Verschleißfestigkeit), der aus dem günstigen Zusammenwirken der den Schnellarbeitstahl kennzeichnenden Gefügebestandteile herrührt. Ähnlich wie bei einem Lagermetall sind bei Schnellarbeitstahl sehr harte Gefügebestandteile (Karbide) in einer weicheren, zähen Grundmasse eingebettet. Je zahlreicher und härter die Karbide und je zäher bei guter Härte die Grundmasse, desto verschleißfester und schneidhaltiger wird auch der Schnellarbeitstahl sein, vorausgesetzt, daß seine Beständigkeit der Wärme (bei Arbeitstemperaturen) genügt.

Bei Werkzeugen, wie Fräsern und Bohrern, die unter Verwendung reichlicher Kühlung arbeiten, tritt die Bedeutung der Anlaßbeständigkeit gegen die der Verschleißfestigkeit zurück. Hier wird in erster Linie die Verschleißfestigkeit des Stahles zur Beurteilung seiner Schneidhaltigkeit herangezogen werden müssen. Aus den Werten der Zähigkeit und der Härte eines Werkstoffes läßt sich auch ein Schluß auf seine Verschleißfestigkeit ziehen. Von diesen Überlegungen ausgehend, sind im folgenden die Biegefestigkeit, die nach Stribeck ein guter Maßstab für die Zähigkeit des Werkstoffes ist, die Härte und die Schneidhaltigkeit einer Anzahl mit Kobalt legierter Schnellarbeitstähle verglichen. Die fünf untersuchten Stahlsorten enthalten etwa 18vH W, 4 vH Cr und im Mittel 1,5 vH V. Der Kobaltgehalt wurde von 0,0 bis 10 vH jeweils um etwa 2 vH gesteigert. Drei Sorten wurden ohne Vanadium mit steigendem Kobaltgehalt hergestellt.

Zur Feststellung des Härtebereiches und der besten Härtetemperaturen wurden Proben der einzelnen Stähle zwischen 800 und 1400 °, steigend um je 50 bis 100 °, aus einem Salzbadofen in Öl gehärtet. Bemerkenswert war hierbei das Ergebnis, daß Stähle mit hohem Kobaltgehalt erst bei höheren Temperaturen zu schmelzen begannen

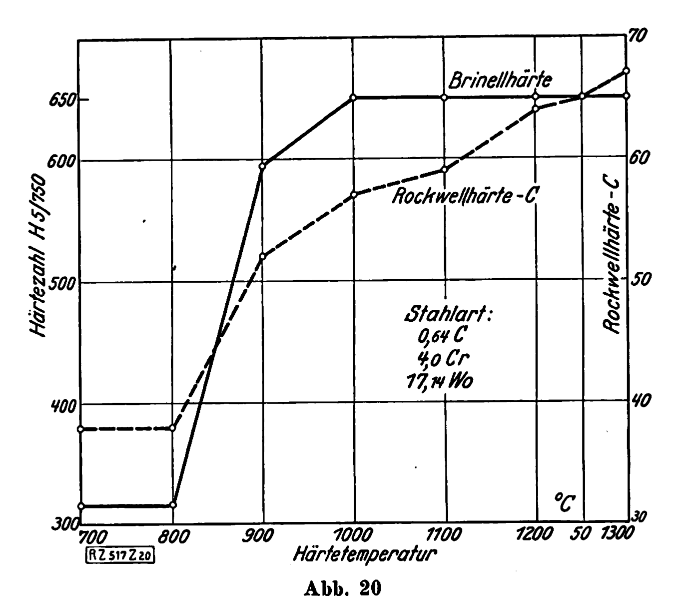


Abb. 20
Brinell- und Rockwell-Härte mit steigender Härtetemperatur

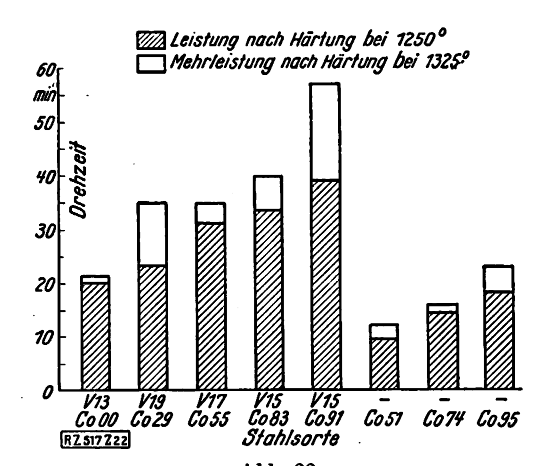


Abb. 22
Mittlere Schnittleistungen einer Reihe kobalthaltiger Schnellarbeitstähle

als solche mit weniger Kobalt. Abb. 21, Textbl. 14, zeigt drei solche Proben, von denen *a* kein Kobalt, *b* 5,5 vH und die Probe *c* 9,1 vH Co enthält. Während die Probe *a* nach einer Härtung bei 1340 ° in Öl schon stark abgeschmolzen ist, ist die Probe *b* nur wenig, die Probe *c* noch gar nicht angegriffen. Eine Bestätigung dieses Ergebnisses brachte die Bestimmung der Lösungstemperatur der Karbide durch Feststellung der Umwandlungen aus dem Schmelzfluß. Mit steigendem Kobaltgehalt erhöhen sich die Schmelztemperaturen der Karbide nicht unwesentlich. Der Schmelzpunkt der Karbide eines 9 bis 10 vH Co enthaltenden Stahles liegt sehr hoch, bei 1360 °.

Die durch den Kobaltzusatz erreichte Steigerung der Schnittleistung ist wesentlich; sie betrug z. B. 175 vH für den Stahl mit 1,5 vH V und 9,1 vH Co, gegenüber dem gleichen, aber kobaltfreien Stahl. Der starke Einfluß der Härtetemperatur zeigt sich bei allen Stählen, Abb. 22, am deutlichsten bei den hoch kobalthaltigen.

In der Darstellung tritt ferner der Einfluß des Vanadiums deutlich in Erscheinung. Beim Fortlassen des Vanadiums fällt die Schnittleistung stark, sie steigt aber auch bei vanadiumfreien Stählen mit wachsendem Kobaltgehalt. Eine Sonderstellung nimmt der Stahl mit 2,9 vH Co und 1,9 vH V ein. Infolge seines hohen Vanadiumgehaltes ist die Schnittleistung hier wesentlich verbessert; sie erreicht den Wert eines Stahles mit 1,7 vH V und 5,5 vH Co. Die Mehrleistung des 1,9 vH V enthaltenden Stahles durch Härtung bei erhöhter Temperatur ist wesentlich, d. h. daß auch durch Vanadium in schwach kobalthaltigen Stählen der Schmelzpunkt des Eutektikums wesentlich erhöht wird, so daß die Rotwarmhärte eines solchen Stahles erst nach Härtung bei sehr hohen Temperaturen voll wirksam wird.

Um den Einfluß der Härtetemperatur und Anlaßtemperatur auf die Zähigkeit des Stahles zu kennzeichnen. wurden Biegeproben bei Temperaturen von 900 bis 1300 ° gehärtet, ferner bei 1325 ° gehärtete Proben bei Temperaturen zwischen 200 und 700 ° 30 min angelassen. Die Härtung erfolgte wie bei den Drehmeißeln aus einem Salzbadofen. Neben der Biegefestigkeit wurde überall die Härte nach Rockwell gemessen. Schließlich wurde versucht, eine Abhängigkeit der Biegefestigkeit von der chemischen Zusammensetzung, insbesondere von der Höhe des Kobaltgehaltes zu finden. Es wurde geprüft:

1. Die Biegefestigkeit als Maß der Zähigkeit nach der Formel $\sigma = \frac{P\,l}{4\,W}$, wobei P die Belastung, l die Stablänge und W das Widerstandsmoment $= \frac{\pi\, d^3}{32} = 98{,}17$ cm³ bedeutet.
2. Die Elastizitätsgrenze der Biegefestigkeit als Maß für den Formänderungswiderstand. Als Elastizitätsgrenze der Biegefestigkeit wurde eine bleibende Durchbiegung des Stabes von 0,01 mm angenommen.
3. Die Gesamtdurchbiegung beim Bruch der Probe.
4. Die Härte nach Rockwell-*C*.

Recht bemerkenswert sind insbesondere die Ergebnisse der gehärteten und bei steigender Temperatur angelassenen Biegeproben, Abb. 23. Die Leistung von Werkzeugen aus Schnellarbeitstahl verringert sich, wenn die Werkzeuge auf 200 bis 400 ° angelassen werden; sie kann jedoch wesentlich verbessert werden, wenn die Anlaßtemperatur auf 500 bis 600 ° erhöht wird. Der Verlauf der Biegefestigkeit bietet zu diesem Ergebnis eine Parallele. Die Werte der Biegefestigkeit, die nach einer Härtung bei 1325 ° und darauffolgendem Anlassen auf 200 ° noch recht niedrig sind, steigen nach Anlassen auf 300 ° vermutlich infolge eines Ausgleiches von Spannungen, sinken dann bei

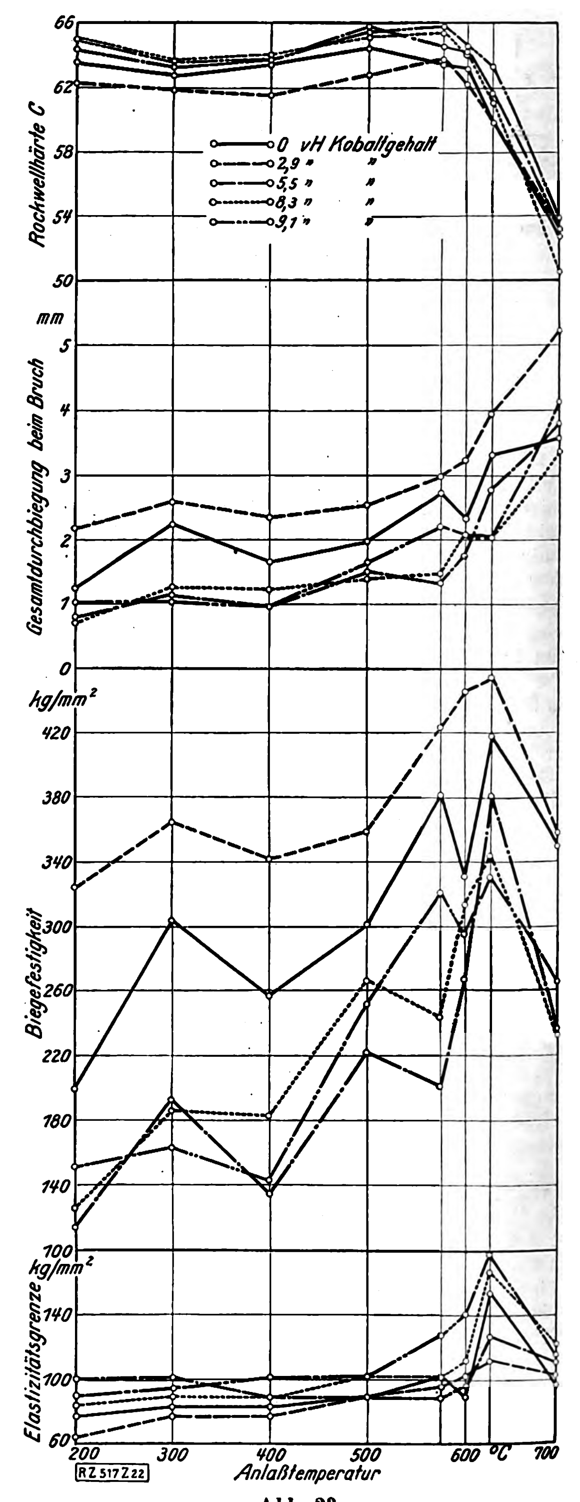


Abb. 23
Biegefestigkeit und Härte gehärteter Schnellarbeitstähle in Abhängigkeit von der Anlaßtemperatur, Härtetemperatur 1325°



W. Oertel: Neue Ergebnisse der Edelstahlforschung

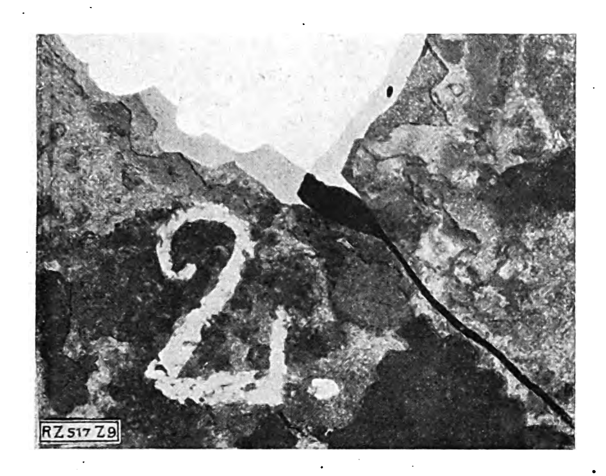


Abb. 9
Zusammensetzung: 0,08 vH C, 1,0 vH Si, 15 vH Cr



Abb. 10
Zusammensetzung: 0,4 C, 0,86 Si, 15 vH Cr



Abb. 11
Zusammensetzung: 0,1 vH C, 2,8 vH Si, 15 vH Cr



Abb. 12
Zusammensetzung: 0,36 vH C, 2,9 vH Si, 15 vH Cr



Abb. 13
Zusammensetzung: 0,14 vH C, 1,4 vH Mo, 15 vH Cr



Abb. 14
Zusammensetzung: 0,5 vH C, 1 vH Mo, 15 vH Cr

Abb. 9 bis 14
Verzunderungsversuche mit verschiedenen Chromstählen

W. Oertel: Neue Ergebnisse der Edelstahlforschung

Abb. 15 bis 18
Einfluß der Härtetemperatur auf die Gefügeumbildung im Schnellarbeitstahl

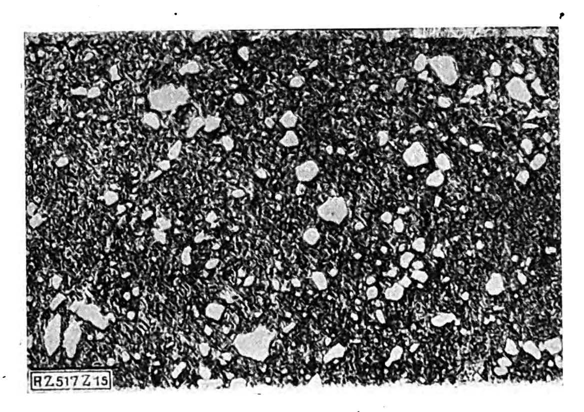


Abb. 15
Nach Härtung bei 1230 ° Doppelkarbide noch vollkommen ungelöst

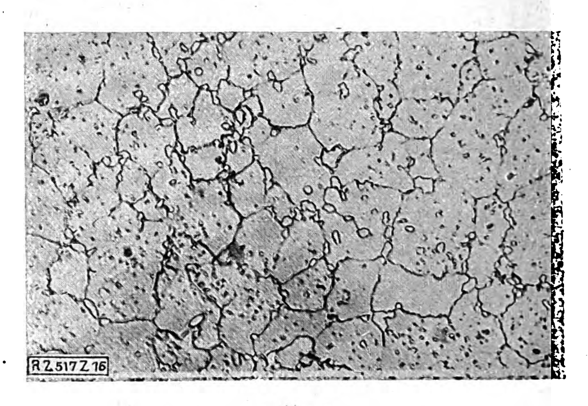


Abb. 16
Nach Härtung bei 1350 ° Karbide in feiner Verteilung verstreut in der Grundmasse

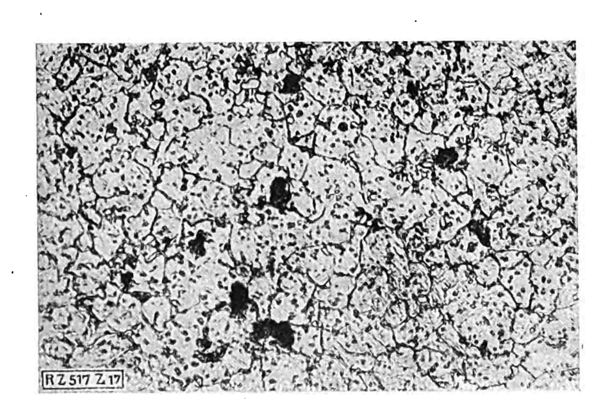


Abb. 17
Nach Härtung bei 1375 ° Teile der Karbide geschmolzen

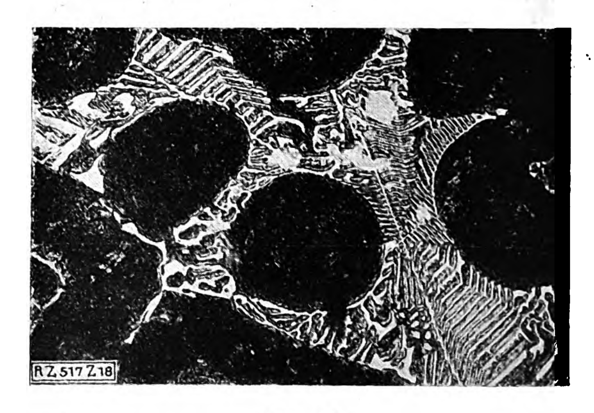


Abb. 18
Nach Härtung bei 1400 ° Ledeburitbildung, Gußstruktur des Schnellstahles in einer schwarzen Masse von Sorbit



Abb. 21
Schnellarbeitstähle, gehärtet bei 1340 °

Anlassen auf 400 ° deutlich und steigen endlich mit weiterer Erhöhung der Anlaßtemperatur auf 600 ° sehr stark an. Der Stahl zeigt also bei Temperaturen von 600 bis 625 ° einen Höchstwert der Zähigkeit. Da bei diesen Anlaßtemperaturen durch Bildung von sekundärem Martensit gleichzeitig die Härte und die Biege-Elastizitätsgrenze Höchstwerte erreichen, hat der Werkstoff nach dem Anlassen auf 600 bis 625 ° den größten Widerstand gegen Abnutzung.

Fast alle Linien zeigen bei 300, 400 und 600 ° ausgeprägte Wendepunkte. Am wenigsten deutlich sind die Wendepunkte bei den Linien der Biege-Elastizitätsgrenze, die ausgeprägte Wendepunkte nur bei 625 ° zeigen. Gut ausgeprägt sind die Wendepunkte bei den Linien der Biegefestigkeit, der bleibenden Durchbiegung und der Härte. Die Linien der bleibenden Durchbiegung laufen etwa parallel zu denen der Biegefestigkeit. Einer Verbesserung der Durchbiegung bei einer Anlaßtemperatur von 300 ° folgt eine geringe Verschlechterung bei 400 °, danach ein stetiges Ansteigen mit einer Verzögerung bei etwa 600 °. Die Härte nimmt mit steigender Anlaßtemperatur den aus dem Schrifttum bekannten Verlauf. Sie fällt zunächst bis zu 300 bis 400 °, steigt dann stetig bis zu einem Höchstwert bei 600 ° und fällt endlich bei weiterer Steigerung der Anlaßtemperatur infolge Weichwerdens des Stahles.

Weitere Versuche sind notwendig, um die Beziehungen zwischen Schnitthaltigkeit, chemischer Zusammensetzung und Biegefestigkeit eindeutig festzulegen. Die vorliegenden Versuche haben jedoch gezeigt, daß solche Beziehungen bestehen, und daß die Biegefestigkeit geeignet ist, einen wichtigen Beitrag zur Klärung der Frage nach dem Wesen der Schnellarbeitstähle zu geben.

Nicht abzuleugnen ist, daß die Ansprüche, die heute der Verbraucher an seinen Stahl stellt, ständig größer werden. Für den Metallurgen ist es oft recht schwer, mit den gesteigerten Ansprüchen der Verbraucher Schritt zu halten. Aber auch die Kenntnis von dem Wesen des Stahles wird sich dank der emsigen Forschungsarbeiten, die auf allen Erzeugerwerken durchgeführt werden, immer mehr vertiefen, und weitere Verbesserungen werden möglich sein. Die Forschungsarbeiten der Stahlerzeuger werden um so fruchtbarer sein, je weitgehender sie von den Verbrauchern durch Erfahrungsaustausch und verständnisvolle Mitarbeit gefördert werden. [B 517]

Die Bruchproben des Stahlwerkers

Der Stahlwerker pflegt den Schmelzverlauf mit allen Nebenerscheinungen stets scharf zu beobachten, weil er über die Zusammensetzung sich ständig ändernder Schmelzbäder möglichst schnell unterrichtet sein muß. So zieht der erfahrene Praktiker und der alte Meister aus unscheinbaren und dem Neulinge nicht ohne weiteres als wichtig erscheinenden Merkmalen Schlüsse auf metallurgische Vorgänge und vermag dann Schmelzungen in ganz bestimmten Analysengrenzen zu halten. Im Thomas-Werk ist die Bruchprobe auf Phosphor und im Siemens-Martin-Werk die auf Kohlenstoff die am meisten verbreitete Prüfart. F. Jansen [1]) hat nun untersucht, wie weit die aus dem Aussehen des Bruches gefolgerten Ergebnisse begründet sind.

Ein schmiedeiserner Löffel mit einem Fassungsraum für einige Kilogramm Stahl wird durch Eintauchen in Schlacke mit einer Schlackenhaut überzogen, damit der flüssige Stahl nachher nicht an ihm anschweißt. Die Farbe des Stahles und die Schnelligkeit des Erstarrens und des Auslaufens aus dem Probelöffel dienen zur Bestimmung der Temperatur des Stahles und können nach längerer Übung durch Vergleich mit schon gesehenen Schmelzungen zum Schätzen der Badtemperatur benutzt werden. Zwar beruht auf dieser rohen Schätzungsart sicher manch falsche Schmelzführung, doch wird sie, bei den Schwierigkeiten pyrometrischer Messungen im Betriebe bis jetzt beim Schmelzen fast allein angewendet.

Im Thomas-Werk schöpft man für die Phosphorprobe aus der umgelegten Birne den Stahl meist in eine kleine runde, zweiteilige Kokille. Sie wird beim Gießen durch eine Zange zusammengehalten und gibt beim Lösen der Zange die Probe frei. Die Probe wird unter dem Dampfhammer zu einer etwa 15 mm dicken Scheibe ausgeschmiedet, dann, damit die Bruchprobe bald ausgeführt werden kann, in Wasser abgelöscht, und nach dem Erkalten eingekerbt und mit dem Hammer gebrochen.

Phosphor vergrößert das Korn so stark, daß man die durch verschiedene P-Gehalte verursachten Unterschiede in der Korngröße zum Abschätzen der P-Menge benutzen kann. Der frische Bruch läßt besser, als das durch Lichtbilder wiedergebbar ist, kennzeichnende Verschiedenheiten hervortreten und zeigt bei verschiedenen Proben einer Charge außer den vom P-Gehalt abhängigen Abweichungen der Korngröße noch deutliche Unterschiede in der Färbung. Bei 0,085 vH P und mehr zeigen die Spaltflächen der Körner viele fahl schimmernde Stellen. Proben mit geringerem P-Gehalt haben über die ganze Bruchfläche hin gleichmäßiges rundes, hellglänzendes Korn. Je mehr der Phosphor-Gehalt über 0,1 vH steigt, wachsen die fahlschimmernden Stellen zu immer größeren, länglich geordneten Kristallflächen. Schliffbilder solcher Betriebsproben zeigen die zeilenförmige Anordnung der phosphorhaltigen Bestandteile, die sich mit steigendem Phosphorgehalte zu immer dickeren Reihen in der Probe zusammenballen.

Jansen erschmolz in einem Lichtbogenofen zum Vergleich mit den Betriebsproben drei Proben mit verschiedenem P-Gehalt und fand nach gleicher Behandlung bei ihnen die gleichen Erscheinungen wie bei den Proben aus der Thomasbirne, nur hatten seine drei Proben im allgemeinen feineres Korn und zeigten ihre Schliffbilder nicht so breite Zeilen. Er konnte in Brüchen mit P-Gehalt zwischen 0,094 und 0,272 vH sehr deutliche Unterschiede feststellen. In dem Abschnitt von 0,1 bis 0,2 vH P geht das kleine gleichmäßige Korn zu grobstahligem, roheisenartigem Bruch über und wachsen die Körner so stark, daß ein geübtes Auge zu einer bestimmten Korngröße den zugehörigen Phosphorgehalt abschätzen kann. Proben mit weniger als 0,1 vH P und mehr als 0,2 vH P geben durch ihr Aussehen keine genauen Anhaltpunkte für das Schätzen.

Im Siemens-Martin-Werk ist der Phosphorgehalt von geringerer Bedeutung als im Thomas-Werk, dagegen ist es wichtig, Schmelzungen mit engen Grenzen für den Kohlenstoffgehalt abzustechen, z. B. solche, bei denen die Grenzen des fertigen Stahles nur um 0,05 vH Kohlenstoff voneinander entfernt sind. Die Bruchproben gestatten schnelles Erkennen des C-Gehaltes. Von der Probe wird zuerst ein kleines Stück für Analysenspäne abgeschlagen. Das Hauptstück wird zu einer Stange von etwa 20 bis 25 mm Vierkant und 150 bis 200 mm Länge ausgeschmiedet, dann in der Schmiedehitze von etwa 800 °C in kaltem Wasser abgelöscht und im Bruchstock mit einem Zuschlaghammer zerschlagen.

Der Bruch sieht je nach der Art des Zerbrechens verschieden aus. Beim Drücken ergeben sich fast gerade Bruchflächen, dagegen entstehen beim Durchschlagen von Stangen, die außen einen Härtekranz und innen einen weicheren Kern haben, häufig an der dem Schlag entgegengesetzten Seite Zacken und Vertiefungen. So verhalten sich Proben mit 0,6 bis 0,9 vH C. Je geringer der C-Gehalt ist, desto schwieriger lassen sich die Härteproben zerschlagen. Unter 0,4 vH C bricht die Probe meistens nicht mehr auf einen Schlag. Bei weniger als 0,3 vH C biegen sich die Proben vor dem Abbrechen durch und unterhalb 0,25 vH C sind sie ohne vorheriges Einkerben nicht mehr durchzuschlagen. Es entsteht ein stark sehniger Bruch fast ohne Kornausbildung. Sinkt der C-Gehalt unter 0,1 vH, so lassen sich die Proben um 180 ° umbiegen ohne zu brechen, steigt er, so wird der körnige Anteil der Probe ständig größer. Die Haut umschließt dagegen als immer schmaler werdender heller Grat das grobkörnige, stark ausgerissene Innere. Bei 0,45 bis 0,5 vH C ist der helle Grat verschwunden, die Probe ist über die ganze Bruchfläche hin grobkörnig, aber zackig ausgerissen. Der Bruchverlauf ist an den Zacken deutlich erkennbar.

Die ersten Anzeichen einer Härtung zeigen sich am Rande der Probe bei 0,5 bis 0,55 vH C, bei noch höherem C-Gehalt entsteht ein Härtekranz, der bis etwa 0,95 vH C immer breiter wird. Gleichzeitig bricht der weichere Kern immer weniger grob aus. Über 0,95 vH C sind so genaue Anhaltspunkte zum Schätzen des C-Gehaltes nicht mehr vorhanden. Jansen erörtert dann an Hand einer großen Reihe von Lichtbildern das Aussehen der Härtebrüche von Siemens-Martin-Stahlproben mit verschiedenen C-Gehalten. Alle Erkennungsmerkmale ändern sich mit geringerem oder größerem Probenquerschnitt wegen der Art der eintretenden Durchhärtung. Für C-Gehalte unter 0,5 vH genügen

[1]) Doktorarbeit, Berg-Akademie Freiberg i. S. 1927, s. a. Arch. Eisenhüttenw. Bd. 1 (1927) S. 147.

Proben von etwa 15 mm Dicke, während bei über 0,5 vH C die Unterschiede verwischt sind.

Zur Begründung des Zusammenhanges von Bruchaussehen und Kohlenstoffgehalt hat Jansen die Bruchflächen geschliffen, mit Pikrinsäure geätzt und den Rohbruch mit dem Schliffbilde verglichen. Aus der umfangreichen Erörterung sei hier nur angeführt, daß bei weniger als 0,5 vH C die ganze Fläche troostitisch und je nach dem C-Gehalt mehr oder minder mit Ferrit durchsetzt ist, dessen Anteil mit Abnehmen des Kohlenstoffes zunimmt.

Bei sonst gleichen Bedingungen bestimmt der Kohlenstoff die Gratbildung bei Proben mit weniger als 0,5 vH C und bei höheren C-Gehalten auch die Menge und das Aussehen des Innenkernes. Diese Einflüsse werden an der Bruchfläche erkannt und dienen zum Abschätzen der Kohlenstoffmenge. Das Aussehen des Bruches kann beeinflußt werden durch verschiedene Temperaturen beim Schmieden und Härten und durch vorheriges Abkühlen der Proben unter den Umwandlungspunkt, ferner durch den Grad der Verschmiedung und durch die Dicke der Probe. Jansen fand, daß ein bei höherer Temperatur abgeschrecktes Probestück in seinem C-Gehalt höher geschätzt wird als ein andres bei niedrigerer Temperatur abgeschrecktes Stück derselben Probe. Bei weniger als 0,5 vH C verringert erhöhte Härtetemperatur die Neigung zur Gratbildung. Das Bruchgefüge wird um so gröber, je höher abgeschreckt wird, und um so weniger Ferrit scheidet sich in der Probe aus. Proben unter 1 vH C, die am häufigsten vorkommen, erscheinen um so härter, je höher die Abschrecktemperatur liegt. Für sichere Abschätzungsmöglichkeit muß man also die Härtetemperatur möglichst gleich halten.

Bei der Untersuchung des Einflusses der Schmiedetemperatur auf das Bruchgefüge fand Jansen, daß er zwar nicht so deutlich wie der der Härtetemperatur ist. Er stellte aber fest, daß bei höherer Temperatur geschmiedete Proben etwas härter aussehen als bei niedrigerer Temperatur geschmiedete. Je niedriger beim Schmieden die Endtemperatur liegt, desto feiner wird das Korn und desto sehniger der Werkstoff. Am besten kann man den Kohlenstoff an sofort geschmiedeten und in der Schmiedehitze gehärteten Proben schätzen.

Außer der Vorbehandlung beeinflussen neben dem Kohlenstoff noch die übrigen Begleiter des Eisens das Aussehen des Bruches. Die Erhöhung der härtenden Wirkung von Silizium macht sich freilich bei Siemens-Martin-Proben wegen des Fehlens von Silizium nicht geltend. Dagegen hat der Mangan-Gehalt bedeutenden Einfluß. Wie Jansen zeigt, sieht bei zwei Proben mit verschiedenen Manganmengen die Probe mit mehr Mangan wegen ihres größeren Härterandes kohlenstoffreicher aus. Proben mit C-Gehalten unter 0,5 vH und mit höheren Mn-Gehalten brechen glatter und haben einen schwächeren Bruch als entsprechende mit weniger Mangan. Zur Beurteilung von Bruchproben muß man also den Mn-Gehalt annähernd kennen.

Fertigproben aus der Bessemer-Birne lassen sich wegen ihres hohen Gehaltes an Mn und Si viel schlechter als die bisher besprochenen schätzen. Wegen der hier obwaltenden Verhältnisse sei auf Jansens Erörterungen verwiesen.

Basischer Siemens-Martin-Stahl mit niedrigerem Mn-Gehalt als 0,27 bis 0,3 vH und saurer mit weniger als 0,15 bis 0,2 vH Mn sind schlecht schmiedbar. Zur Prüfung der Schmiedbarkeit dient die Rotbruchprobe. Die Rotbrüchigkeit wird auf Schwefel und Sauerstoff zurückgeführt. Ist der Einsatz nicht allzu schlecht, so wird Schwefel nur sehr selten die Ursache des Rotbruches einer Schmelzung sein. Welcher Überschuß an Sauerstoff schlechte Warmbildsamkeit bewirkt, wird von einer Reihe von Forschern widersprechend beurteilt.

A. Ledebur hält einen Gehalt von 0,1 vH O_2 für schädlich. Nach P. Oberhoffer und K. d'Huart und auch W. Austin läßt sich dagegen Eisen mit 0,14 vH und 0,24 vH Sauerstoff noch gut walzen und schmieden. Anderseits fand H. Monden bei weichen Siemens-Martin-Schmelzen mit weniger als 0,08 vH Sauerstoff schon Rotbruch und schlechte Walzbarkeit und A. Wimmer stellte an Lochbiegeproben mit 0,13 vH Sauerstoff bei einer Biegetemperatur von 950 °C Rotbrüchigkeit fest. Hier bestehen also starke Widersprüche, und es scheint nicht richtig zu sein, wenn man im Sauerstoff schlechthin die Ursache für Rotbruch sieht. Wahrscheinlich hat auch Mangan Einfluß auf die Warmbildsamkeit.

Jansen bestimmte daher in Rotbruchproben Mangan und Sauerstoff und verglich die Analysenergebnisse mit dem Befunde der technologischen Probe. Eine bestimmte Grenze, oberhalb oder unterhalb deren Rotbrüchigkeit eintritt, konnte er weder für Sauerstoff allein noch für Mangan ermitteln. Er kommt zu dem Schlusse: „die Rotbrüchigkeit dürfte jedoch von beiden Elementen gleichzeitig beeinflußt werden und dann auftreten, wenn das im Bad vorhandene Mangan nicht mehr ausreicht, den Sauerstoff als Manganoxydul in genügender Menge zu binden.“ Je größer die Menge überschüssigen Sauerstoffes ist, desto stärker ist der Rotbruch, und um so gröberes Korn wird unter dem Mikroskop beobachtet. Jansen untersuchte dann den Einfluß der Temperatur auf die Rotbrüchigkeit zwischen 700 ° und 1025 °C. Er fand genau umgekehrt wie Monden deutliches Nachlassen der Rotbrüchigkeit mit sinkender Temperatur und bei 1025 °C den stärksten Rotbruch. [N 896]

Berlin Dr.-Ing. Martin W. Neufeld

Hochofenstückschlacke als Gleisbettungsstoff

H. Burchartz und G. Saenger [1]) berichteten kürzlich über Versuche, die im Jahre 1917 im Auftrage des früheren Ministeriums der öffentlichen Arbeiten auf Anregung des von ihm seiner Zeit gebildeten „Ausschusses zur Untersuchung der Verwendbarkeit von Hochofenschlacke zu Betonzwecken“ im Staatlichen Materialprüfungsamt, Berlin-Dahlem, durchgeführt worden sind. Neun verschiedene Hochofenstückschlacken und acht natürliche Bruchsteine, und zwar vier Basalte, ein Granit, ein Grauwacke, ein Melaphyr und ein Sandstein von Piersberg wurden im wesentlichen in den Jahren 1917 bis 1920 auf folgende Eigenschaften geprüft: 1. Chemische Zusammensetzung der Schlacken; 2. Gewicht- und Dichtigkeits-Verhältnisse der Schlacken (Raumgewicht, spezifisches Gewicht, Dichtigkeitsgrad); 3. Wasseraufnahme und -abgabe von Schotter; 4. Frostbeständigkeit; 5. Chemische Einwirkung der Schlacken- und Bruchsteinschotter auf Eisen und Holz; 6. Widerstand der Schotterarten gegen Zertrümmerung nach dem Verfahren von Rudeloff; 7. Kantenfestigkeit und Stoßfestigkeit; 8. Wasseraufnahme; 9. Raumgewicht der Schotterarten; 10. Chemische Einwirkung von dichter und poröser Schlacke auf Eisen und Holz im Vergleich mit Kies. Ein Teil der Schlacken war unmittelbar von den Hüttenwerken geliefert, ein anderer nach mehrjährigem Gebrauch als Gleisschotter den Versuchstrecken entnommen worden.

Das Raumgewicht der Schlacken schwankt zwischen 1,14 und 2,95, bei allen ist das spezifische Gewicht rd. 3. Für Schlackenschotter wurde das Raumgewicht im Mittel zu 1240 bis 1450 kg/m³, für Bruchsteinschotter zu 1390 bis 1520 kg/m³, gefunden. Die Wasseraufnahmefähigkeit der Schlacken schwankt im Mittel zwischen 1,1 und 2,8 vH und bei Bruchsteinen zwischen 0,4 und 1,3 vH. Schlackenschotter nimmt Wasser zwischen 0,52 vH und 1,41 vH auf, Bruchsteinschotter zwischen 0,38 und 1,18 vH und Kies 1,82 vH. Nasser Bruchsteinschotter trocknet an der Luft in längstens vier Tagen, nasser Schlackenschotter braucht sieben Tage und für nassen Kies sind zwölf Tage notwendig. Die Frostbeständigkeit wurde durch abwechselndes 25maliges Gefrieren bei —15 °C und durch Auftauen in Wasser von Zimmertemperatur ermittelt. Hierbei erlitten die Schotter keine Gewichtsverluste und blieben auch sonst unverändert.

Die Versuche über die chemische Einwirkung der Schotterarten auf Eisen und Holz ergaben nach siebeneinhalb und nach fünf Jahren folgendes: Hochofenschlacken begünstigen in den ersten Jahren das Rosten des Eisens, allmählich verliert sich ihr Einfluß, wird unwirksam, und nach fünf Jahren ist der Rostansatz bei dem in Schotter aus Bruchstein und dem in Stückschlacke gebetteten Eisen gleich. Im Freien gelagertes Holz wird durch Hochofenschlacke nicht stärker angegriffen als durch Bruchsteinschotter. Schotter aus dichter und sogar solcher aus poriger Schlacke wirken weniger zerstörend als Kies auf Eisen ein. Holz leidet mehr durch porige Schlacke und durch Kies als durch dichte Schlacke.

Von vier Hochofenschlacken wurde die Widerstandfähigkeit gegen Zertrümmern nach dem Verfahren von Rudeloff mit Basalt- und Granit-Schotter verglichen. Hierbei zeigte sich: Alle Schlacken verhielten sich gegen stoßweise Beanspruchung schlechter als Basalt, jedoch besser als Granit. Stetig gesteigertem Drucke widerstand am besten Basalt, und zwei von den vier Schlacken verhielten sich besser als Granit. Die Prüfung auf Kanten- und Stoßfestigkeit von Hochofenschlacken und von natürlichen Gesteinen durch Kollern in der Trommel zeitigte folgendes Ergebnis: Eine Schlacke verhielt sich genau wie Melaphyr und Basalt mittlerer Festigkeit. Alle Hochofenschlacken waren dem Granit und drei Schlacken waren der Grauwacke überlegen, zwei ihr gleichwertig. [N 901] M. W. N.

[1]) Arch. Eisenhüttenw. Bd. 1 (1927) S. 177.

Innere Spannungen in Metallen

Von G. Sachs, Berlin-Dahlem

Mitteilung aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Metallforschung

Aufreißen von kaltverformtem Messing bei Temperaturänderungen und chemischem Angriff — Nachweis der Aufreißgefahr durch die Quecksilberprüfung — Wirkung von Glühen und Richten — Messung innerer Spannungen — Versuche an Rohren und Stangen — Aufreißgefahr und Größe der Spannungen — Herabsetzung der Elastizitäts- und Streckgrenze durch kleine Verformungen (Bauschingereffekt) — Unterschiede zwischen Zug- und Druckkurve bei gezogenem Werkstoff — Versuche an Duralumin — Vorstellung eines Verbundkörpers — Bauschingereffekt bei Kristallen — Abhängigkeit der Elastizitätskonstanten von der Behandlung — Verschiedene Arten innerer Spannungen — Rekristallisation und Verfestigung

Das Verhalten von Metallen bei der Formgebung, Prüfung und im Gebrauch ist von einer so großen Zahl von Faktoren abhängig, daß es bisher nur sehr unvollkommen gelungen ist, eine Ordnung in die Mannigfaltigkeit der Vorgänge hineinzubringen[1]). Unter den verhältnismäßig durchsichtigen Erscheinungen von großer technischer Bedeutung lassen sich einige aus der mehr oder weniger klar vorstellbaren Wirkung von inneren Spannungen ableiten. Innere Spannungen bleiben nämlich in einem Körper stets zurück, wenn er in seinen einzelnen Teilen verschieden große Formänderungen erleidet. Solche ungleichmäßigen Verformungen können beim Erstarren und anderen schroffen Temperaturänderungen, bei Umwandlungsvorgängen und beim Verarbeiten und Prüfen der Werkstoffe eintreten.

Unter diesen sind besonders zwei Erscheinungen zum Inhalt einer Anzahl eingehender Untersuchungen gemacht worden: Das nachträgliche Aufreißen von kaltverformten Gegenständen aus Kupferlegierungen und die eigenartigen Verschiebungen der Elastizitäts- und Streckgrenze nach Kaltverformungen. Das Aufreißen richtet noch heute viel Schaden an, so daß die großen Werke besondere Vorkehrungen zu seiner Verhütung treffen müssen. Und die unter dem Namen Bauschingereffekt bekannte Unsymmetrie der Elastizitäts- und Streckgrenze beeinträchtigt stark die praktische Verwendung dieser Kennziffern und ist vielleicht wesentlich mit schuld an der allgemeinen Verwirrung über ihre tatsächliche Bedeutung.

Im folgenden werde ich diese beiden Erscheinungen zusammenfassend beschreiben und einige neue Versuche zu ihrer Klärung mitteilen.

Reckspannungen[2])

Die Rißbildung und das plötzliche Aufreißen (season-cracking) von Messing und andern Kupferlegierungen ist eine bekannte Erscheinung. Stangen, Rohre und gezogene Gegenstände (z. B. Patronenhülsen) neigen besonders dazu. Bisweilen reißen Stangen schon unmittelbar nach der Herstellung oder beim Versand. Häufig tritt aber auch der Schaden erst nach jahrelangem Lagern oder im Gebrauch ein. Auch bei andern Metallen, wie Stahl und Aluminium, treten ähnliche Fehler auf, wenn auch weit seltener als bei Messing.

Schon durch die ersten planmäßigen Untersuchungen über die Ursache der Aufreißgefahr[3]) wurde festgestellt,

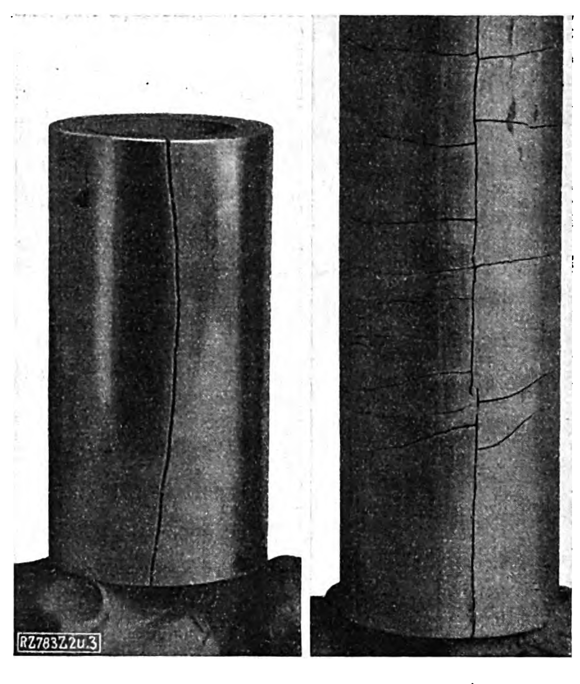


Abb. 2 Rohrabschnitt von Messing, in Quecksilbersalz-Lösung aufgerissen

Abb. 3 Stangenabschnitt von Messing, in Quecksilbersalz-Lösung aufgerissen

daß der schadhafte Werkstoff stets kaltverformt und nicht nachträglich geglüht war, und daß geringfügige Anlässe den Bruchvorgang auslösen.

Der Anlaß kann durch Erschütterungen oder kleine mechanische Verletzungen, wie z. B. beim Abdrehen, gegeben sein. Auch plötzliche örtliche Temperaturänderungen können bei einem Gegenstand, der zum Aufreißen neigt, den Schaden hervorrufen. So zeigt Abb. 1 ein Dreikantrohr aus Messing, das beim Eingießen von Zink aufplatzte.

In der Mehrzahl der bekanntgewordenen Fälle ist der Bruch jedoch durch einen chemischen Angriff ausgelöst worden. Das Aufreißen beim Lagern wird auf Oxydation, Witterungseinflüsse oder Gasangriff zurückgeführt. Besonders wirksam sind flüssige Metalle[4]), und bei Messing Ammoniak[5]) und Quecksilbersalz-Lösungen[6]).

Zum Nachweis der Aufreißneigung bei Messing taucht man den betreffenden Gegenstand heute in Quecksilber oder verdünnte Quecksilbersalz-Lösungen ein. Der Gegenstand reißt dann, Abb. 2 und 3, nach einiger Zeit auf. Abb. 2 zeigt einen Rohrabschnitt, der in Sublimatlösung (10 vH) nach 3 h, Abb. 3 einen Stangenabschnitt, der nach etwa einem Tag aufgerissen ist. Das Rohr ist der Länge nach aufgeplatzt, auf der Oberfläche der Stange ist ein Netz von Längs- und Querrissen entstanden.

Nur kaltverformter Werkstoff neigt zum Aufreißen. Durch Glühen wird die Gefahr beseitigt; und in den ersten Untersuchungen wurde schon erkannt, daß hierzu Temperaturen ausreichen, bei denen die Härtung durch

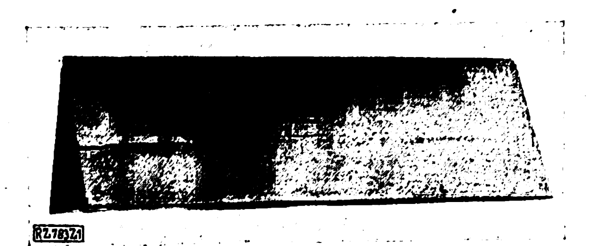


Abb. 1
Dreikantrohr aus Messing, beim Eingießen von Zink aufgeplatzt

[1]) Ein Versuch in dieser Richtung ist in dem Werk „Grundbegriffe der mechanischen Technologie", Leipzig 1925, unternommen worden.

[2]) Herrn Obering. W. Wunder bin ich für Mitteilung einer Anzahl von Tatsachen aus seinem reichen Erfahrungsschatz und für die Unterstützung bei der Auswahl des Versuchsmaterials zu Dank verpflichtet.

[3]) H. Leistner, Z. f. Metallk. Bd. 16 (1924) S. 429; C. Diegel, Verh. Ver. Bef. Gewerbefleiß Bd. 85 (1906) S. 177.

[4]) H. J. Miller, Journ. Inst. Metals Bd. 37 (1927) S. 183; H. J. Hartley, Journ. Inst. Metals Bd. 37 (1927) S. 193; R. Genders, Journ. Inst. Metals Bd. 37 (1927) S. 215.

[5]) C. Diegel, a. a. O.

[6]) H. Leistner, a. a. O.



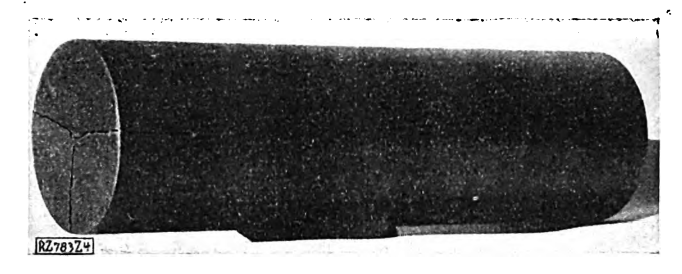


Abb. 4
Abschnitt einer gerichteten Messingstange, in Sublimatlösung aufgerissen

die Kaltverformung noch nicht beeinträchtigt wird. Messinggegenstände, bei denen die Aufreißneigung vorliegt, pflegt man heute bei 250 bis 300 °C auszuglühen.

Auch hat sich gezeigt, daß die Aufreißgefahr von Drähten, Stangen und Profilen wesentlich vermindert wird, wenn sie gerade gerichtet werden. Für Stangen verwendet man besondere Richtmaschinen oder Abrollbänke, in denen die Stangen durch schräglaufende Walzen umlaufend eingezogen und dabei um einen geringen Betrag gestaucht werden. Drähte zieht man über eine Anzahl von Rollen oder Nägeln, und Profile kann man durch ein schwaches Strecken in einer Ziehbank richten. Wenn aus irgendwelchen Gründen ein Ausglühen oder Richten unterbleibt, so hilft man sich dadurch, daß man Stangen mit einem Holzhammer abklopft, Drahtringe auf den Boden staucht oder in irgendeiner andern Weise kleine bleibende Verformungen erzwingt. Aber selbst durch Abrollen wird die Aufreißgefahr nur unvollkommen beseitigt. Wie Abb. 4 zeigt, riß ein Abschnitt von einer abgerollten Stange noch in Quecksilbersalz-Lösung nach einem Tag an den Enden ein.

Schon frühzeitig ist erkannt worden, daß für das Aufreißen innere Spannungen verantwortlich sind, die nach Kaltverformungen im Werkstoff zurückbleiben. Eine klare Vorstellung von der Bedeutung innerer Spannungen (Reckspannungen) für das Aufreißen und ein Verfahren zur Bestimmung ihrer Größe und Verteilung verdanken wir jedoch erst Heyn und Bauer[7]). Durch Abdrehen oder Ausdrehen von Stangen (und Rohren) entstehen Längenänderungen, aus denen die inneren Spannungen berechnet wurden. Andre Forscher haben sich dann ein mehr überschlägliches Bild von den größten Spannungen, die im Werkstoff nach der Verformung zurückbleiben, dadurch zu verschaffen gesucht, daß sie die beim Loslösen von Streifen des Gegenstandes eintretenden Verkrümmungen feststellen[8]). Erwärmen auf niedrige Temperaturen beseitigt die inneren Spannungen[9]), und zwar um so vollständiger, je größer die vorangegangene Kaltverformung war. Durch Richten verschwinden die Zugspannungen an der Außenhaut[10]), durch Abrollen werden sie in Druckspannungen verwandelt[11]).

Einen praktisch vollständigen Einblick in die Spannungsverteilung kann aber auch das Verfahren von Heyn und Bauer nur für Bleche geben, wo hauptsächlich Spannungen in der Walzrichtung auftreten. Aber bei Stangen und Rohren zeigt es sich, daß ein Aufreißen in den meisten Fällen nicht in der Querrichtung, Abb. 3, sondern in der Längsrichtung, Abb. 2 und 4, eintritt. Die Spannungen, die zu solchen Brüchen führen, müssen dann aber in Richtung des Querschnittumfanges gerichtet sein[12]).

Die Feststellung solcher Ringspannungen t, neben den Längsspannungen s, und auch der Radialspannungen r, die den Spannungszustand vervollständigen, kann man jedoch durch Erweiterung des Gedankenganges von Heyn und Bauer leicht vornehmen[13]). Dreht man einen Stab- oder Rohrabschnitt vom Querschnitt f_b stufenweise von innen auf einen Querschnitt f aus und stellt außer dem Verlauf der dabei entstehenden Längenänderungen λ auch den der Dickenänderungen ϑ fest, so können die Spannungen nach folgenden Gleichungen berechnet werden:

$$s = \frac{E}{1-\mu^2}\left[(f_b - f)\frac{d(\lambda + \mu\vartheta)}{df} - (\lambda + \mu\vartheta)\right]$$

$$t = \frac{E}{1-\mu^2}\left[(f_b - f)\frac{d(\vartheta + \mu\lambda)}{df} - \frac{f_b + f}{2f}(\vartheta + \mu\lambda)\right]$$

$$r = \frac{E}{1-\mu^2}\,\frac{f_b - f}{2f}(\vartheta + \mu\lambda),$$

worin E den Elastizitätsmodul, μ die Querdehnungszahl des Stoffes bedeutet.

Auf diesem Wege wurde der innere Spannungszustand in Rohren und verschieden behandelten Stangen aus 58er Messing ermittelt[14]). Abb. 5 bis 22 veranschaulichen das Ergebnis einiger Versuche, wobei die ermittelten Spannungen über dem sich beim Ausdrehen vergrößernden Hohlquerschnitt aufgetragen sind.

In einem Messingrohr, das in Sublimatlösung nach 3 h aufriß, waren die Ringspannungen an der hauptsächlich gefährdeten Außenhaut wesentlich größer als die Längsspannungen, Abb. 5 bis 7. Dies steht in schöner Übereinstimmung mit dem Verlauf des durch Quecksilbersalz-Lösung hervorgerufenen Risses, Abb. 2. Die größten Spannungen lagen mit 10 kg/mm² nur in der Höhe von etwa ¼ der Festigkeit des Werkstoffes. Die Radialspannungen sind ohne Bedeutung.

Bei einer Messingstange, die auf 33 mm Dmr. gepreßt und dann in einem Zuge auf 30 mm herabgezogen wurde, waren die Spannungen mehrfach höher als im Rohr, Abb. 8 bis 10. Trotzdem riß die Stange erst nach eintägigem Lagern in Sublimat auf. Die Quecksilberprüfung gibt also in der Dauer bis zum Aufreißen keine Auskunft über die Größe der Spannungen; kompaktere Gegenstände brauchen anscheinend längere Zeit zum Bruch als dünnwandige. Bei der Stange erwiesen sich nach Abb. 8 und 9 die Längs- und Ringspannungen an der Außenhaut als annähernd gleich groß; daher zeigt die Stange, entsprechend Abb. 3, nach der Quecksilberprüfung ein Netz von Längs- und Querrissen.

Durch Anlassen auf 300°, 1 h, wurden die Spannungen innerhalb der Fehlergrenzen der Messung (± 1 kg/mm²) vollständig beseitigt. Die Härte ($H_{10/250}$) fiel hierbei nur von 139 auf 111 Einheiten. Die Härte des bei 560° ausgeglühten Stoffes wurde zu 68 bestimmt.

Durch Abrollen wurde der Spannungszustand in den Stangen entsprechend Abb. 11 bis 13 gänzlich verändert. Die Zugspannungen an der Oberfläche der unabgerollten Stange sind bis zu einer Tiefe von etwa ⅛ der Stabdicke in Druckspannungen verwandelt, und im übrigen Teil der

[7]) E. Heyn und O. Bauer, Int. Z. Metallogr. Bd. 1 (1911) S. 16; „Stahl und Eisen" Bd. 31 (1911) S. 760; Mitt. Mat. Prüf Amt Bd 29 (1911) S 1; E. Heyn, „Stahl und Eisen" Bd. 32 (1912) S. 2097; Bd. 37 (1917) S. 442 u. f.; Bd. 38 (1918) S. 846; Mitt. Mat.-Prüf.-Amt Bd. 35 (1917) S. 1; Naturwiss. Bd. 9 (1921) S. 321.

[8]) P. D. Merica und R. W. Woodward, Bur. Stand. Techn. Paper Nr. 82 (1917); W. H. Hatfield und G. L. Thirkell, Journ. Inst. Metals Bd. 22 (1919 II) S. 67; A. M. Portevin, Journ. Iron Steel Inst. Bd. 108 (1923 II) S. 71; R. J. Anderson und E. G. Fahlmann, Journ. Inst. Metals Bd. 32 (1924 II) S. 367.

[9]) H. Heyn, Mitt. Mat.-Prüf.-Amt Bd. 33 (1917) S. 1; A. Moore und S. Beckinsale, Journ. Inst. Metals Bd. 23 (1920 I) S. 225; Bd. 25 (1921 I) S. 35; Bd. 27 (1922 I) S. 149; H. Moore, S. Beckinsale und C. E. Mallinson, Journ. Inst. Metals Bd. 25 (1921 I) S. 35; S. Beckinsale, Journ. Inst. Metals Bd. 29 (1923 I) S. 285; G. Masing, Z. f. Metallk. Bd. 16 (1924) S. 257 u. f.; R. J. Anderson und E. G. Fahlmann, Journ. Inst. Metals Bd. 31 (1925 II) S. 271.

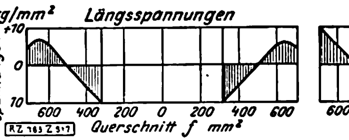
[10]) G. Masing, Z. f. Metallk. Bd. 17 (1925) S. 183.

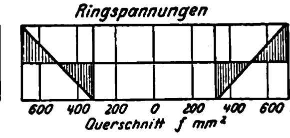
[11]) Ich verdanke diese Angabe, die durch die vorliegenden Versuche bestätigt wird, einer noch unveröffentlichten Untersuchung von Prof. Dr.-Ing. E. h. O. Bauer.

[12]) E. Heyn, Mitt. Mat.-Prüf.-Amt Bd. 35 (1917) S. 1; R. H. N. Vaudrey und W. E. Ballard, Trans. Faraday Soc. Bd. 17 (1921) S. 52; H. Moore und S. Beckinsale, Journ. Inst. Metals Bd. 27 (1922) S. 149; R. J. Anderson und H. Fahlmann, Journ. Inst. Metals Bd. 32 (1924 II) S. 367.

[13]) G. Sachs, Z. f. Metallk. Bd. 19 (1927) S. 352.

[14]) Der Werkstoff wurde freundlichst vom Kabelwerk der AEG zur Verfügung gestellt.





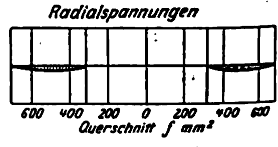


Abb. 5 bis 7. Innere Spannungen in einem Messingrohr

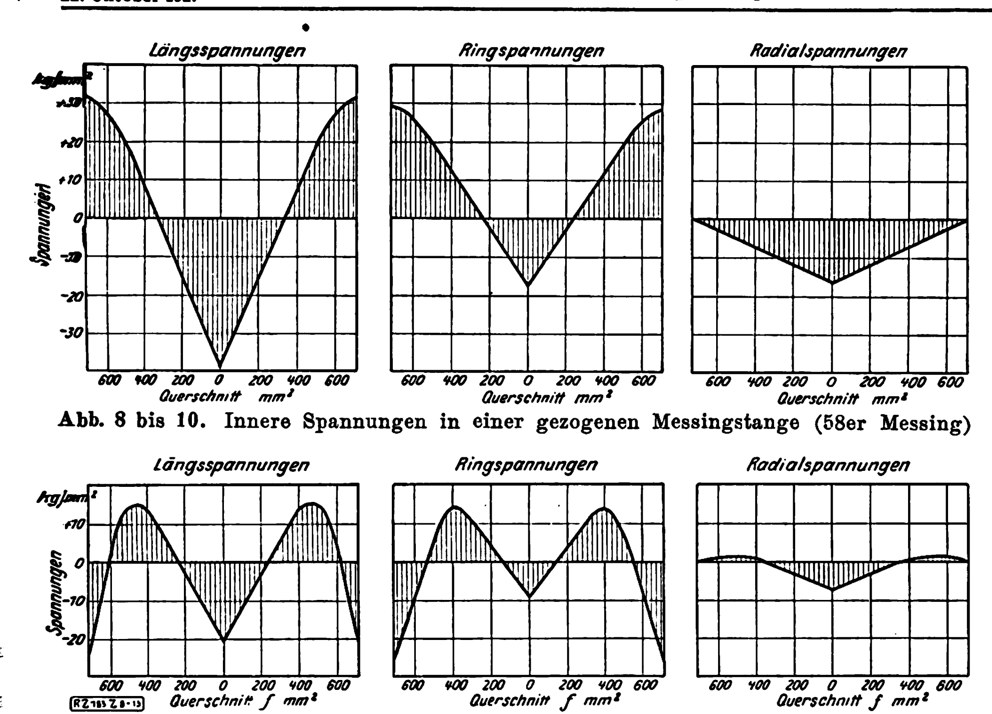


Abb. 8 bis 10. Innere Spannungen in einer gezogenen Messingstange (58er Messing)

Abb. 11 bis 13
Innere Spannungen in einer abgerollten Messingstange

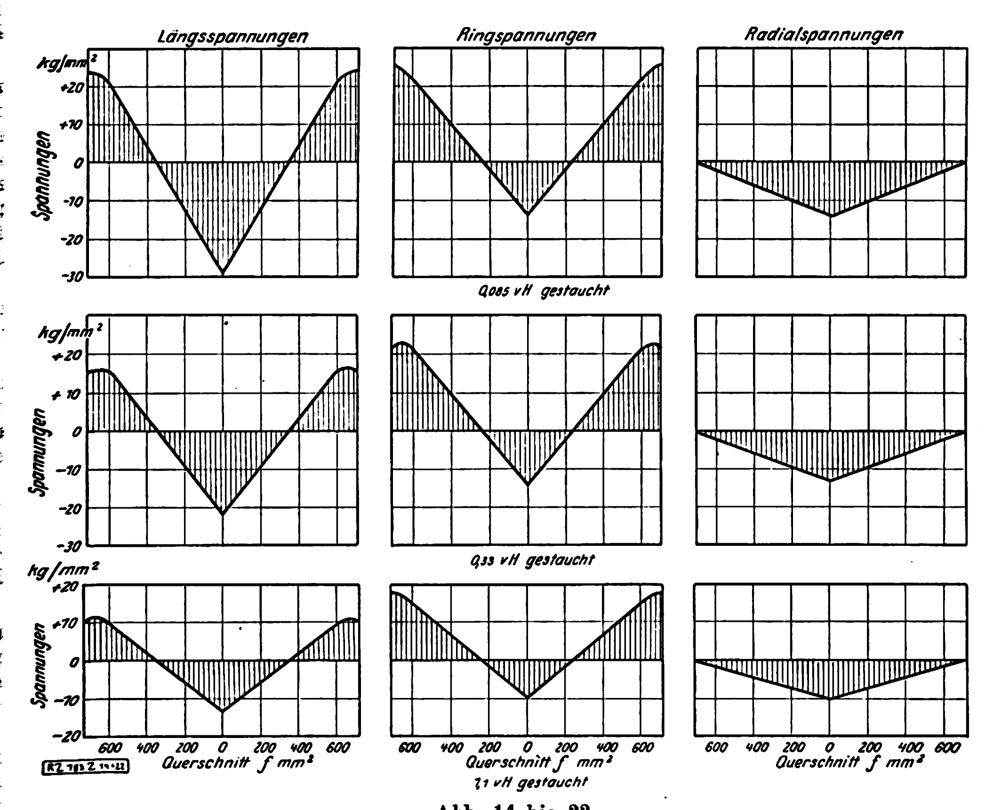


Abb. 14 bis 22
Veränderung der inneren Spannungen einer Messingstange durch Stauchen

Stange ist zwar die Verteilung der Spannungen ähnlich geblieben, ihre Größe aber etwa auf die Hälfte herabgesetzt. In Sublimatlösung riß ein Abschnitt der abgerollten Stange jedoch noch, entsprechend Abb. 4, an den Enden auf. Dies erklärt sich dadurch, daß im Schnitt Teile der Stange freigelegt werden, die unter Zugspannungen stehen. In einem solchen Falle wird also die Aufreißgefahr durch das Abrollen nicht beseitigt.

Die Wirkung des Abklopfens läßt sich auf dem hier eingeschlagenen Wege schlecht verfolgen, da durch die wenig durchsichtige Verformung die Spannungsverteilung sicherlich ungleichmäßig beeinflußt wird. Die Berechnung der Spannungen setzt aber voraus, daß der Zustand der Stangen angenähert rotationssymmetrisch ist. Dagegen dürfte das Strecken in der Ziehbank nicht anders als Stauchen wirken. Es wurden daher Rohrabschnitte um 0,085, 0,33 und 1,1 vH gestaucht. Wie Abb. 14 bis 22 zeigen, bewirkt zunehmendes Stauchen allmählich die erwartete Verminderung der Spannungen, und zwar besonders der Längsspannungen. In Abb. 23 ist die Veränderung der Längs- und Ringspannungen in Abhängigkeit von der Größe der Stauchung aufgetragen. Eigenartigerweise reicht selbst eine Verformung von 1,1 vH noch nicht aus, um die Spannungen vollständig zu beseitigen.

Die Aufreißgefahr von Messing usw. kann also zuverlässig mit der Anwesenheit von Reckspannungen verknüpft werden. Das Zurückbleiben innerer Spannungen nach ungleichmäßigen Verformungen ist durch die Gesetze der Spannungsverteilung gegeben und sogar in einfachen Fällen (Biegen, Verdrehen) rechnerisch faßbar[15]). Ihre Anwesenheit ist nicht auf Metalle beschränkt, sondern sie treten bei jedem Stoffe auf, der die Fähigkeit zum Fließen aufweist. Auch bei gebogenen Steinsalzkristallen können z. B. Reckspannungen durch Formänderungen, die beim Ablösen der Oberflächenschichten entstehen, nachgewiesen werden[16]).

Der Zusammenhang zwischen der Aufreißgefahr und der Größe und Verteilung der inneren Spannungen ist jedoch nicht einfach. Der Bruch, der übrigens stets längs den Korngrenzen verläuft, tritt dort ein, wo unter Zugspannungen stehende Teile durch chemischen Angriff geschwächt oder zusätzlichen Beanspruchungen ausgesetzt werden. Risse bilden sich dementsprechend im großen ganzen senkrecht zur Richtung der Zugspannungen aus. Die Größe der Zugspannungen ist jedoch anscheinend nicht allein bestimmend für die Aufreißgefahr.

Bei dem untersuchten Rohr war die Aufreißgefahr, wenigstens nach der Quecksilberprüfung beurteilt, größer als bei der Stange, während die inneren Spannungen im umgekehrten Verhältnis zueinander standen. Anderseits ist es aber in der Praxis bekannt, daß Stangen stärker als Rohre zum Aufreißen neigen. Danach würde also die zahlenmäßige Ermittlung der inneren Spannungen über ihre Wirkung einen besseren Aufschluß geben als die Quecksilberprüfung. Auch führt diese nur bei einigen Messingsorten zum Erfolg, und ihre Wirksamkeit ist von der Zusammensetzung der Legierung abhängig. Die genaue Bestimmung der inneren Spannungen bietet also

[15]) Vergl. A. und L. Föppl, Drang und Zwang, Bd. II, München und Berlin 1920. S. 297.
[16]) M. Polanyi und G. Sachs, Z. f. Phys. Bd. 33 (1925) S. 692.

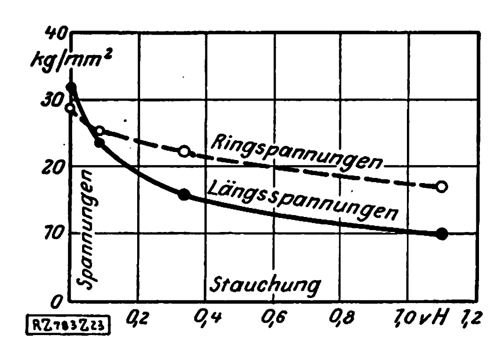


Abb. 23
Veränderung der größten Zugspannungen in Messingstangen durch Stauchen

einen wesentlich vollständigen Einblick in den Zustand des Stoffes; die zuverlässige Durchführung ist aber umständlich[17]) und das Verfahren nur bei einfach gestalteten Gegenständen anwendbar.

Eine überschlägliche Ermittlung der inneren Spannungen aus den Verbiegungen beim Ausschneiden von Streifen gibt dagegen keinen sicheren Aufschluß. Es kann eine Spannungsverteilung vorliegen, wo, wie bei der abgerollten Messingstange, die inneren Spannungen kein Moment ausüben und ein ausgeschnittener Streifen sich infolgedessen nicht verbiegen würde. Das Verfahren erscheint daher nur dann aufschlußreich, wenn man von vornherein über die Verteilung der inneren Spannungen unterrichtet ist und sich nur ein Bild von ihrer Größe verschaffen will.

Elastizitätsgrenze und Streckgrenze

Es ist eine heiß umstrittene Frage, welche praktische Bedeutung den Kennziffern Elastizitäts-, Proportionalitäts- und Streckgrenze [bei Nichteisenmetallen[18])] zukommt, die das Auftreten kleiner bleibender Verformungen anzeigen. Von der einen Seite wird betont, daß ein Konstruktionsteil im Betriebe keine bleibenden Verformungen erleiden dürfe und daher die Feststellung der genannten Grenzen für eine genaue Beurteilung unerläßlich sei. Von der Gegenseite wird eigentlich nur eingewendet, daß eine zuverlässige Ermittlung dieser Kennziffern für die Praxis zu umständlich sei. Bisweilen wird auch darauf hingewiesen, daß allgemeine Vereinbarungen über diese Grenzen vorläufig nicht beständen und daher mit den bisher bekannt gewordenen Zahlenangaben wenig anzufangen sei. Dagegen gäbe die Festigkeit, wenn sie vielleicht auch vom physikalischen Gesichtspunkt aus nicht einfach zu deuten sei, einen zuverlässigen Anhalt für die Belastungsfähigkeit eines Werkstoffes, besonders, wenn, wie bei Dauerversuchen, die Beanspruchungsverhältnisse denen in der Praxis angepaßt würden.

[17]) G. Sachs, Z. f. Metallk. Bd. 19 (1927) S. 352.
[18]) Von der Streckgrenze des weichen Stahls, die im Gegensatz zu der Streckgrenze von Nichteisenmetallen eine Naturgrenze ist (vergl. M. Moser, Forschungsarb. V. d. I. H. 285 S. 74), ist hier nicht die Rede. Dagegen dürfte sich harter Stahl vielfach ganz ähnlich wie Nichteisenmetalle verhalten.

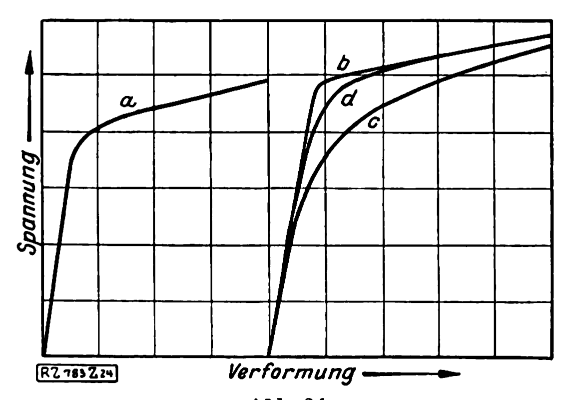


Abb. 24
Kennzeichnende Verformungskurven

a geglüht
b, *c* kaltverformt { in gl. Richtung wie kaltverformt / in entgegengesetzter Richtung
d angelassen

Gegen eine Verwendung der Elastizitäts-, Proportionalitäts- und Streckgrenze als Kennziffern liegen jedoch noch viel wichtigere Bedenken als die angeführten vor. Wie schon Bauschinger[19]) bezüglich der Proportionalitätsgrenze erkannte, sind diese Grenzen außerordentlich empfindlich, ohne daß damit wirkliche Eigenschaftsänderungen des Werkstoffes angezeigt werden. Durch eine kleine Dehnung wird z. B. die Proportionalitätsgrenze gegen Zug erhöht, gegen Druck herabgesetzt (Bauschinger-effekt). Die Beobachtung von Bauschinger ist, wie die Versuche von Masing[20]) an Messing gezeigt haben, von allgemeiner und grundlegender Bedeutung. Sie wird bei Stahl allerdings durch eine Reihe andrer verwickelter Erscheinungen verdeckt, die vorläufig noch ungeklärt sind[21]) und vermutlich mit dem eigenartigen Vorgang des Alterns zusammenhängen.

Aus den Untersuchungen von Masing sowie eigenen Versuchen läßt sich für einen Stoff ohne natürliche Streckgrenze, also z. B. Messing und Duralumin, folgendes Verhalten als kennzeichnend ansehen.

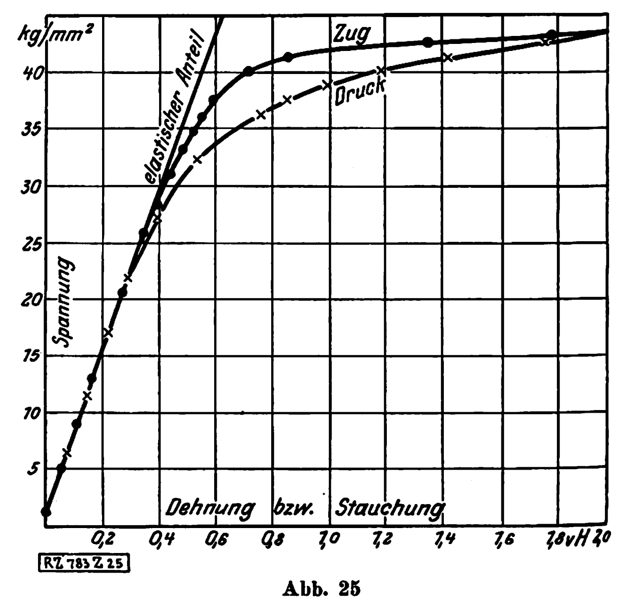


Abb. 25
Verformungskurven von gezogenem Duralumin (Marke 681 B H_1)

Im unbeanspruchten Zustande (gegossen oder geglüht) gehen, Abb. 24 *a*, dem eigentlichen Fließen bleibende Verformungen bis 0,5 vH und darüber voraus; sie nehmen mit steigender Last zu, während das eigentliche Fließen, besonders bei Stoffen mit geringer Verfestigung, ziemlich plötzlich einsetzt.

Wird ein Probestab bis zu einem gewissen Betrage vorgereckt, etwa durch Zug, so treten nun bei wiederholter Zugbeanspruchung, Abb. 24 *b*, vor dem Fließen nur geringe bleibende Reste auf. In umgekehrter Richtung jedoch, also im betrachteten Falle bei Druckbeanspruchung, sind schon, wie Abb. 24 *c* zeigt, bei den geringsten Lasten erhebliche bleibende Verformungen da; und das eigentliche Fließen setzt erst bei Verformungen von mehreren Hundertsteln ein. Der eigentliche Fließbeginn ist natürlich bei einem solchen Kurvenverlauf schwer festzustellen.

Durch Anlassen bei niedrigen Temperaturen nähern die Zug- und Druckkurve wieder einander und können

[19]) J. Bauschinger, Mitt. Mech. Techn. Labor. München H. 13 (1886); Ziviling. Bd. 27 (1881) S. 289.
[20]) G. Masing, Z. Techn. Phys. Bd. 6 (1925) S. 569; Wiss. Ver. Siemens-Konzern Bd. 5 (1926) S. 135; G. Masing und W. Mauksch, Wiss. Ver. Siemens-Konzern Bd. 4 (1925) S. 74; Bd. 5 (1926) S. 142.
[21]) J. Muir, Phil. Trans. Bd. 193 A (1900) S. 1; Bd. 198 A (1902) S. 1; M. Rudeloff, Mitt. K. Techn. Vers.-Anst. Berlin (1901) Erg.-Heft 1; I. A. van den Brock, Carnegie Scolarship Mem. Bd. 9 (1918) S. 125; vergl. Z. f. Metallk. Bd. 12 (1920) S. 150; F. Körber und W. Rohland, Mitt. aus dem K.-W.-I. f. Eisenforsch. Bd. 5 (1924) S. 37/54.



bei genügend hoher Anlaßtemperatur zusammenfallen. Die gemeinsame Kurve, Abb. 24 *d*, zeigt dann ein ähnliches Aussehen wie die Kurve des geglühten Werkstoffes, kann aber, da bei niedriger Glühtemperatur eine etwaige Verfestigung nur unvollkommen beseitigt wird, wesentlich höher verlaufen.

Durch das Auftreten der Verfestigung werden die beschriebenen Kurvenformen etwas verwischt, jedoch nicht so stark, als daß sie nicht bei jedem bisher untersuchten Stoff deutlich unterscheidbar sind.

Bei einem verformten Stoff kann also eigentlich von einer Elastizitäts- und Streckgrenze gar nicht gesprochen werden, da sie von der Art der Beanspruchung stark abhängig sind. So zeigt Abb. 25 die Zug- und Druckkurve von Abschnitten eines gezogenen Duraluminstabes. Die Zugkurve läuft zunächst wesentlich höher als die Druckkurve. Nehmen wir der Einfachheit halber eine entsprechende Abweichung von der elastischen Geraden (Elastizitätsmodul ~ 7250 kg/mm²) als Maß für die bleibende Verformung an, so finden wir für Zug oder Druck die Elastizitätsgrenze $\sigma_{0,03}$ (0,03 vH bleibende Verformung) bei 27 oder 32 kg/mm², die Streckgrenze $\sigma_{0,2}$ bei 35 oder 40,5 kg/mm² und $\sigma_{0,5}$ bei 39 oder 42 kg/mm². Je nach der Richtung der Beanspruchung können also Unterschiede bis 20 vH und bei empfindlicheren Grenzen, etwa $\sigma_{0,001}$, noch wesentlich größere auftreten.

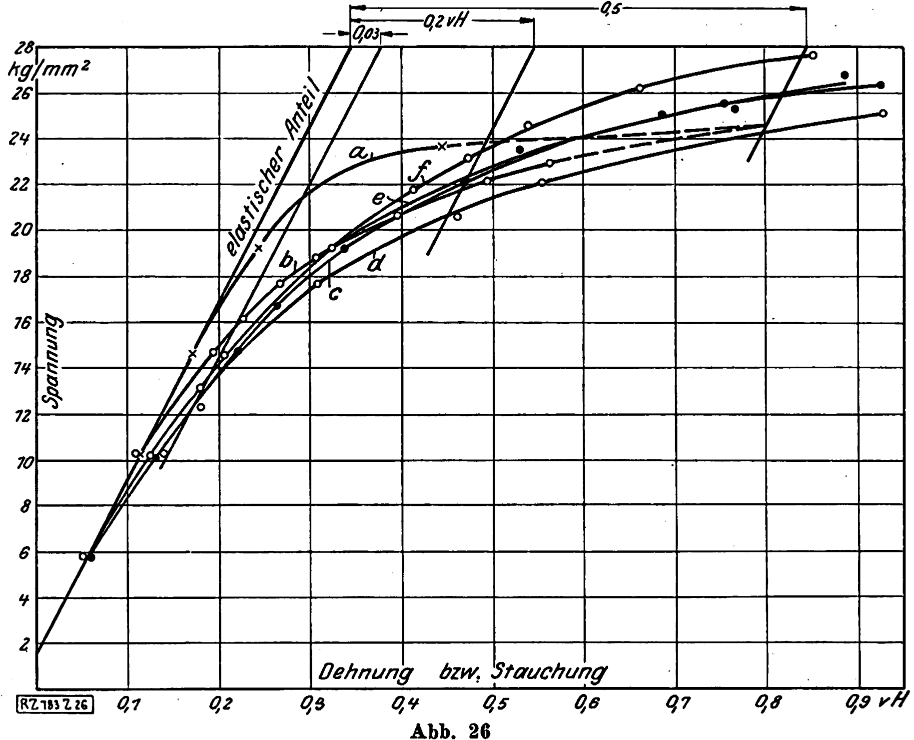


Abb. 26
Verformungskurven von Duralumin bei abwechselnder Zug- und Druckbeanspruchung

a Druckkurve des veredelten Stoffes
b Zug nach 0,163 vH Stauchung
c Druck „ 0,292 „ Dehnung
d Zug nach 0,611 vH Stauchung
e Druck „ 1,29 „ Dehnung
f Zug „ 2,42 „ Stauchung

Bis zu welchem Grade diese Unsymmetrie bei geglühtem Duralumin unmittelbar nach einer Beanspruchung anwachsen kann, zeigen Abb. 26 und 27. Die Versuche wurden so ausgeführt, daß ein Probestab abwechselnd durch Zug und Druck um wachsende Beträge (0,1 vH, 0,3 vH, 0,6 vH, 1,3 vH, 2,4 vH) verformt und jedesmal die Spannungs-Verformungskurven verfolgt wurden. Wie besondere Versuche gezeigt haben, ist der Verlauf einer solchen Kurve in Abb. 26 praktisch der gleiche, wie wenn die vorangegangene Verformung unmittelbar an geglühtem Werkstoff vorgenommen wurde. Durch einen bestimmten Verformungsbetrag wird also die Vorbehandlung, wenn sie in erheblich geringeren Verformungen besteht, beseitigt, d. h. nur hinsichtlich des allgemeinen Kurvenverlaufs, nicht aber in bezug auf die Höhe der Verfestigung. Diese schreitet vielmehr entsprechend Abb. 28 und 29 mit jeder Verformung weiter fort; bei Duralumin, Abb. 28, ist dabei im Gegensatz zu Messing, Abb. 29, der Widerstand gegenüber Druck etwas größer als gegenüber Zug.

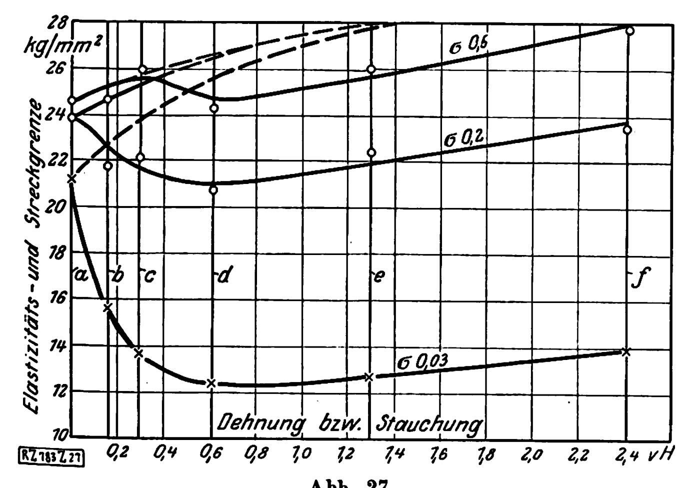


Abb. 27
Beeinflussung der Elastizitäts- und Streckgrenze von Duralumin durch vorangegangene Verformungen in entgegengesetzter Richtung. (Gestrichelt ist die Veränderung bei gleichgerichteter Beanspruchung eingezeichnet.)

a Druck veredelt *b* Zug nach 0,163 vH Stauchung *c* Druck nach 0,292 vH Dehnung *d* Zug nach 0,611 vH Stauchung *e* Druck nach 1,29 vH Dehnung *f* Zug nach 2,42 vH Stauchung

Den Verformungskurven, Abb. 26, sind dann wieder die entsprechenden Abweichungen von der elastischen Geraden (Elastizitätsmodul ~ 7700 kg/mm²) als Elastizitäts- und Streckgrenze entnommen und in Abb. 27 in Abhängigkeit vom vorangegangenen Verformungsbetrage (der in umgekehrter Richtung erfolgt war) aufgetragen. Zum Vergleich ist in Abb. 27 gestrichelt die Veränderung der Elastizitäts- und Streckgrenze bei gleichgerichteter Beanspruchung eingezeichnet. Abb. 27 ist zu entnehmen, daß die Elastizitätsgrenze $\sigma_{0,03}$ von Duralumin durch eine vor-

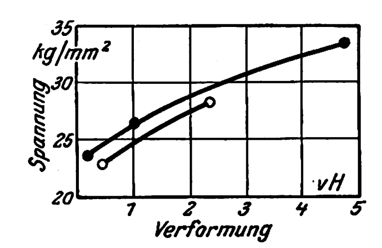


Abb. 28
Verfestigung von Duralumin (681 B) bei wechselnder Beanspruchung

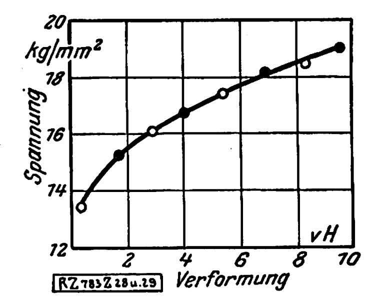


Abb. 29
Verfestigung von Messing (Ms 72) bei wechselnder Beanspruchung

angegangene Verformung in einer der Prüfrichtung umgekehrten Richtung bis unter den halben Wert herabgedrückt werden kann, den sie bei Prüfung in der gleichen Richtung wie vorangegangen annimmt. Die größte Wirkung tritt bei etwa 0,7 vH ein; darüber steigt die Elastizitätsgrenze wieder infolge Verfestigung. Die Streckgrenzen $\sigma_{0,2}$ und $\sigma_{0,5}$ sind weniger beeinträchtigt, verhalten sich im übrigen gleichartig wie die $\sigma_{0,03}$-Grenze. Niedriger liegende Grenzen können bis auf 0 herabgedrückt werden. Bei Messing wurden noch stärkere Unterschiede als bei Duralumin festgestellt.

Zur Erklärung der beschriebenen verwickelten Erscheinungen (Bauschingereffekt) ist Heyn[22]) von der Vorstellung ausgegangen, daß jeder wirkliche Stoff aus verschiedenen harten Teilchen besteht. Bei einem solchen Verbundkörper würden zunächst allein die weicheren Teilchen fließen, bis die Elastizitätsgrenze der härteren erreicht ist. Wegen der ungleichmäßigen Spannungsverteilung müssen dann bei der Entlastung innere Spannungen zurückbleiben; und bei entgegengesetzter Beanspruchung muß frühzeitig Fließen einsetzen. Die Modellvorstellung (Federn in einer plastischen Masse) von Heyn erklärt also in der Tat das Auftreten des Bauschingereffektes.

Masing[23]) hat dann zur Erklärung des Bauschingereffektes den Aufbau des Werkstoffes aus einem Haufwerk von Kristallen mit verschieden hohen Elastizitätsgrenzen herangezogen. Auf Grund dieser Vorstellung konnte er aus der ursprünglichen Kurve die Kurve bei entgegengesetzter Beanspruchung mit einiger Annäherung berechnen[24]). Die Versuche ergaben jedoch stets einen größeren Effekt, d. h. einen flacheren Kurvenverlauf als die Rechnung. Als Erklärung hierfür erwägt Masing auch die Möglichkeit, daß sich der einzelne Kristall einseitig verfestige.

Versuche an einzelnen Kristallen von Messing, die ich gemeinsam mit H. Shoji durchgeführt habe[25]), ergaben nun überraschenderweise ähnliche große Effekte wie bei gewöhnlichen kristallinen Werkstoffen. Hierbei fällt noch besonders ins Gewicht, daß das Fließen bei Kristallen schon bei sehr geringen Spannungen ($\sim$ 2,5 kg/mm²) lebhaft einsetzt und die elastischen Formänderungen dann sehr gering sind. Die Bedeutung dieser Versuche liegt darin, daß ein Kristall nicht gut als ein Verbundkörper gedacht werden kann, eine Vorstellung, die für eine Erklärung des Bauschingereffektes auf Grund innerer Spannungen nicht zu umgehen ist. Auf der andern Seite verhält sich der Bauschingereffekt gegenüber Temperaturerhöhungen so vollständig gleichartig den Reckspannungen, daß an einem Zusammenhang mit inneren Spannungen kaum gezweifelt werden kann. Eine Klärung dieser Widersprüche dürfte von erheblicher Bedeutung für unsere Vorstellung vom kristallinen Körper werden.

Mit dem Bauschingereffekt eng verknüpft ist wahrscheinlich auch die Veränderung der Elastizitätskonstanten durch Kaltverformung. Durch Anlassen auf niedrige Temperaturen wird nach den schon vor einiger Zeit abgeschlossenen Versuchen von Kuntze[26]) ebenfalls ein Anteil der Veränderung beseitigt, in ganz gleichartiger Weise wie beim Bauschingereffekt. Und zwar ist der Elastizitätsmodul, der auf übliche Weise gemessen wird, in der Regel auffallend niedrig, so daß anzunehmen ist, daß auch bei den kleinsten Belastungen durch die inneren Spannungen bleibende Verformungen hervorgerufen werden.

Die Reckspannungen und die inneren Spannungen, die für den Bauschingereffekt und die Beeinflussung des Elastizitätsmoduls verantwortlich gemacht werden, sind nicht der gleichen Art Der Bauschingereffekt tritt auch dann nach Kaltverformungen auf, wenn Reckspannungen fehlen; wenn jedoch Reckspannungen nachweisbar sind, dürfte damit auch stets ein Bauschingereffekt verbunden sein. Dies erklärt sich dadurch, daß ein ungleichmäßiges Fließen in großen Bereichen, das zum Auftreten der Reckspannungen führt, vermieden werden kann. Dies ist z. B. bei Zugversuchen der Fall, wo nach einigen Messungen an Messing und Kupfer Reckspannungen nicht nachgewiesen werden konnten. Selbst nach Ausbildung einer schwachen Einschnürung lagen die beim Ausdrehen des Einschnürungsgebietes auftretenden Formänderungen noch innerhalb der Versuchsfehlergrenzen. Innere Ungleichmäßigkeiten, wie sie für das Auftreten des Bauschingereffektes verantwortlich gemacht werden, sind dagegen im Mechanismus der Kristallverformung begründet und daher unvermeidlich.

Anderseits haben die Reckspannungen und der Bauschingereffekt eine sehr gleichartige Temperaturabhängigkeit gemeinsam. Nach größeren Verformungen werden z. B. bei Messing durch Anlassen auf 300 ° beide fast vollständig beseitigt. Dies ist die Hauptstütze der Auffassung, daß der Bauschingereffekt auf inneren Spannungen beruht. Auch röntgenographisch lassen sich sowohl bei gedehnten Kristallen als auch bei gezogenem Draht innere Spannungen nachweisen, die bei verhältnismäßig niedrigen Temperaturen unterhalb der Entfestigung und der Rekristallisation wieder verschwinden[26a]).

Es gibt aber wahrscheinlich noch andere Vorgänge, die ebenfalls mit inneren Spannungen zusammenhängen, aber in anderer Weise von der Temperatur beeinflußt werden. So konnten beim Erhitzen eines verdrehten Kupferstabes noch bis zu 700 ° hinauf Rückdrehungen festgestellt werden[27]). Dies scheint für die vielfach vertretene Ansicht zu sprechen, daß die Rekristallisation ihren Ursprung ebenfalls in inneren Spannungen hat[28]). Sie müßten jedoch wieder andrer Art sein als die hier besprochenen.

Schließlich kann man heute das Verfestigungsproblem so weit als geklärt ansehen, daß die Entstehung von Trennungsflächen infolge der Zerteilung der Kristalle in Gleitschichten und das Zurückbleiben innerer Spannungen infolge der Verkrümmung der Gleitschichten die einzigen sichergestellten physikalischen Tatsachen sind, die zur Erklärung der Verfestigung herangezogen werden könnten[29]). Zwischen der Rekristallisation und der Verfestigung bestehen zwar zweifellos zahlreiche Zusammenhänge; aber beide gehen ihre eigenen Wege und lassen sich nicht miteinander verknüpfen[30]).

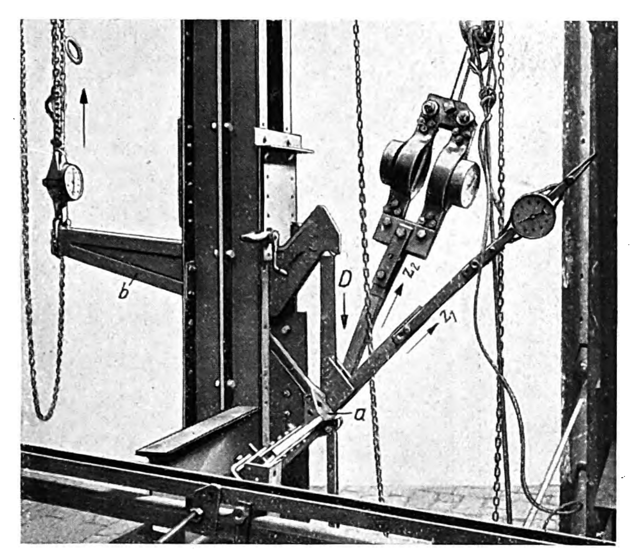
Daher muß durchaus betont werden, daß eine befriedigende Deutung der Verfestigung durch die Entstehung von Trennungsflächen oder die Anwesenheit innerer Spannungen vorläufig nicht gelungen ist. Alle Versuche, eine andere Erscheinung aufzufinden, die in ihrer Verformungs- und Temperaturabhängigkeit der Verfestigung gleichläuft, sind bisher vergeblich gewesen.

Danach scheint, daß unsre heutige Vorstellung vom Kristallgitter noch einer wesentlichen Ergänzung bedarf, ehe die Verfestigung, und besonders auch noch der niedrige Gleit- und Trennungswiderstand der Kristalle gedeutet werden können. Die bedeutende Entwicklung der Atommechanik in jüngster Zeit läßt hoffen, daß auf diesem Weg eine Erklärung der bisher ganz rätselhaften Erscheinungen gelingen wird.

Die Ausführung der Versuche lag zum Teil in Händen von Herrn Böhme, dem für die Unterstützung bestens gedankt sei. [B 785]

---

22) E. Heyn, Festschrift Kaiser-Wilhelm-Ges. (1921) S. 121; vergl. a. H. Hencky, Z. f. angew. Math. u. Mech. Bd. 4 (1924) S. 223.
23) G. Masing, Wiss. Ver. Siemens-Konzern Bd. 3 (1924) S. 231.
24) G. Masing, Wiss. Ver. Siemens-Konzern Bd. 5 (1926) S. 135; G. Masing und W. Mauksch, Wiss. Ver. Siemens-Konzern Bd. 5 (1926) S. 142.
25) G. Sachs und H. Sholl, Z. f. Phys. (im Druck).
26) W. Kuntze, Z. f. Metallk., im Druck; W. Kuntze. G. Sachs und H. Sieglerschmidt, Z. f. Metallk., im Druck.
26a) A. E. van Arkel, „Physica" Bd. 5 (1925) S. 208; F. S. Goucher, Phil. Mag. [7] Bd. 7 (1926) S. 289; K. Becker, Z. f. Phys. Bd. 42 (1927) S. 226; Frh. v. Göler u. G. Sachs, Z. f. Metallk. Bd. 19 (1927) S. 410.
27) M. Polanyi und G. Sachs, Z. f. Metallk. Bd. 17 (1925) S. 227.
28) G. Masing, Z. f. Metallk. Bd. 12 (1920) S. 457; M. Polanyi, Z. f. Metallk. Bd. 17 (1925) S. 94; G. Sachs, Z. f. Metallk. Bd. 17 (1925) S. 85; Bd. 18 (1926) S. 209; W. Feitknecht, Journ. Inst. Metals Bd. 35 (1926, I) S. 13.
29) G. Masing und M. Polanyi, Erg. Exakt. Naturwiss. Bd. 2 (1923) S. 177.
30) R. Karnop und G. Sachs, Z. f. Phys. Bd. 42 (1927) S. 283.



H. Steudel: Über die Zusammenarbeit von Konstruktion, Betrieb und Werkstoffprüfung im Leichtbau

Abb. 1

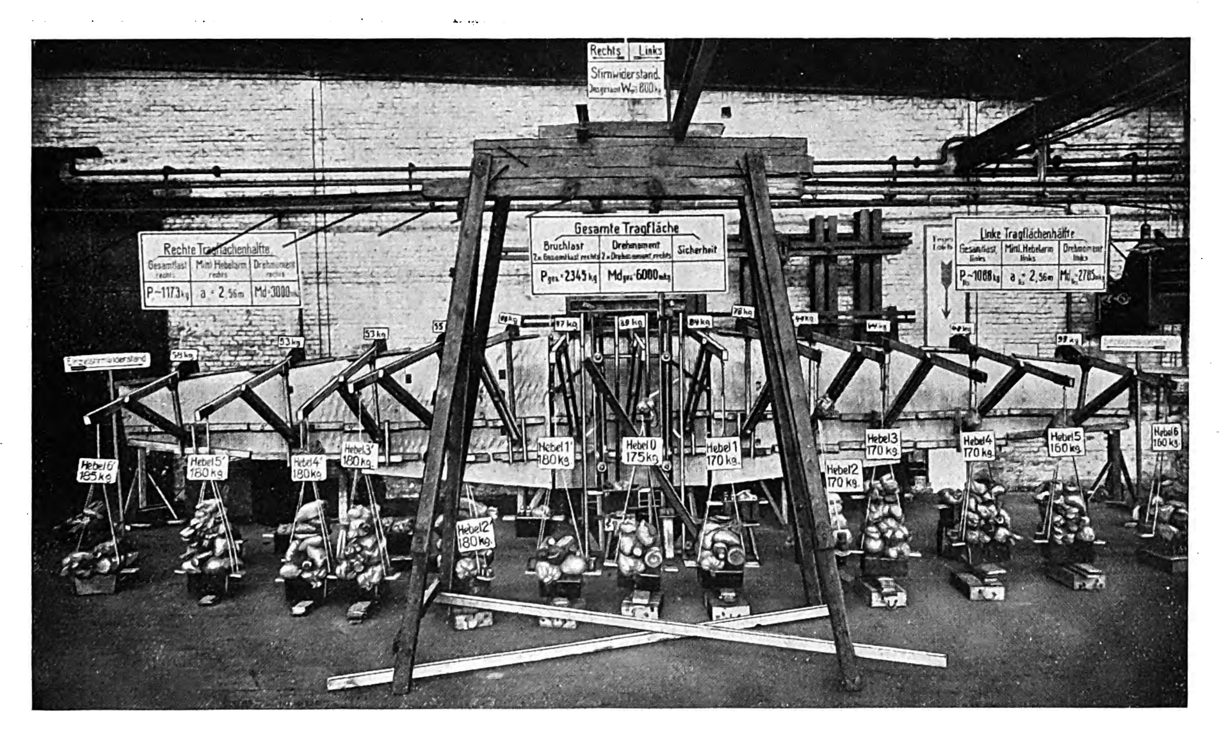
Festigkeitsprüfung eines Flugzeug-Knotenstückes

Auf das Knotenstück *a* werden gleichzeitig zwei Zugkräfte Z_1 und Z_2 sowie eine Druckkraft *D* ausgeübt, alle unter verschiedenen Winkeln. Die Zugkräfte werden unmittelbar mit Flaschenzügen, die Druckkraft unter Zwischenschaltung eines Hebels *b* ausgeübt, die Kräfte werden durch Dynamometer gemessen.

Abb. 3 (unten)

Prüfung eines Flugzeugflügels auf Stirndruck und Verdrehungsfestigkeit

Der Flügel ist in der Mitte fest eingespannt; die freitragenden Enden sind mit Hebeln, an denen Kasten mit Sandsäcken hängen, bis zum Bruch belastet worden.



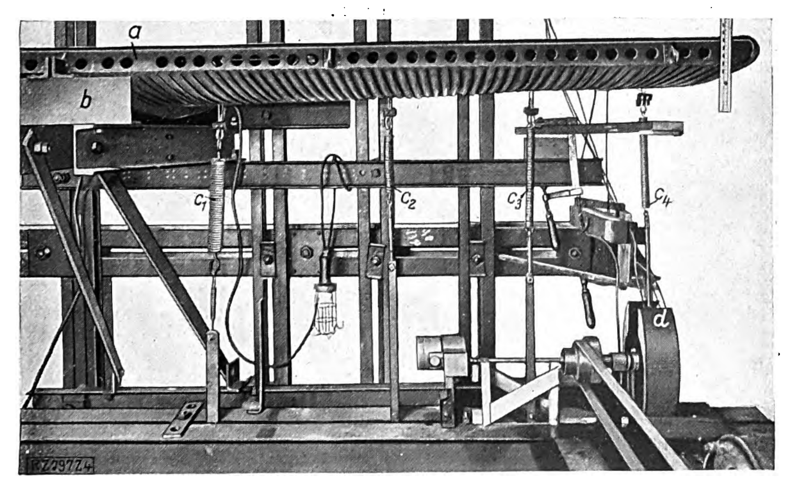


Abb. 4

Prüfung einer Flugzeugfläche auf Schwingungsfestigkeit unter Feststellung der kritischen Schwingungsbereiche

Die Fläche *a* ist auf dem Bock *b* befestigt, die freitragenden Enden sind mit Federn c_1 bis c_4 in bestimmter Höhe vorbelastet; die Feder c_4 wird mit einem Exzenter *d* durch einen Elektromotor auf- und abbewegt, wodurch die ganze Fläche in leichte Schwingungen gerät, die bei den kritischen Schwingungszahlen stärker werden.

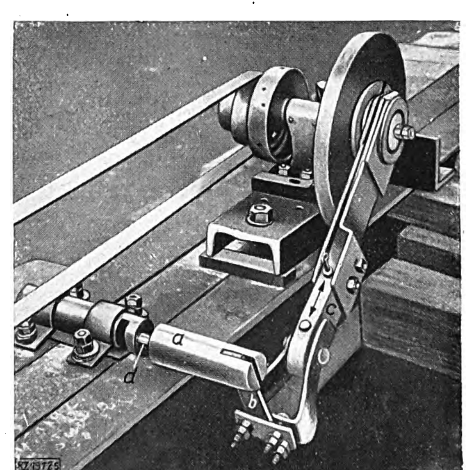


Abb. 5

Dauerbeanspruchungsversuch an einem Kurbelwellen-Modell

An dem in Frage kommenden, hier verkleinerten und vereinfachten Teil der Kurbelwelle *a* greift über einen federnden Hebel *b* eine Schubstange *c* an, die den Kurbelzapfen *d* gleichzeitig auf Biegung und Verdrehung beansprucht.

H. Steudel: Über die Zusammenarbeit von Konstruktion, Betrieb und Werkstoffprüfung im Leichtbau



Abb. 8 a
Flußstahl-Walzstange
20 × 34 mm²

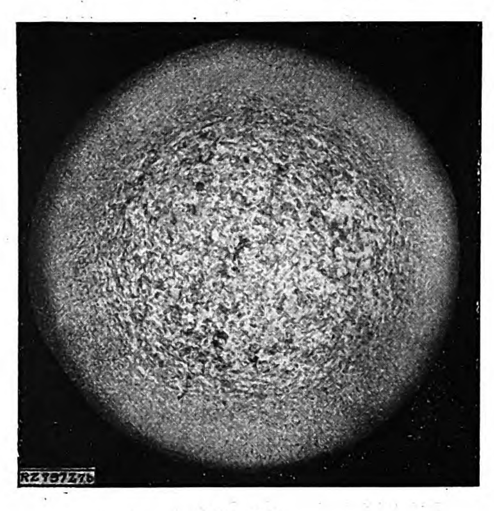


Abb. 8 b
Leichtmetall A, Rundstange
65 mm Dmr.



Abb. 8 c
Leichtmetall B, Rundstange
40 mm Dmr.

Abb. 8
Beispiele für Festigkeitsunterschiede einiger Werkstoffe in der Kernzone

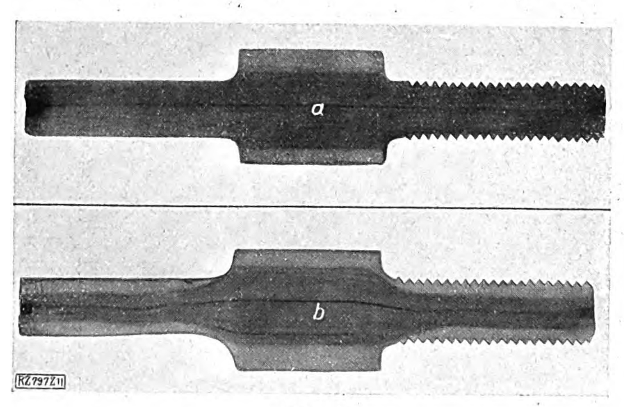


Abb. 12
Ungünstig und richtig hergestellter Bolzen

a) Der Bolzen ist aus dem Vollen herausgearbeitet; die reine Randzone (hell) ist größtenteils fortgedreht, das Gewinde und der glatte Zapfen verlaufen in der spröden Seigerungszone (dunkel).

b) Das Stück ist möglichst weit vorgeschmiedet, die Seigerungszone ist weiter ins Innere gedrückt, das Gewinde verläuft jetzt in der guten Außenzone.

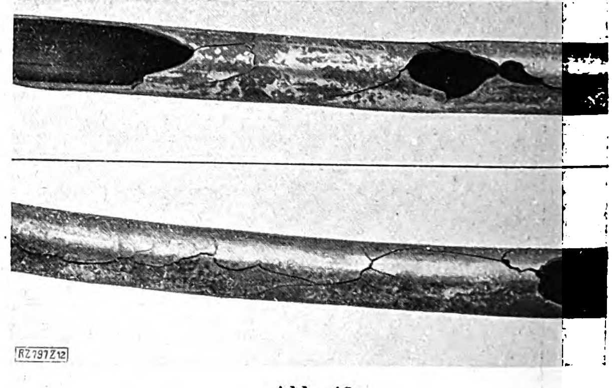


Abb. 13
Stark kaltgezogenes Messingrohr, im Betriebe durch innere Spannungen ohne äußere Beanspruchung aufgeplatzt

Die durch Kaltbehandlung hervorgerufenen Werkstoffspannungen lassen sich durch mechanische Nachbehandlung oder Ausglühen beseitigen.

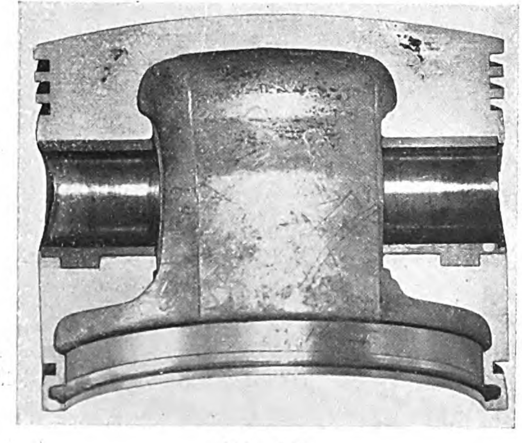


Abb. 14
Poröse Stellen an Querschnittsanhäufungen

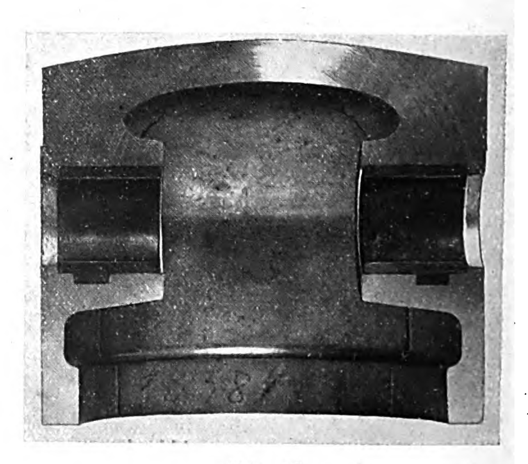


Abb. 15
Poröse Stellen beseitigt durch Verringerung der Querschnittsanhäufungen und Verbesserung des Gießverfahrens

Abb. 14 und 15
Aluminiumkolben (Kokillenguß)

Über die Zusammenarbeit von Konstruktion, Betrieb und Werkstoffprüfung im Leichtbau

Von *H. Steudel*, *Forschungsanstalt Prof. Junkers, Dessau*

Anwendung des Leichtbaues und Wege zu seiner Durchführung. — Die Entwicklung der Konstruktion wird durch Vorversuche an Modellen unterstützt, die den Konstruktionsteilen nachgebildet sind. — Der Werkstoffprüfer muß besonders im Leichtbau mit dem Konstrukteur und auch mit dem Werkstoffhersteller zusammenarbeiten. — Durchführung der Werkstoffprüfung und Beispiele.

Hierzu Textblatt 15 und 16

Auf vielen Zweigen des Maschinenbaues beobachten wir die Entwicklung zum Leichtbau, besonders dort, wo größere Massen häufig beschleunigt und verzögert werden müssen, wie im Eisenbahnbau, in der Schiffahrt und im Kraftwagenbau, am ausgesprochensten aber im Bau von Luftschiffen und Flugzeugen. Hier ist ein sehr geringes Gewicht des ganzen Fahrzeuges unbedingte Voraussetzung; es muß mit jedem Gramm gerechnet werden, das durch geschickte Formgebung erspart werden kann.

Um das Ziel größtmöglicher Leichtigkeit zu erreichen, hat man mehrere Wege, einmal eine höhere Beanspruchung der üblichen Bauelemente, dann die stärkere Heranziehung von Sonderstählen und andern hochwertigen Legierungen, die Verwendung von Leichtmetallen und schließlich Übergang vom hergebrachten Maschinenbau zum Blechbau, der die Ausführung steifer Konstruktionen mit geringsten Wanddicken und damit vollkommenere Ausnutzung der Werkstoffe gestattet.

Auch für den Gang der Konstruktion entwickeln sich im Leichtbau neue Wege. Während im allgemeinen Maschinenbau gewöhnlich ein neuer Entwurf auf dem Reißbrett vollkommen fertig gemacht wird, dann in die Werkstatt gegeben und schließlich erst nach Fertigstellung der ganzen Maschine erprobt wird, fordert der Leichtbau ein andres Vorgehen. Bei der außerordentlich hohen Beanspruchung der einzelnen Bauteile und der vollen Ausnutzung der Querschnitte versagen mehr oder weniger die üblichen Berechnungsverfahren. Hier muß der Versuch eingreifen, der die Konstruktion schon während ihrer Entwicklung beeinflußt, verbessert und neue Berechnungsunterlagen schafft. Dieses Verfahren ist von Junkers bei der Entwicklung seines Metallflugzeuges in großem Umfange durchgeführt worden und ist wohl ein wesentlicher Teil seines raschen Erfolges.

Einzelne Bauteile werden so, wie sie dem Konstrukteur zunächst vorschweben, in natürlicher oder auch verringerter Größe versuchsmäßig hergestellt und auf die verlangte Festigkeit geprüft. Zur Ersparnis an Arbeit werden dabei zweckmäßig unwesentliche Teile fortgelassen oder vereinfacht, auch können in manchen Fällen wertvolle Werkstoffe durch weniger wertvolle ersetzt werden. Sind die Versuchstücke im ganzen oder an einzelnen Stellen zu schwach geraten, so zieht der Konstrukteur seine Lehren daraus und verbessert den Entwurf; verläuft der Versuch sehr günstig, so kann er noch Werkstoff und damit Gewicht sparen. Die versuchsmäßige Ausführung hat noch den weiteren Vorteil, daß dabei sich ergebende fabrikatorische Schwierigkeiten rechtzeitig erkannt und das Stück entsprechend abgeändert werden kann.

So wird Teil für Teil entwickelt, bis schließlich alle wesentlichen Bauelemente der Leichtkonstruktion auf die höchstzulässige Beanspruchung und das geringstmögliche Gewicht bei wirtschaftlicher Ausführbarkeit gebracht sind, Abb. 1 (Textblatt 15) und Abb. 2. Ist die Konstruktion verwickelter, z. B. ein Flugzeugflügel, so genügt die Prüfung der einzelnen Bauelemente noch nicht, es muß das ganze, meist statisch unbestimmte System, einer Gesamtprüfung unterzogen werden, Abb. 3 (Textbl. 15). Neben reinen Festigkeitsprüfungen sind auch häufig andre Untersuchungen notwendig, z. B. Versuche zur Ermittlung kritischer Schwingungen an Bauteilen, Abb. 4 (Textbl. 15). Verhalten von Werkstücken bei Dauerbeanspruchungen, Abb. 5 (Textbl. 15), Laufversuche an besonders hoch beanspruchten Lagern und andre mehr. Der Versuch, Abb. 5, diente dazu, den Einfluß einer äußeren Ölbohrung zu studieren, durch die eine Kerbwirkung befürchtet wurde. Der absichtlich herbeigeführte Dauerbruch begann jedoch nicht an der Bohrung.

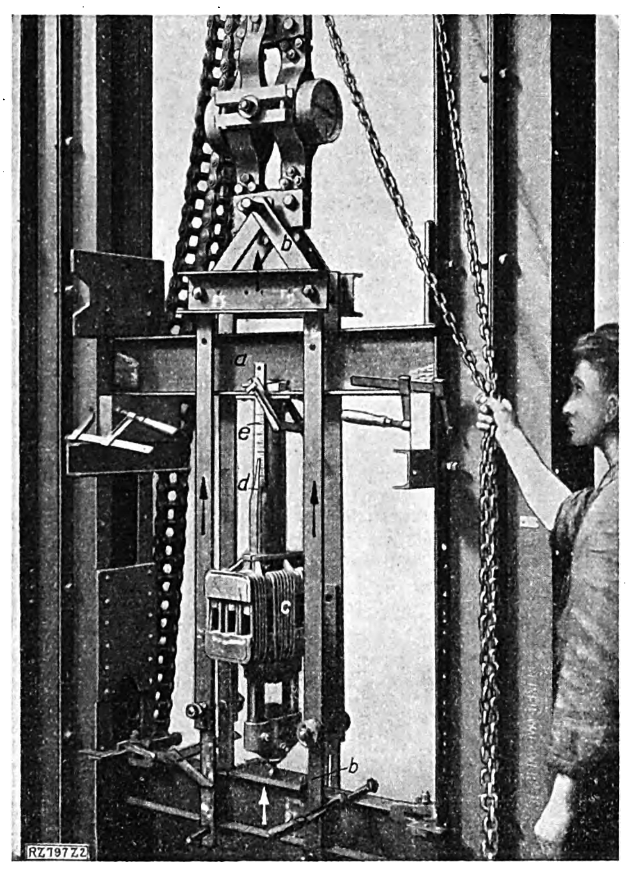


Abb. 2
Prüfung der Arbeitsaufnahme eines Abfederungsbeines für ein Flugzeug-Fahrgestell

Der obere Teil ist gegen einen festen Träger *a* gestützt, der untere wird durch ein Gehänge *b* mittels Flaschenzuges und zwischengeschalteter Dynamometer nach oben gedrückt. Messung der Federung der Gummizüge *c* mit Zeiger *d* an dem Maßstab *e*.

Es kann den Anschein haben, als ob der Weg über die Versuchsarbeit umständlich und teuer sei, er ist aber letzten Endes doch der rascheste und wirtschaftlichste, da die Vorversuche an den einzelnen Teilen mit einem recht geringen Aufwand an Zeit und Kosten durchgeführt werden können und die Erprobung des fertigen Erzeugnisses außerordentlich abkürzen. Werden die Versuche in der üblichen Weise an der fertigen Maschine vorgenommen, so werden bei dem Versagen eines Teiles leicht auch die andern in Mitleidenschaft gezogen; die dann nötigen Ausbesserungen erfordern erhöhte Kosten, die eigentlichen Betriebsversuche kommen durch das Stilliegen der Maschine nicht vorwärts und der endgültige Aufwand an Zeit und Geld ist viel erheblicher.

Auch der Werkstoffprüfer, dem die Durchführung der Festigkeitsversuche übertragen ist, muß sich auf den Leichtbau besonders einstellen. Er darf nicht am Gewohnten kleben und alles mit zu großer Peinlichkeit machen wollen. Meistens kommt es auf ein paar Hundert-

teile Genauigkeit nicht an, dafür aber auf Schnelligkeit; denn die Arbeit am Reißbrett muß weiterkommen. Er muß erfinderisch sein in der Schaffung von einfachen Prüfanordnungen, die, unter Aufwand möglichst geringer Mittel, von Fall zu Fall rasch zusammengestellt werden können[1]).

Mit dem Konstruktionsbureau muß der Werkstoffprüfer stets in engster Verbindung arbeiten. Schon beim Entwurf der Leichtkonstruktion soll der Werkstoffsachverständige mit herangezogen werden. Wenn schon im allgemeinen die Kenntnisse der Konstrukteure in Werkstofffragen infolge nicht genügender Ausbildung an den meisten Hochschulen leider recht gering sind, so macht sich dieser Mangel im Leichtbau ganz besonders bemerkbar. Hier müssen alle Eigenschaften der Baustoffe bis aufs äußerste ausgenutzt werden, hier muß der Werkstofffachmann mit seinen Sonderkenntnissen helfend einspringen und die für den jeweiligen Zweck geeignetsten Werkstoffe vorschlagen. Von großem Vorteil ist es hierbei, wenn der Werkstoffsachverständige aus dem Maschinenbau hervorgegangen ist und selbst eine Zeitlang am Reißbrett konstruiert hat. Er hat dann ein besseres Gefühl für die Anforderungen, die an die Baustoffe gestellt werden, und kann auch Vorschläge machen, wie eine Konstruktion mit Rücksicht auf bessere Ausnutzung der Werkstoffeigenschaften gegebenenfalls noch günstiger zu gestalten ist. Er soll dabei auch immer und immer wieder auf die Gefährlichkeit von Kerben, wie scharfen Querschnittsübergängen usw., hinweisen, die besonders bei Dauerbeanspruchungen verhängnisvoll werden, Abb. 6 und 7.

Anderseits muß der Werkstoffprüfer eine gute hüttentechnische Ausbildung haben, damit er dem Konstrukteur helfen kann, die günstigste Herstellungsart für das entstehende Werkstück zu finden. Die Kenntnis der technologischen Verarbeitung der Werkstoffe durch Gießen, Schmieden, Pressen usw. ist schon beim Entwurf einer Konstruktion von ausschlaggebender Bedeutung; hiernach muß sich die Formgebung in weitestem Maße richten. Die schönste Maschine kann durch irgendeine Kleinigkeit, die der Gießer nicht formen, durch ein Gesenkstück, das nicht gepreßt werden kann, durch falsche Querschnittverteilung,

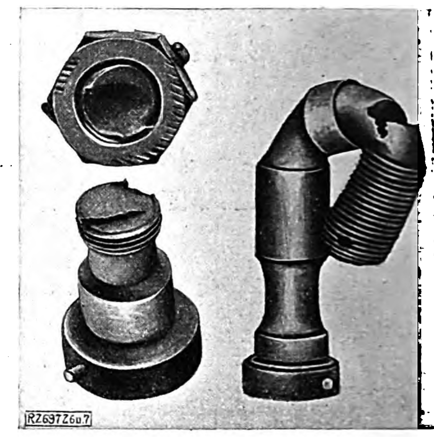


Abb. 6 und 7 Dauerbruch an einer Schraube. Der Bruch geht nicht durch den schwächeren Schaft, sondern durch den stärkeren Gewindekern, ein Beweis für die starke Kerbwirkung scharfer Eindrehungen bei Dauerbeanspruchungen. Der Werkstoff ist an sich sehr zäh, siehe die Biegeprobe, Abb. 7.

die bei der Wärmebehandlung zu Rissen führen muß, in ihrer Ausführbarkeit gefährdet werden. Hier soll der Werkstoffsachverständige rechtzeitig seine Stimme erheben und helfend eingreifen, damit die Schwierigkeiten nicht erst in der Herstellung beginnen.

Auch muß der Werkstoffprüfer den Konstrukteur darauf aufmerksam machen, daß die Werkstoffe keineswegs innerlich gleichartig sind, daß sie mit kennzeichnenden Fehlern behaftet sind, die mit ihrem inneren Aufbau oder der Art ihrer Herstellung zusammenhängen. Er muß z. B. darauf hinweisen, daß an Gußstücken an bestimmten Stellen Lunkerungen zu erwarten sind, und Vorschläge machen können, wie durch geeignete Formgebung diese Fehler zu vermeiden sind. Der Konstrukteur muß auch wissen, daß im Werkstoff Fremdeinschlüsse und Seigerungen, im verarbeiteten Werkstoff Zeilenstruktur auftreten können, durch die zuweilen in den Festigkeitswerten und damit der Beanspruchungsmöglichkeit an verschiedenen Stellen oder in verschiedenen Richtungen sehr starke Unterschiede entstehen[2]), Zahlentafel 1 und 2, Abb. 8 (Textbl. 16) und Abb. 9. Er muß sich auch bewußt sein, daß die Wärmebehandlungen, die zur Erreichung höherer Festig-

[1]) Vergl. Einfache Materialprüfmaschinen, Z. f. Metallk. Bd. 13 (1921) S. 220.

[2]) Vergl. Einschlüsse in Leichtmetallen und ihre Wirkung auf die mechanischen Eigenschaften, Z. f. Metallk. Bd. 19 (1927) S 129.

Zahlentafel 1

Beispiele für Festigkeitsunterschiede einiger Werkstoffe in der Rand- und der Kernzone

Werkstoff und Verarbeitungszustand	Bruchfestigkeit		Dehnung		Sonstiges		Aussehen der Zonen
	Randzone kg/mm²	Kernzone kg/mm²	Randzone vH	Kernzone vH	Randzone	Kernzone	
Flußstahl, Walzstange 20 × 34, Abb. 8a	54,5	57,5	12,0	10,4	Einschnürung vH 59; Kerbzähigkeit mkg/cm² 14,4	Einschnürung vH 46; Kerbzähigkeit mkg/cm² 8,1	Randzone normal, Kerzone zeigt starke Seigerungen
Leichtmetall A, Rundstange 65 Dmr., Abb. 8b	38,0	35,5	19,0	10,0	nicht gemessen		Randzone sehr feinkörnig, Kernzone weniger feinkörnig
Leichtmetall B, Rundstange 40 Dmr., Abb. 8c	38,6	47,4	16,7	14,0	nicht gemessen		Randzone grob rekristallisiert (abnormal), Kernzone feinkörnig

Zahlentafel 2

Beispiele für den Einfluß der Zeilenstruktur bei warmgereckten Werkstoffen auf die Festigkeitswerte längs und quer zur Faserrichtung

Werkstoff	Verhältnis der Bruchfestigkeiten quer zu längs	Verhältnis der Dehnungen quer zu längs	Verhältnis der Einschnürungen quer zu längs	Verhältnis der Krupp-Dauerschlagwerte quer zu längs	Grad der Reinheit und Zeilenstruktur
Tiegelstahl, Schmiedestück	rd. 1	rd. 1	0,81	0,90	sehr schlackenarm, sehr geringe Zeilenstruktur
Elektrostahl, Schmiedestück	0,93	0,78	0,69	0,71	schlackenarm, geringe Zeilenstruktur
Guter S.-M.-Stahl, Schmiedestück	0,92	0,54	0,34	0,45	mäßige Schlacken, leichte Zeilenstruktur
Gewöhnlicher S.-M.-Stahl, Schmiedestück	0,65	0,28	0,13	nicht geprüft	starke Schlacken, starke Zeilenstruktur
Schweißstahl, Rundstange	0,62	0,14	0,06	0,09	sehr starke Schlacken, sehr starke Zeilenstruktur
Leichtmetall A, Rundstange	0,72	0,39	0,29	0,31	erhebliche Zeilenstruktur durch ungelöste Einschlüsse

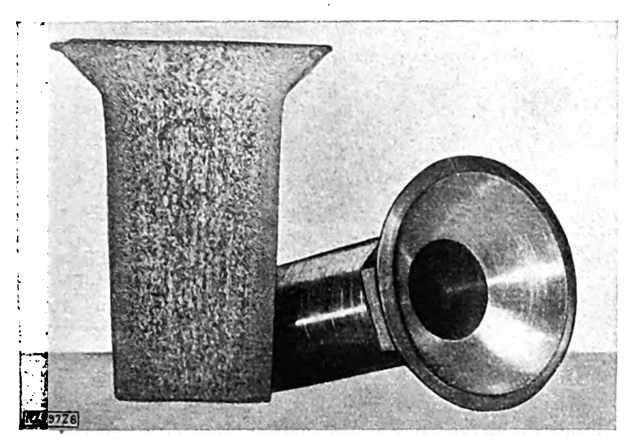


Abb. 9.
Kugelverschraubung für Flugzeugholme
Kennzeichnendes Beispiel für die Anpassung der Konstruktion an die Eigenart des Werkstoffes. Das Stück ist nicht aus dem Vollen gedreht, sondern weitgehend vorgeschmiedet (links), um die feinkörnige Randzone zu erhalten; die innere, weniger feste Zone wird durch Herausdrehen entfernt (rechts).



Abb. 10
Zerreißversuch an einem Stangenauge aus veredeltem Leichtmetall
Das Auge zeigte zu geringe Festigkeit, da sich infolge nicht ausreichender Durchschmiedung die Veredelung nicht genügend ausgewirkt hat.

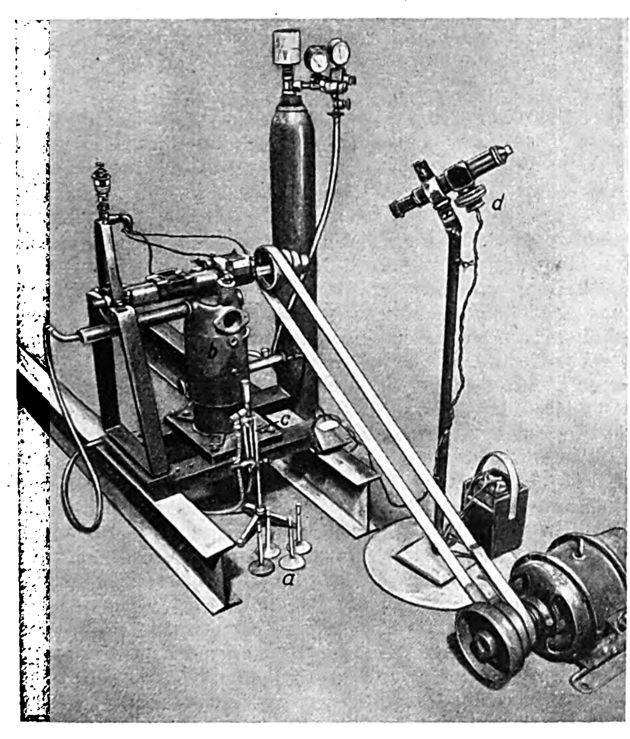


Abb. 11
Ventilkegel-Prüfvorrichtung
Die Ventile *a* werden in einem normalen Motoren-Zylinder *b* möglichst rasch betätigt. Mit einem Brenner *c* können die Ventile auf verschiedene Glühtemperaturen gebracht werden, die mit dem optischen Pyrometer *d* gemessen werden. Man kann so die geeignetsten Ventilwerkstoffe herausfinden.

keiten an Stählen und auch an Leichtmetallen vorgenommen werden, nicht immer gleich wirksam sind, sondern je nach Querschnitt des Stückes oder nach Art seiner Durchschmiedung mehr oder weniger unvollkommen ausfallen können, so daß die erwarteten Gütesteigerungen nicht immer voll eintreten, Abb. 10.

Eine weitere wichtige Aufgabe des Werkstoffprüfers ist es, dem Konstrukteur neue Werkstoffe in die Hand zu geben, die diesem ermöglichen, weitere Gewichtersparnisse oder sonstige Vorteile zu erreichen. Hierzu genügt es nicht, daß er die Fachzeitschriften gründlich durcharbeitet, er soll unmittelbar an die Quelle gehen und mit den Erzeugern der Werkstoffe engste Fühlung nehmen, um zu erfahren, was in den einzelnen Werken vorhanden oder an neuen Stoffen in Vorbereitung ist. Weiterhin kann er Wünsche der Konstrukteure nach Werkstoffen mit besonderen Eigenschaften übermitteln und unmittelbar mit dem Hüttenmann besprechen, wie weit die Erfüllung dieser Forderungen möglich ist. Die hiernach gemeinsam entwickelten Werkstoffe müssen dann vom Verbraucher eingehend geprüft werden, und zwar möglichst unter Betriebsbedingungen, da häufig für Sonderzwecke die üblichen Prüfverfahren nicht genügend Aufschluß geben, Abb. 11. Diese persönlichen Beziehungen bringen auch dem Erzeuger Vorteile, da er gewöhnlich viel zu wenig von der Bewährung seiner Werkstoffe im praktischen Betrieb und von den weiteren Wünschen der Kunden erfährt; werden ihm zweckmäßige Unterlagen darüber zur Verfügung gestellt, so kann er an der richtigen Stelle einsetzen und seine Erzeugnisse entsprechend den sich steigernden Ansprüchen des Leichtbaues zu immer höherer Güte entwickeln.

Mit der Zusammenarbeit mit dem Konstruktionsbureau sind jedoch die Aufgaben des Werkstoffprüfers noch nicht erschöpft, auch dem Betriebe muß er helfend zur Seite stehen, damit bei der Ausführung in der Werkstatt der Werkstoff auch seinen Eigenarten entsprechend richtig verarbeitet wird.

Zunächst müssen natürlich alle zur Verwendung kommenden Werkstoffe einer äußerst sorgfältigen Prüfung auf chemische Zusammensetzung, Festigkeitseigenschaften, richtigen Gefügeaufbau usw. mit allen Mitteln neuzeitlicher Forschung unterzogen werden, damit ungeeignete Werkstoffe von vornherein ausgeschieden werden. Dann muß bei der weiteren Verarbeitung darauf geachtet werden, daß alle Verformungsarbeiten auf kaltem oder warmem Wege dem Werkstoff richtig angepaßt sind. Es muß z. B. überlegt werden, ob man ein Stück aus dem Vollen herausarbeiten darf, oder ob es mit Rücksicht auf mögliche Ungleichmäßigkeiten des Werkstoffes, z. B. Seigerungen, vorgeschmiedet werden muß und wie dies zu geschehen hat, Abb. 12 (Textbl. 16). Bei der Formgebung spielt auch der Faserverlauf des Werkstoffes eine wichtige Rolle; es kann ein Werkstück durch ungünstige Faserrichtung sehr erheblich in seiner Widerstandfähigkeit herabgesetzt werden. Unsachgemäß gewählte Kaltformung kann zu Spannungen führen, die sich im Laufe der Zeit zu Formveränderungen oder sogar zu Rißbildungen auswirken können, Abb. 13 (Textbl. 16).

Werden einzelne Konstruktionsteile von außen her bezogen, z. B. Gußstücke, Schmiedeteile usw., so muß sich die Überwachung natürlich auch auf diese erstrecken. Auch hier soll sich der Werkstoffprüfer schon vor der Bestellung der Teile mit dem Hersteller in Verbindung setzen, sich von der Geeignetheit des zu verwendenden Werkstoffes überzeugen und sich auch über den Herstellungsgang des Stückes verständigen. Er soll bei wichtigen Gußstücken möglichst beim Einformen und auch beim Abguß zugegen sein, um Schwierigkeiten mitzuerleben, die durch ungeeignete Gestaltung auftreten, und diese dem Konstrukteur zur Berücksichtigung mitteilen. Lassen sich derartige Stellen konstruktiv nicht ganz vermeiden, so soll er mit dem Gießer verhandeln, welche gießtechnischen Son-

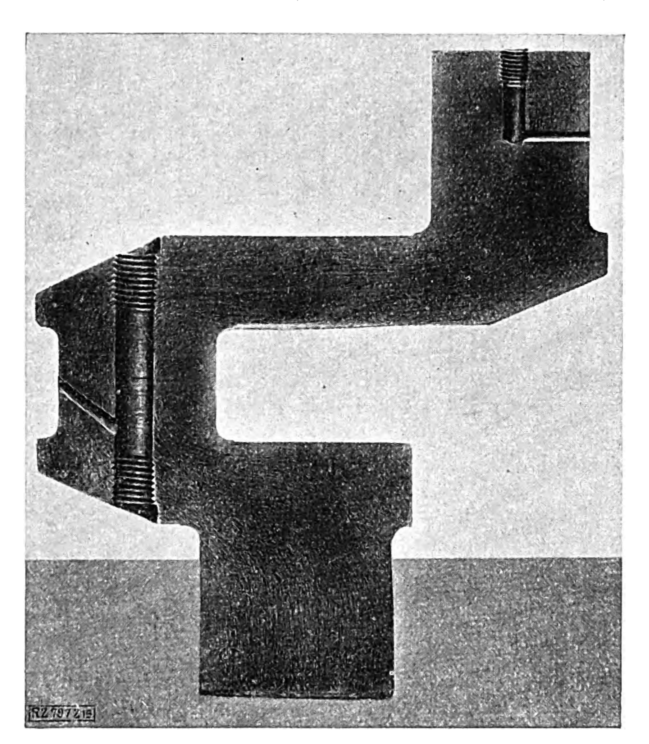


Abb. 16
Kurbelwelle mit günstigem Faserverlauf
Der Schliff zeigt, daß die Welle richtig geschmiedet ist (über dem Sattel gebogen). Die Faser geht annähernd gleichlaufend zur Oberfläche, so daß bei Biegungsbeanspruchungen der Welle Zapfen und Wangen parallel zur Faser beansprucht werden.

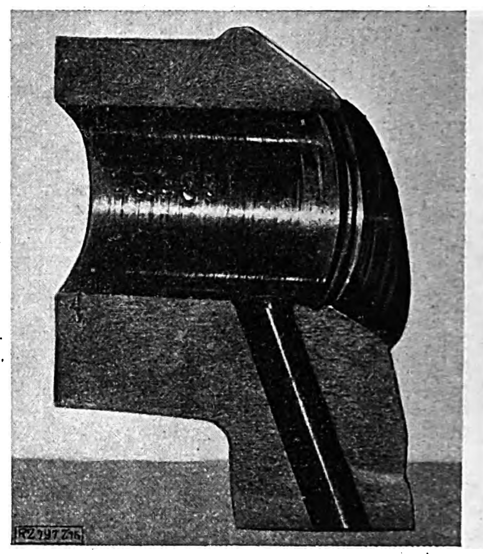


Abb. 17
Kurbelwelle mit ungünstigem Faserverlauf
Die Welle ist nicht gebogen, sondern die Hübe sind ausgestochen. Die Faserrichtung geht nur im Zapfen gleichlaufend mit der Oberfläche, in der Wange quer dazu. Gerade an dem am stärksten beanspruchten Übergang von der Wange zum Zapfen wird der Werkstoff quer zur Faser beansprucht und läuft Gefahr, vorzeitig durch Ermüdungsbruch zerstört zu werden.

dermaßnahmen Abhilfe schaffen könnten, Abb. 14 und 15 (Textbl. 16). Der Werkstoffmann soll wissen, wie der Lieferant ein wichtiges Stück, z. B. eine Kurbelwelle, schmiedet, um beurteilen zu können, ob die zu stellenden Anforderungen an guten Faserverlauf erfüllt sind, Abb. 16 und 17; er soll frühzeitig Verbesserungsvorschläge machen können, falls er glaubt, daß die Herstellungsart den Voraussetzungen der Konstruktion noch nicht gerecht wird. Dem Hersteller wird es manchmal zunächst nicht angenehm sein, dem Kunden einen tieferen Einblick in seine Arbeitsverfahren zu geben; er wird aber doch bald den Vorteil einsehen, der auch für ihn dadurch entspringt, daß er die Ansprüche des Kunden genau kennen und befriedigen lernt und die durch enge Zusammenarbeit gemachten Erfahrungen auch bei andern Lieferungen nutzbringend verwerten kann.

Eine sehr wichtige Aufgabe für den Werkstoffmann ist auch die Überwachung der richtigen Wärmebehandlung im eigenen Betrieb und auch bei den Lieferanten. Je mehr höchstwertige Werkstoffe verwendet werden, um so verwickelter werden auch die thermischen Behandlungsverfahren, je mehr man an die Grenzen der Festigkeit geht, um so genauer müssen die erforderlichen Temperaturen eingehalten werden. Gerade hier kann durch unrichtige Behandlung sehr viel Schaden entstehen, zumal diese Vorgänge meist an schon weit vorgearbeiteten Stücken ausgeführt werden müssen.

Auch nach Fertigstellung des Neuentwurfs in der Werkstatt ist häufig bei der eigentlichen Betriebserprobung noch die Mitarbeit des Werkstoffkundigen erforderlich. Trotz aller vorher aufgewandten Sorgfalt stellt sich hier und da immer noch ein Teil heraus, der den Ansprüchen nicht gewachsen ist. Hier muß eine sorgfältige Prüfung einsetzen, ob etwa ein Werkstoff- oder Herstellungsfehler in dem betreffenden Teil vorliegt oder die Beanspruchung zu hoch ist; oft kann durch Wahl eines höherwertigen Werkstoffs oder richtigerer Verarbeitung der Fehler behoben werden, mitunter muß jedoch auch eine Konstruktionsänderung eintreten.

In den vorstehenden Betrachtungen konnte nur ganz kurz angedeutet werden, wie etwa die technische Gemeinschaftsarbeit zwischen Konstrukteur, Betriebsmann und Werkstoffprüfer sich vollziehen soll. Je nach dem Erzeugnis, mit dem der Leichtbau sich beschäftigt, kommen besondere Einzelheiten in Frage. Grundlegend bleibt aber die Forderung, alle Kräfte zusammenzuschließen und in ständiger Verbindung zu halten, damit die Erfahrungen und Gedanken aller beteiligten Stellen ausgewertet werden können. Hierbei muß auch das rein Menschliche berücksichtigt werden. Erstes Erfordernis ist unbedingtes Vertrauen aller Mitarbeiter zueinander. Eine gesunde Selbstkritik und das Bewußtsein, daß der einzelne nicht alles beherrschen kann, die Erkenntnis der eigenen Grenzen, wird dazu führen, möglichst oft den Rat des andern einzuholen und seine Sondererfahrungen auszuwerten. Nur wenn alle sachlichen und persönlichen Fähigkeiten zu gemeinsamer, selbstloser Arbeit zusammengeführt werden, kann die technische Leistung auf die Höhe gebracht werden, die alle Möglichkeiten der Konstruktion und des Werkstoffes erschöpft.

Es wäre zu wünschen, daß auch an unsern Hochschulen in der Ausbildung der jungen Ingenieure den neuen Erfordernissen des Leichtbaues Rechnung getragen würde, auf den sich unter dem Druck der wirtschaftlichen Notwendigkeiten ein großer Teil des Maschinenbaues allmählich umstellen muß. Der experimentelle Teil der Ausbildung bedarf einer erheblichen Förderung, die Kunst, mit einfachsten Versuchsmitteln grundlegende Fragen zu klären, sollte mehr gelehrt, der technologische Unterricht weiter ausgebaut und die Fühlung mit der Praxis mehr gepflegt werden. Weiterhin sollte der Ausbildungsgang dem Ingenieur einen umfassenderen Überblick über alle Gebiete der Technik mitgeben und weniger Sonderwissen, da er sonst Gefahr läuft, in einseitigem Spezialistentum die großen Zusammenhänge zu verlieren und die Fähigkeit, sich auf die rasch wechselnden Anforderungen bei der Entwicklung technischer Aufgaben umzustellen.
[B 797]

Prüfung von Fahrzeugfedern

Von Dr.-Ing. G. Gerber, Düsseldorf

Verknüpfung des technischen Fortschrittes mit der Kenntnis der Werkstoffeigenschaften — Feststellung der Ermüdungsbeständigkeit, Einteilung der Prüfmaschinen für dynamische Belastung — Anforderungen der Reichsbahn — Wirkungsweise, Konstruktion und Verwendung einer Federprüfmaschine

In neuerer Zeit hat sich bei der Prüfung von Werkstoffen insofern ein Wandel vollzogen, als bei der physikalischen Untersuchung des Werkstoffes die Beanspruchung mit ruhender Last (statischer Versuch) als nicht genügend erachtet wird. Die Erfahrung hat gezeigt, daß der Werkstoff des öfteren auch dann den gestellten Anforderungen nicht gewachsen war, wenn seine allgemeine (statische) Festigkeit als ausreichend angesehen wurde. Die Erklärung dieser Erscheinung mit zusätzlichen Beanspruchungen, die in der Eigenart des Betriebes liegen, konnte auf die Dauer nicht befriedigen. Es erschien wünschenswert, solche zusätzlichen Beanspruchungen im voraus ihrer Größe und Wirkung nach zu erkennen und vorbeugend in Rechnung zu stellen. Dauerversuche, bei denen der Werkstoff einer ständig wechselnden Belastung unterworfen wurde (dynamische Versuche) ergaben, daß schon ganz geringe Oberflächenbeschädigungen, Veränderungen der chemischen Zusammensetzung an einzelnen Stellen, Ungleichmäßigkeit des Gefüges, nichtmetallische Einschlüsse, Randblasenseigerung u. ä. die Festigkeit wesentlich zu beeinflussen vermochten; aber außerdem hat sich gezeigt, daß die Dauerbeanspruchung selbst vollkommen einwandfreie Werkstoffe so angreift, daß deren Eigenschaften sich erheblich ändern — der Werkstoff ermüdet. Solche Dauerbeanspruchungen treten im Maschinenbau ständig durch Erschütterungen, Resonanzschwingungen und dergl. auch ungewollt auf.

Als Folge dieser Erkenntnis sind in den letzten Jahren Prüfmaschinen für dynamische Beanspruchung entwickelt worden, die sich allgemein in zwei Gruppen teilen lassen: Die erste dieser Gruppen befaßt sich mit der Prüfung von Werkstoffen bezüglich ihrer Beständigkeit gegen Ermüdung durch möglichst vielseitige dynamische Dauerbelastungen. Es handelt sich dabei um grundlegende Versuche, deren Wichtigkeit besonders dort in Erscheinung tritt, wo der Werkstoff einer kalten Verarbeitung unterworfen wird. In zahlreichen Fällen kommt jedoch eine die Struktur beeinflussende Behandlung des Werkstoffes während und nach der Verformung in Frage. Hier setzt das Verwendungsgebiet der zweiten Gruppe von Prüfmaschinen ein. Sie suchen den in der Wirklichkeit auftretenden Belastungsverhältnissen möglichst nahe zu kommen und auf diese Weise im dynamischen Dauerversuch die Geeignetheit nicht nur des Werkstoffes, sondern ganzer Konstruktionsteile festzustellen. Selbstverständlich kann es sich dabei immer nur um solche Teile handeln, bei denen die Häufigkeit der Verwendung den Aufwand an Kosten rechtfertigt. Ein kennzeichnendes Beispiel dieser Art bilden die Maschinen zur Prüfung von Fahrzeugfedern.

Bekanntlich hat die Reichsbahngesellschaft für die von ihr verwendeten Lokomotiv- und Wagenfedern nicht nur die Abmessungen vorgeschrieben, sondern auch genaue Anweisungen erlassen, nach denen die Federn zu prüfen sind. Einer eingehenden technologischen Prüfung des Werkstoffes folgt die physikalisch-mechanische; sie gipfelt in einer dynamischen Versuchsreihe, der jede einzelne Feder unterzogen werden muß.

Nach der Vorschrift muß das federharte Versuchsstück unter einer Presse zunächst einmal gerade gestreckt, Abb. 1 bis 4, entlastet und die Pfeilhöhe gemessen werden. Sodann ist die Probe unter einer Federprüfmaschine 60mal in etwa 1 min bis zur wagerechten Lage durchzudrücken, wobei keine bleibende Änderung der Pfeilhöhe eintreten darf. Das Schlagmoment ist hierbei so bemessen, daß sowohl die für die jeweilige Federgröße vorgesehene Höchstprüflast als auch die dafür angegebene Pfeilhöhe erreicht wird, wobei jedoch jeder Hub zu einer annähernd gänzlichen Entlastung der Feder

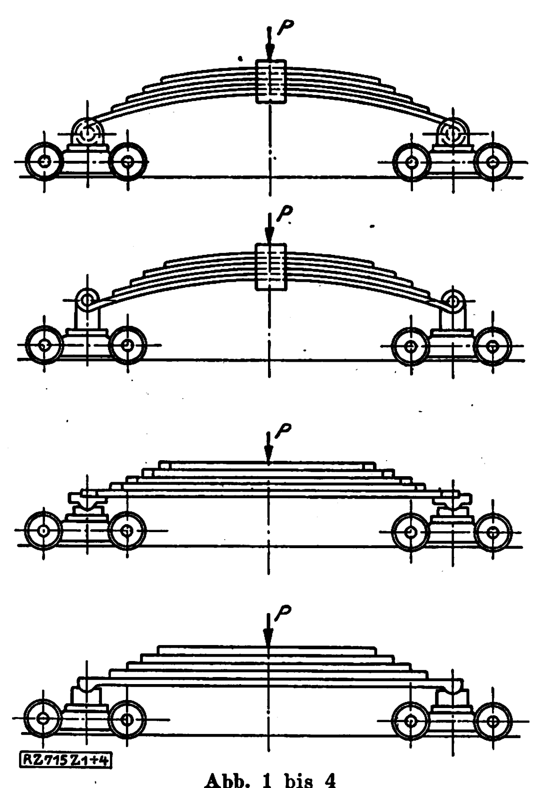


Abb. 1 bis 4
Wagenfedern mit verschieden geformten Bunden und ohne Bund auf Rollböcken gelagert in unbelastetem und gestrecktem Zustand

führen soll. Unelastische Schläge sind zu vermeiden. Außerdem dürfen weder Feder noch Bund zum Aufsetzen auf die Unterlage kommen. Die Auflagevorrichtung für die Enden des Federblattes muß daher beweglich und so beschaffen sein, daß das Federblatt während des Versuches ohne Reibung aufliegt. Die Prüfmaschine muß eine Hubablese- und eine Schreibvorrichtung haben, die die Durchbiegung der Feder im Verhältnis zur Belastung aufzeichnet.

Die Reichsbahngesellschaft verlangt, daß der Erzeuger während der Fertigung sämtliche Federn nach den gegebenen Richtlinien prüft; sie überprüft durch ihre Abnahmebeamten 5 vH der gefertigten Federn vor der Lieferungsannahme an der Erzeugungsstätte mittels Einrichtungen des Erzeugers. Auf diese Weise ist der Erzeuger gezwungen, sich eine Maschine anzuschaffen, mit der eine Prüfung nach den gegebenen Richtlinien durchführbar ist.

Die Anforderungen, die an eine solche Maschine zu stellen sind, gehen aus den Vorschriften selbst hervor. Es ist jedoch zu beachten, daß die gestellten Bedingungen Mindestforderungen sind, die jederzeit eine Erweiterung erfahren können, und daß, veranlaßt durch das Beispiel der Reichsbahn, auch die Privatindustrie die für den Wagenbau verwendeten Federn gleichen oder zum Teil noch schärferen Prüfungen unterzieht. Eine der Prüfung von Wagenfedern dienende Maschine muß also innerhalb gewisser Grenzen eine Universalmaschine sein, weil die Hersteller von Lokomotiven- und Wagenfedern sehr häufig auch Kraftwagen- und sonstige Fahrzeugfabriken beliefern werden.

Der Grundsatz, nach dem eine solche Federprüfmaschine arbeitet, sei zunächst an einer schematischen Darstellung, Abb. 5, erläutert. Die zu prüfende Feder *a*

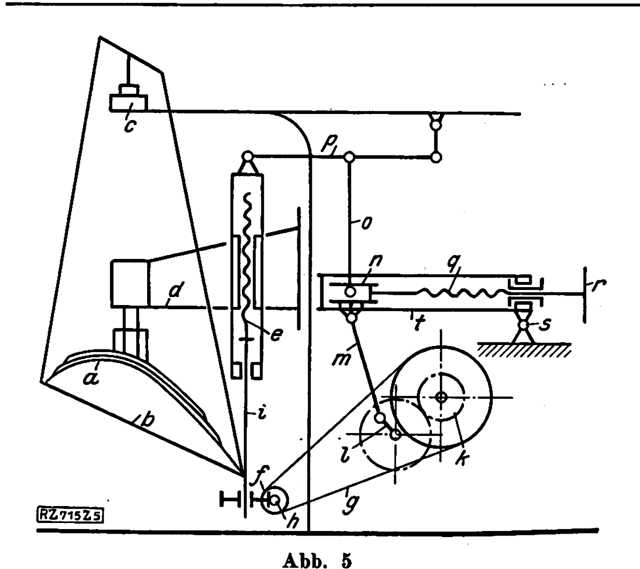


Abb. 5
Schema einer Federprüfmaschine

a Feder
b Prüftisch (Einspannkörper)
c Meßdose
d zweiter Einspannkörper
e Kraftspindel
f Schneckengetriebe
g Riemenantrieb
h Antrieb
i Führung
k Vorgelege
l, *m* Kurbeltrieb
n Kulissenstein
o Hubstange
p Gelenkhebel
q Schraubenspindel
r Handrad
s Gelenk
t Kulissenführung

ruht auf einem als Einspannkörper ausgebildeten Prüftisch *b*, der an der Kolbenstange des Kolbens einer die Kraftmeßeinrichtung darstellenden Druckflüssigkeits-Meßdose *c* aufgehängt ist. Der zweite Einspannkörper *d* ist durch eine Kraftspindel *e* unter Vermittlung eines Schneckengetriebes *f* von einer Antriebvorrichtung *h* aus bewegbar. Die Kraftspindel *e* hat eine Führung *i*, längs der der Einspannkörper *d* mittels einer Hubvorrichtung auf und nieder verschoben werden kann; die Bewegung wird ebenfalls von der Antriebvorrichtung *h* aus bewirkt, und zwar mittels des Riemenantriebes *g*, eines Vorgeleges *k*, eines auf einen Kulissenstein *n* einwirkenden Kurbelbetriebes *l*, *m*, einer Hubstange *o* und eines Gelenkhebels *p*. Der Kulissenstein *n* läßt sich durch eine Schraubenspindel *q* mittels des Handrades *r* in der um ein feststehendes Gelenk *s* schwenkbaren Kulissenführung *t* verstellen, wodurch im Betrieb eine Änderung des Kurbelgetriebes *l*, *m* und damit auch des Hubes des Einspannkörpers *d* längs der Führung *i* erreicht werden kann.

Bei der ruhenden Belastung der Blattfeder *a* wird der Einspannkörper *d* durch die Kraftspindel *e* bewegt, während er bei der wechselnden Belastung der Blattfeder mitsamt der Führung *i* der Kraftspindel *e* verschoben wird. Die Antriebvorrichtung *h* bewirkt die ruhende Beanspruchung der Blattfeder mittels des Schneckengetriebes *f*, die wechselnde Beanspruchung mittels des Vorgeleges *k*, des Kurbelgetriebes *l*, *m* und des Gestänges *o*, *p*. Damit aber diese Wechselbewegung während des Betriebes geändert werden kann, ist zwischen das Kurbelgetriebe und das Gestänge die Kulissensteuerung *n*, *q* eingeschaltet.

Die zu untersuchende Feder kann also sowohl einer ruhenden, als auch einer zusätzlichen Wechselbelastung unterworfen werden, wobei beide Belastungen durch ein- und denselben Einspannkörper übertragen werden, während der zweite Einspannkörper die Übertragung der Kräfte auf die Meßeinrichtung bewirkt. Abb. 6 und 7 zeigen Vorder- und Seitenansicht einer Federprüfmaschine in konstruktiver Durchbildung. Der Ständer ist zweiteilig und so kräftig gehalten, daß er die wirkenden Kräfte aufzunehmen vermag. Seitlich mit dem Ständer

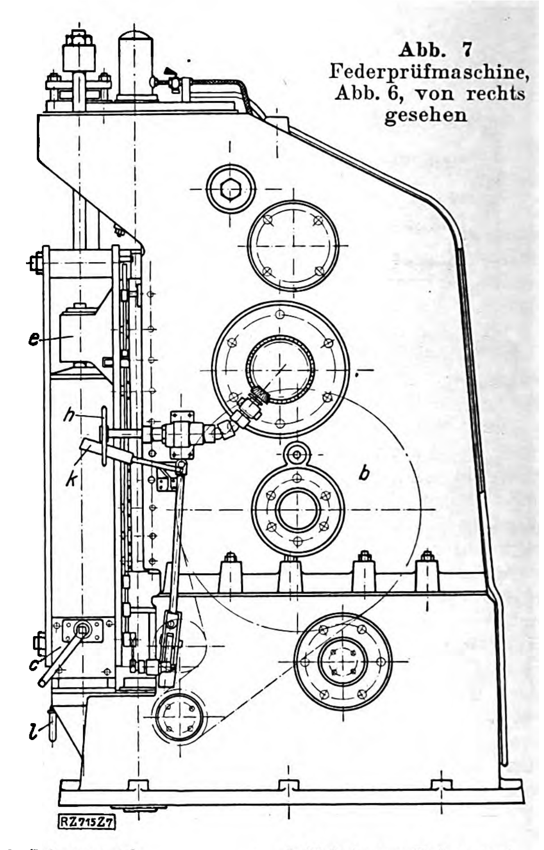


Abb. 7
Federprüfmaschine, Abb. 6, von rechts gesehen

b Schwungrad
c Biegetisch
e Druckkopf
h Handrad zur Veränderung des Druckkopfweges
k Hebel zum Heben und Senken des Druckkopfes
l Entlastungsvorrichtung für den Biegetisch

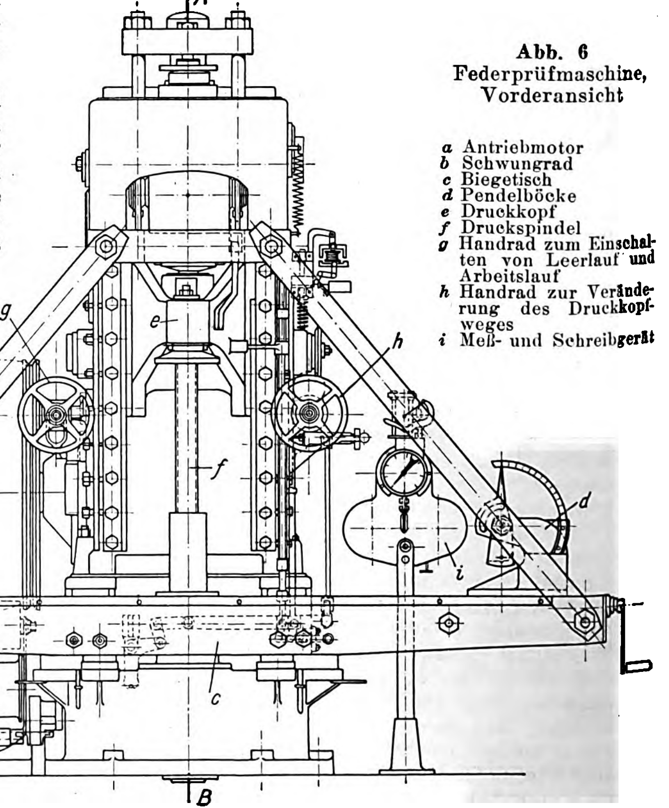
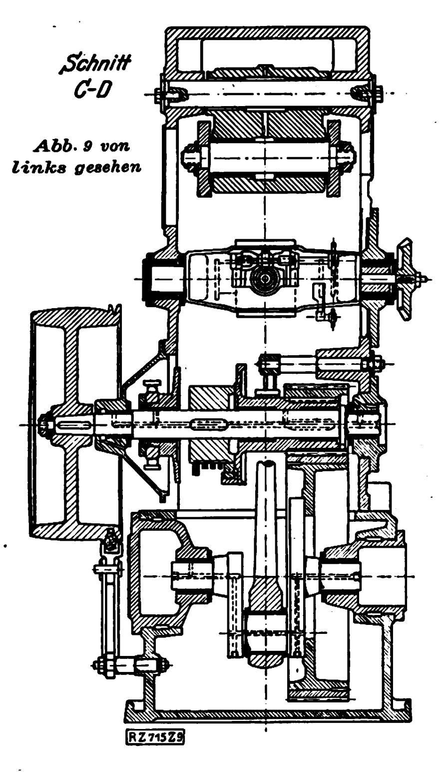


Abb. 6
Federprüfmaschine, Vorderansicht

a Antriebmotor
b Schwungrad
c Biegetisch
d Pendelböcke
e Druckkopf
f Druckspindel
g Handrad zum Einschalten von Leerlauf und Arbeitslauf
h Handrad zur Veränderung des Druckkopfweges
i Meß- und Schreibgerät

Abb. 8
Schnitt durch Leerlaufvorrichtung und Kurbeltrieb



verschraubt ist die Grundplatte für den Antriebmotor.

Der Antriebmotor ist mit einer Riemenscheibe gekuppelt, die gleich dem Motor 960 Uml./min macht. Von dieser Riemenscheibe aus wird die Drehbewegung im Übersetzungsverhältnis von etwa 4 : 1 auf das Schwungrad übertragen. Der Riemen liegt durch eine Spannrolle fest an. Über die Welle des Schwungrades schiebt sich eine Hülse, die an dem einen Ende einen Ritzel trägt, während sie am anderen Ende mit einer Schraubenband-Reibkupplung ausgerüstet ist, Abb. 8. Ein Handrad betätigt die Mitnahme des Ritzels über die Kupplung. Bei Bewegung dieses Handrades wird die Kupplung zunächst gelüftet. Ein Weiterdrehen bewirkt gleichzeitig das Anziehen einer Backenbremse, wodurch die Maschine stillgesetzt wird.

Das Ritzel hat zum Zwecke einer möglichst geräuschlosen Übertragung der Bewegung Schrägverzahnung. Es leitet die Drehbewegung im Verhältnis 4 : 1 auf ein Zahnrad über, das auf der Kurbelwelle sitzt. Zahnrad und Kurbel laufen in Öl. Von der Kurbelwelle aus wird die Bewegung auf eine einseitig drehbar gelagerte Schwinge übertragen, die einen mit Hilfe einer Spindel bewegbaren Kreuzkopf hat, Abb. 9. Der Kreuzkopf wird durch ein Handrad verschoben. Er kann bis in den Drehpunkt der Schwinge gezogen werden und macht dann nur noch eine Drehbewegung, aber keine lineare Bewegung mehr. Die äußerste Stellung des Kreuzkopfes nach rechts gestattet einen auf- und abgehenden Ausschlag von etwa 200 mm. Mit dem Kreuzkopf ist durch ein Gestänge eine gleicharmige Wippe verbunden. Diese trägt an ihrem andern Ende die Druckspindel, an der wiederum der Druckkopf aufgeschraubt ist. Infolgedessen bewegt sich auch der Druckkopf mit einem durch den Kreuzkopf einstellbaren Ausschlag von 0 bis 200 mm auf und ab. Die wirksame Bewegung des Druckkopfes wird von dem unten an der Druckspindel angreifenden Schneckengetriebe abgeleitet, das der Motor über ein Wendegetriebe, Abb. 10, antreibt.

Demnach dreht die Schnecke *f*, Abb. 10, das am Ende der Druckspindel befindliche Schneckenrad, Schneckengetriebe *n*, Abb. 9, wodurch der Druckkopf gehoben oder gesenkt wird. Der Druckkopf wird durch einen Hebel *k*, Abb. 7, eingestellt. Eine Abwärtsbewegung bedeutet Senken, eine Aufwärtsbewegung Heben des Druckkopfes. Beide Bewegungen, sowohl Heben als auch Senken des Druckkopfes, können während des dynamischen Prüfvorganges ausgeführt werden, so daß die dynamische Prüfung je nach Bedarf mit mehr oder weniger großer Vorspannung erfolgt.

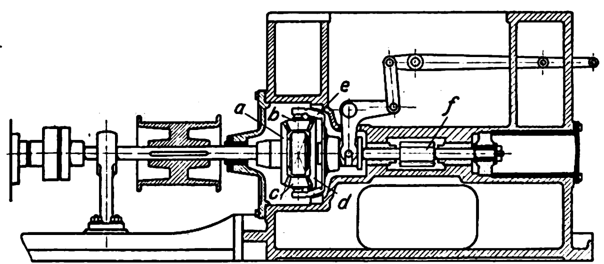


Abb. 10. Wendegetriebe zwischen Antriebmotor und Schnecke
a, b, c, d Kegelräder *e* Kupplungsscheibe *f* Schnecke

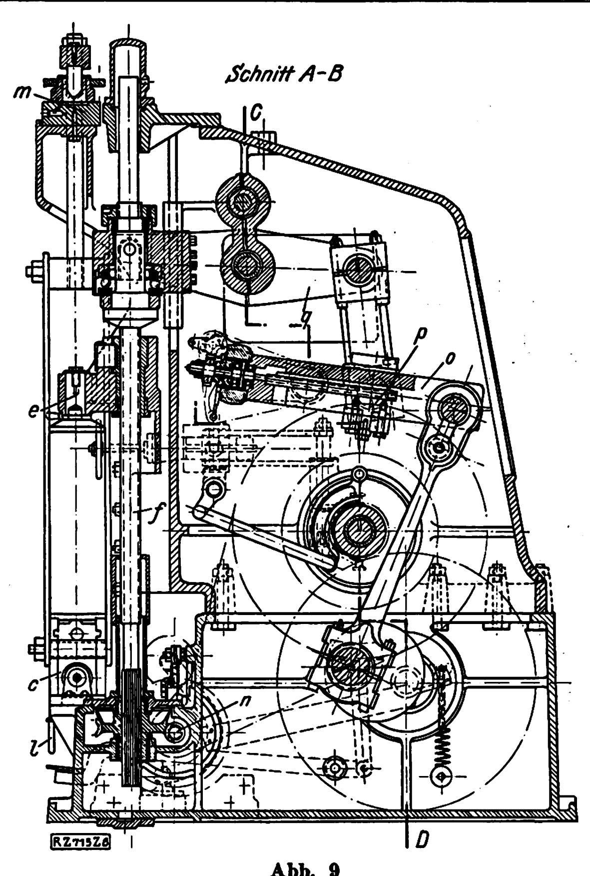


Abb. 9
Längsschnitt durch die Federprüfmaschine, Abb. 6 (Schnitt A—B, von rechts gesehen)

c Biegetisch
e Druckkopf
f Druckspindel
l Entlastungsvorrichtung für den Biegetisch
m Meßdose
n Schneckengetriebe zum Verstellen des Druckkopfes
o Schwinge
p Kulissenstein
q Wippe zum Auf- und Abwärtsbewegen der Druckspindel *f*

Von der Vorderseite aus wird die Maschine in Betrieb gesetzt und angehalten, der Hub geregelt, der Druckkopf gehoben oder gesenkt. Der Übergang von einer Art der Prüfung auf eine andere bedarf keiner weiteren Vorbereitung, so daß der Bedienungsmann weder die Meßgeräte noch die Probe aus dem Auge zu lassen braucht. Von der gleichen Seite aus werden auch die Federn auf den Biegetisch aufgebracht und befestigt.

Der Biegetisch ist wie die ganze Konstruktion kräftig gehalten und durch zwei Paare von Rollen geführt, um Ausweichen nach rechts und links, vorn und hinten zu verhindern. In der Längsrichtung ist der Tisch mit einer drehbaren Spindel versehen, mit denen die Pendelböcke, an denen die Feder aufgehängt wird, bewegt werden können. Zur Feststellung der Neigung des Gehänges sind die Gehängebolzen jedes Pendelbockes mit einer besonderen Anzeigevorrichtung ausgerüstet, Abb. 6 und 11. Abb. 1 bis 4 zeigten bereits, daß man an Stelle der Pendelböcke auch Rollböcke verwenden kann, deren Ausgestaltung sich danach richtet, ob man Federn mit oder ohne Bund prüft. Bei der Prüfung von Puffer- oder ähnlichen Federn werden

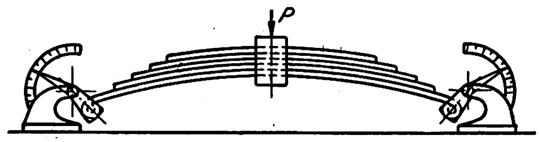


Abb. 11. Pendelbockaufhängung mit Streckwinkel-Anzeigevorrichtung

die Böcke abgenommen oder in ihre Endstellung verfahren. Abb. 12 bis 15 geben einige besondere Anwendungsbeispiele.

Der Biegetisch ist an einer Meßdose aufgehängt, Abb. 5 bis 9. Der Druck wird durch ein Manometer angezeigt und durch ein Schreibgerät aufgezeichnet. Damit jedoch die Meßeinrichtung bei Nichtgebrauch entlastet werden kann, sind Platten angeordnet, die zwischen den Biegetisch und einen Ansatz am Ständer eingeschwenkt werden können, um den Biegetisch gegen den Ständer abzustützen, so daß keine Kraftübertragung auf die Meßgeräte mehr stattfindet und diese geschont werden.

Abb. 16 zeigt die Maschine in Arbeitstellung. Nach dem Einlegen der Feder wird mittels des rechts sichtbaren Handrades der Druckkopf in Ruhestellung gebracht, so daß keine Hubbewegung erfolgt. Durch Herabdrücken des neben dem Handrade sichtbaren Hebels wird nunmehr der Druckkopf langsam gesenkt, bis die vorgeschriebene Streckung der Feder eingetreten ist. Die Größe des dazu erforderlichen Druckes kann an dem Manometer, die Winkelstellung des Gehänges an den Aufhängeböcken abgelesen werden. Nachdem der Druckkopf durch entsprechende Hebelstellung wieder aufwärts bewegt worden ist, kann durch Drehen des rechten Handrades die Größe des Hubes eingestellt werden, mit dem die Feder etwa 1 min lang (60 Hübe) geprüft wird.

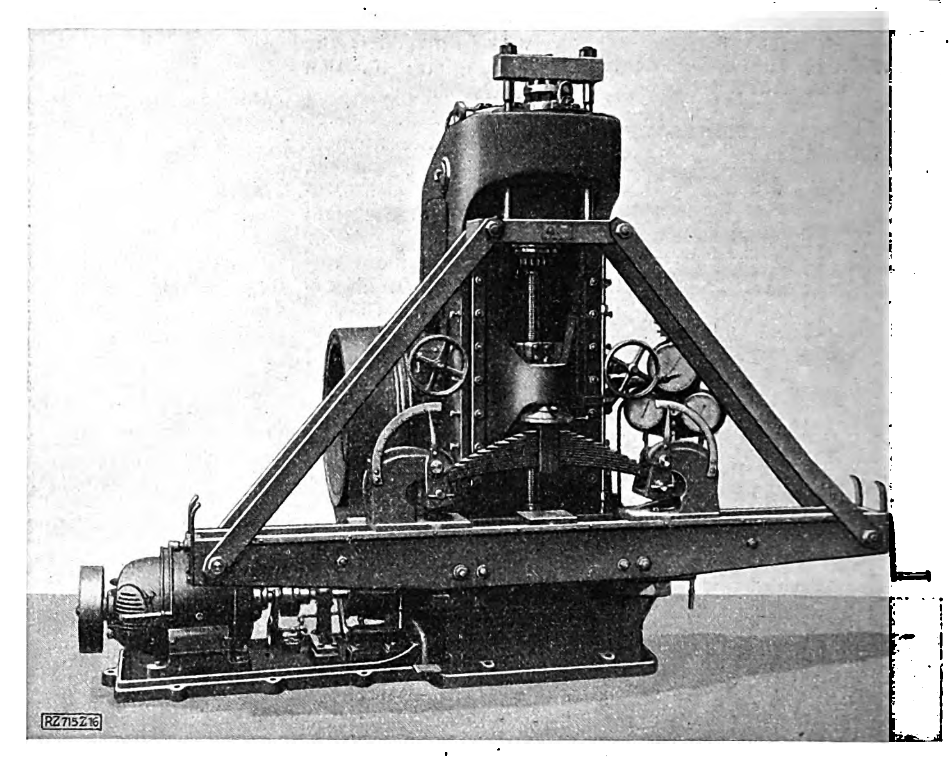
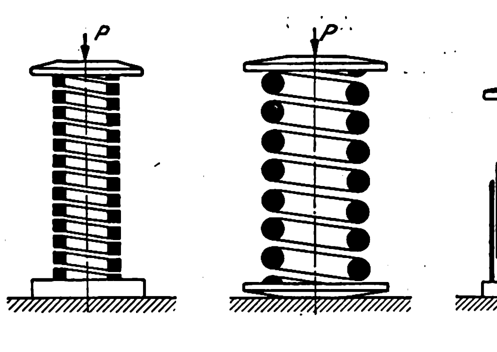
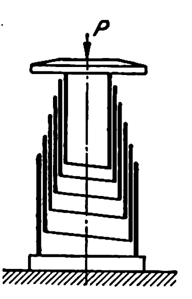


Abb. 16. Federprüfmaschine in Arbeitstellung

Der dynamische Bewegungsprüfvorgang wird durch das linke Handrad eingeschaltet. Damit sich der Druckkopf bei seiner Abwärtsbewegung nicht an der oberen Spindelfassung festklemmen kann, ist eine elektrische Ausrückung angebracht, mit der der Druckkopf in jeder beliebigen Höhe festzustellen ist. Zur jederzeitigen Nachprüfung des Gebrauchsmanometers ist ein Prüfmanometer und ferner ein weiteres Manometer angebracht für eine Höchstbelastung, die dem zehnten Teil der für die betreffende Maschine vorgesehenen Höchstbelastung entspricht, um auch für kleine Drücke eine gut ablesbare Kraftanzeige zu haben. Abb. 16 zeigt eine Federprüfmaschine für 20 t Druck. Die üblichen Bauarten umfassen einen Druckbereich von 5, 10, 20 und 30 t, es steht jedoch einer Erweiterung auf noch höhere Drücke nichts entgegen. [B 715]





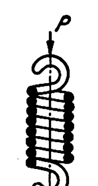


Abb. 12 bis 15

Prüfstücke für eine Federnprüfmaschine

Schluß des Textteiles

I N H A L T :

Heft 44 folgt als Fachheft „Werkstofftagung II" mit Beiträgen über Normung, Gleit- und Reißwiderstand sowie Eisen und Stahl, Nichteisenmetalle und Isolierstoffe als Werkstoffe der Elektrotechnik

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 71 SONNABEND, 29. OKTOBER 1927 NR. 44

Werkstofftagung II

Zehn Jahre deutscher Normung

Von W. Hellmich, Berlin

Gründung des Normenausschusses und Wesensinhalt der deutschen Normung — Organisation und Grundsätze der Normungsarbeit — Übersicht über das Geschaffene

Gründung und Wesensart

Die Tatsache des zehnjährigen Bestehens einer Körperschaft ist an sich nicht von wesentlicher Bedeutung, und ebensowenig kann die Entwicklung, die sie in Einrichtung und Zubehör während dieser Zeit genommen hat, Anspruch auf allgemeine Beachtung erheben. Solche Dinge gehören sozusagen ins Hausarchiv. Insoweit aber eine Körperschaft der sichtbare organisatorische Ausdruck einer geistigen Bewegung ist, die auf eine lebenswichtige Seite der Betätigung eines Volkes maßgebenden Einfluß gewonnen hat, können aus einer rückschauenden Betrachtung gerade der ersten Jahre ihres Bestehens wertvolle Aufschlüsse über Vergangenes und für Künftiges gewonnen werden.

Geistige Bewegungen mit lebendiger Auswirkung entstehen nicht über Nacht; unbemerkt bereitet sich ihr Nährboden vor, bis er reif wird, dem Keim die Wurzel zu entlocken. In fast instinktiver Vorahnung der kommenden Dinge hatte der Verein deutscher Ingenieure in seiner Hauptversammlung im Jahre 1913 das Thema „Wissenschaftliche Betriebsführung" zur Erörterung mit amerikanischen Fachgenossen gestellt. In der Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure im Jahre 1914 behandelte Fr. Neuhaus, der spätere Präsident des Deutschen Normenausschusses, in einem Vortrag den Vereinheitlichungsgedanken in der deutschen Maschinenindustrie und gab einen Überblick über die bis dahin bekannten technischen Maß- und Liefernormen. In Verfolg der dort vorgetragenen Gedanken errichtete der Verein deutscher Ingenieure in seinem Lesesaal eine Auslegestelle für Werknormen. Noch fehlte aber der Anlaß, der den halberwachten Trieb zu lebenskräftiger Betätigung emporriß.

Der Weltkrieg kam, und jäh versank fast alles, was bis dahin die Geister beschäftigt hatte, in Bedeutungslosigkeit. Auch die Auslagestelle für Werknormen beim Verein deutscher Ingenieure geriet in Vergessenheit.

Je länger sich die Entscheidung durch die Waffen hinauszog, desto mehr wurde klar, daß sie nicht mehr im Kampf von Mann gegen Mann, sondern von Maschine zu Maschine ausgefochten werden mußte. Damit wurde die bis dahin in ihrer Bedeutung für den Krieg arg verkannte Technik vor immer gewaltigere Aufgaben gestellt und schließlich durch das Hindenburgprogramm zu einer noch nicht dagewesenen Kraftanstrengung gezwungen, ohne dafür leider auch nur im entferntesten vorbereitet zu sein.

Es ist eigenartig, daß die verantwortlichen Stellen, die in Struktur und Ausbildung des Heeres die Grundsätze der Vereinheitlichung für die Zwecke der Massenwirkung bis fast zur äußersten Grenze angewandt hatten, diese Grundsätze für die Kriegsvorbereitung der mechanischen Heeresausrüstung während des Friedens weitgehend vernachlässigt haben. Die Gerechtigkeit erfordert, anzuerkennen, daß die maßgebenden Stellen während des Krieges, die an jener Vernachlässigung wohl kaum noch schuldig waren, entschlossen handelten, um nachzuholen, was noch zu erreichen war. In Spandau wurde ein Betriebsbureau für die gesamte Heeresausrüstung geschaffen, das „Fabrikationsbüro" (Fabo), dessen Leiter, Oberingenieur Schächterle, sofort die Notwendigkeit einer großzügigen und planmäßigen Vereinheitlichung für die Rüstungsindustrie erkannte und unverzüglich die notwendigen Vorarbeiten einleitete. Leider nahm der Tod nur allzufrüh diesem genialen, zähen und unermüdlich schaffenden Mann die Zügel aus der Hand. Schächterles Tatkraft legte den Grundstein für die deutsche Normung. Seiner sollte die deutsche Technik und Industrie stets dankbar gedenken, aber auch jener Männer, die Schächterle Zugang und Vollmacht zu seinem Wirken verschafften: Professor Romberg und Baurat Haier.

Schächterles Denken ging über die Not des Tages hinaus; er fühlte, daß behördlich gebundene Kräfte allein für seinen Plan keinen hinreichend tragfähigen Boden abgeben können; er suchte daher Anschluß an den Verein deutscher Ingenieure, der in Verfolg der bei ihm schon früher eingeleiteten Vorarbeiten gern zunächst die Patenschaft übernahm und durch Hergabe von 50 000 *M* die Anlaufzeit geldlich sicherte. Am 18. Mai 1917 entstand der Normenausschuß für den allgemeinen Maschinenbau.

Schon in den nächsten Monaten griffen die Arbeiten über den engeren Rahmen dieses Fachgebietes hinaus, und so erwies sich bald die Notwendigkeit, eine das gesamte industrielle Gebiet umfassende Organisation für die Normung zu schaffen. Am 22. Dezember 1917 wurde der Normenausschuß der deutschen Industrie gegründet; aus den VDI-Normen wurden deutsche Industrienormen, deren Kennzeichen DIN noch heute besteht, obwohl inzwischen die Ausdehnung der Normung auf alle Gebiete des gewerblichen Lebens in der Bezeichnung „Deutscher Normenausschuß" ihren Ausdruck gefunden hat.

Was ist nun das Bemerkenswerte an dieser Entwicklung? Gemeinhin stellt man sich heute unter Normung Bestrebungen vor, die im wesentlichen auf dem Gebiete der Güterherstellung und -verteilung wirksam sind. Aber auch hier kann sie auf ein recht hohes Alter zurückblicken, selbst wenn man den Begriff soweit einengt, daß er nur die bewußte Vereinheitlichung der Formen und Eigenschaften der industriellen Bauelemente deckt. Um die Mitte des vorigen Jahrhunderts schuf Sir Joseph Whitworth ein Gewindesystem, das bis heute seinen Platz behauptet hat. In gut geleiteten Betrieben waren längst vor dem Kriege umfangreiche Werknormen im Gebrauch, und in den technisch-wissenschaftlichen Vereinen, wie dem Verein deutscher Ingenieure, dem Verband deut-

scher Elektrotechniker und dem Verein deutscher Eisenhüttenleute, waren von jeher die Arbeiten zur Schaffung von Normalien und technischen Lieferbedingungen wichtige Gebiete der Vereinstätigkeit. Einige Fachgebiete hatten schon besondere Normenstellen, z. B. der Schiffbau im Handelsschiffs-Normenausschuß, der Automobilbau in der Verkehrsprüfungskommission u. a. m. Neu war bestenfalls die Änderung der Bezeichnung „Normalie“ in „Norm“, abgeleitet von norma wie Form von forma.

Und doch zeigte die durch den Normenausschuß eingeleitete Bewegung ein neuartiges und vordem noch nicht wahrgenommenes Gesicht. Sie kann mit wenigen Worten vielleicht als planmäßige Zusammenfassung der Vereinheitlichungsarbeit im Sinne nationaler Wirtschaftsauffassung gekennzeichnet werden, die internationaler Verständigung keineswegs widerstrebt. In ihrer inneren Bedeutung kann sie aber nur aus dem Geist der Entstehungszeit begriffen werden.

Der Weltkrieg hatte die nationale industrielle Erzeugung dem Willen eines Bestellers untergeordnet. Der Macht dieses Willens gesellte sich das durch die nationale Not allen Volkskreisen aufgezwungene Gefühl der gegenseitigen Verbundenheit. Unter der Wirkung dieser Antriebe überwand das Denken in volkwirtschaftlichen Zusammenhängen die Hemmungen eigenwirtschaftlicher und eigenwilliger Engherzigkeit. Es brach technisch-wirtschaftlicher Erkenntnis, die an sich nur aus sachlicher Überlegung erwächst und eigennütziger Willkür widerstrebt, freie Bahn. Zum erstenmal vielleicht wurde die nationale Wirtschaft wenigstens in ihrer industriellen Gestalt als Einheit äußerlich wahrnehmbar, und die Gedankengänge, die für das Leben der industriellen Zelle maßgebend waren, wurden für die Gesamtheit der Wirtschaft wirksam.

Für den Ingenieur war es eine Zeit wichtigen Erlebens, in der sein Denken und sein Gefühl für saubere wirtschaftliche Ordnung maßgebenden Einfluß gewann, in der er Hand anlegen konnte, um die teils aus technischer und wirtschaftlicher Willkür, teils auch aus stürmischer Entwicklung herrührende Verwilderung zu beseitigen. Es war wie ein tiefes Atemholen, diese Besinnung auf ein vernünftiges Denken in der nationalen Güterherstellung, diese erwachende Erkenntnis der Schäden rücksichtslosen Draufloswirtschaftens. Worte, wie Gemeinschaftsarbeit, Arbeitsgemeinschaft u. dergl. erhielten, wenigstens in technisch-industrieller Hinsicht, neuen Klang und neue Bedeutung, durch ihren materiellen Inhalt vielleicht verdeckt, aber im tiefsten Kern doch Ausdruck des Bewußtseins erhöhten Verantwortungsgefühls des im engen Umkreis eigenen Nutzen Schaffenden für die Gesamtheit des Volkes.

Mag sein, daß seitdem manches von dem damals wirksamen Antrieb verblaßt ist: Die deutsche Technik machte mit der Gründung des Normenausschusses der deutschen Industrie den entscheidenden Schritt vom Eigensinn zum Gemeinsinn; sie befreite ihre Aufgaben von der Einengung auf den Einzelzweck und stellte sie in die Zusammenhänge des Gesamtwohles. Die deutsche Normung ist der erste greifbare Ausdruck dieses Gesinnungswechsels, und es heißt, ihren geistigen Inhalt nicht ausschöpfen, wenn man sie lediglich unter dem Gesichtswinkel der seitdem nur allzu laut betonten Rationalisierung sieht, in ihr nur einen Ausdruck nüchternen Wirtschaftlichkeitsstrebens erblickt.

Es war nicht allein die ratio, die Vernunft, die das Denken der Kreise beherrschte, von denen die Normung in ihren Anfängen getragen wurde. Wer jene Zeiten innerlich miterlebt hat, weiß, das damals Antriebe lebendig wurden, deren Untergrund nicht im exakten rationellen Denken, sondern in der Empfindungswelt des unwägbaren und unmeßbaren Instinktes zu suchen sind. Weniger erkennbar wurde dieser Zusammenhang an denen, die Neigung oder Zufall unmittelbar in die Normungsarbeit führte, als an denen, die der Normung heftigen und aufrichtigen Widerstand entgegensetzten, die sich innerlich dagegen auflehnten, daß ein übergeordnetes Plichtgebot ihrer persönlichen Freiheit Grenzen ziehen sollte.

Die Normung wurde in ihren Anfängen durchaus nicht in erster Linie von Männern an führender Stelle des Wirtschaftslebens getragen, — die wenigen Ausnahmen, Dihlmann, Huhn, Jordan, Köttgen, Lippart, Neuhaus, Seiffert, Vögler und einige mehr, sind um so bemerkenswerter, — sondern von Ingenieuren in mittleren Stellungen.

Wer diese Männer fragt, was sie dazu trieb, ihre Mußestunden jahrelang für die Normung zu opfern, ohne jedes Entgelt, ja bisweilen unter Beeinträchtigung ihres Fortkommens, der erhält zur Antwort: Die Freude an Klarheit und Wahrheit. Und daher ist die deutsche Normung ein Ingenieurwerk im besten Sinne, getragen von dem Geist, der schafft, nicht weil er soll, sondern weil er muß, weil hinter ihm der Trieb steht, der von Unordnung zur Ordnung, von Willkür zur Gebundenheit, von der Zufälligkeit zum Gesetz strebt. Dieser Geist ist der deutschen Normung bester Teil; er band die Beteiligten zu einer Gewissensgemeinschaft, die nicht in der nur allzu unzulänglichen ratio wurzelte, sondern in Urtrieben, die ihre Begründung in sich selbst tragen.

Darum erscheint denen, die so empfinden, die Normung in ihrer lediglich äußerlichen Verknüpfung mit der geistig einseitigen Rationalisierung in der öffentlichen Erörterung als Zerrbild. Der wahre Ingenieur lehnt Dinge, hinter denen keine seelischen Triebkräfte stehen, in dem Maß ab, in dem er sich klar darüber ist, daß exaktes Denken allein nicht an den Urgrund der Dinge zu dringen vermag. Erst wenn die offen zutage liegende Nützlichkeit der Normung, in zahllosen Leitaufsätzen und Parlamentsreden gepriesen, nicht mehr allein ihre Berechtigung begründet, sondern die ihr zugrunde liegenden Triebkräfte unser Gemeinschaftsleben beherrschen, hat die Normung gesiegt.

Gegenüber dem Wesensinhalt der deutschen Normung tritt die äußere Gestalt ihrer

Organisation

stark in den Hintergrund.

In seiner formalen Konstruktion ist der Deutsche Normenausschuß ein eingetragener Verein, dessen Präsidium der Vorstandsrat ist. In diesem Organ sind die an der Normung beteiligten Zweige des Wirtschaftslebens durch ihre hervorragenden Persönlichkeiten vertreten. Ein engerer Ausschuß des Präsidiums bildet den Vorstand, der den Verein nach außen vertritt. Mitglied des Vereins kann jeder werden, der willig ist, an der deutschen Normung mitzuarbeiten. Pflicht-Mitgliedbeiträge werden nicht erhoben. Die Mitgliederversammlung stellt den Hauptausschuß dar, der das Präsidium mit regelmäßigem Wechsel wählt.

Der Vereinscharakter des im Deutschen Normenausschuß vollzogenen Zusammenschlusses dient lediglich zur Begründung rechtlicher und geschäftlicher Handlungsfähigkeit. Von der Satzung des Deutschen Normenausschusses her kann man daher keinen ausreichenden und zutreffenden Einblick in seine eigentliche Arbeitsweise gewinnen. Für die deutsche Normungsarbeit ist geradezu kennzeichnend, daß sie sich nicht in vorgeschriebenen und durch eine Satzung oder Geschäftsordnung festgelegten Bahnen vollzieht. Gerade der Verzicht auf jede Belastung mit formalen Bestimmungen und dem üblichen vereinsmäßigen Beiwerk ist eine der wichtigsten Bedingungen dafür, daß die deutsche Normungsarbeit fähig bleibt, sich den vielgestaltigen Bedürfnissen des Wirtschaftslebens immer wieder anzupassen, und vor Erstarrung bewahrt wird.

Es ist häufig, besonders aus dem Auslande, das der deutschen Normung außerordentliche Beachtung schenkt, der Wunsch geäußert worden, ein Organisationsschema des Deutschen Normenausschusses zu erhalten, aus dem sein innerer Aufbau ersichtlich wäre. Eine Darstellung, die in dieser Hinsicht erschöpfende Auskunft geben könnte, oder aus der ein Organisationsrezept zu gewinnen wäre, ist ebensowenig möglich, wie man einen lebenden Organismus durch ein systematisches Schema ausreichend zu erläutern vermag. Die deutsche Normungs-

arbeit ging den gesunden Weg natürlicher Entwicklung und hat in organisatorischer Hinsicht auf diesem Wege manche Wandlungen durchgemacht, ohne bis heute einen Zustand erreicht zu haben, der eine exakte schematische Wiedergabe gestattet.

Grundsätze der Normungsarbeit

Die deutsche Normungsarbeit regelt sich nicht nach Satzungen oder andern Festlegungen, sondern nach den Grundsätzen, die sich aus der Einsicht in das Wesen der Normung ergeben. Einige dieser Grundsätze, die die Arbeitsweise des Deutschen Normenausschusses beherrschen, seien angeführt.

Es gibt keine vereinzelte Norm; alle Normen sind voneinander abhängig. Aus diesem einfachen Grundsatz ergibt sich ohne weiteres die Erkenntnis, daß sich die Vereinheitlichungsarbeit für die nationale Wirtschaft nur dann segensreich auswirken kann, wenn sie an einer Stelle zusammenfließt, und daher kann es nur einen Deutschen Normenausschuß geben. Der Versuch, auf irgendeinem Gebiete des nationalen wirtschaftlichen Lebens mit der Normung unabhängig vorzugehen, muß mit schweren nationalen Opfern bezahlt werden.

Eine glückliche Entwicklung hat es der deutschen Normung im wesentlichen erspart, solche Opfer zu fordern. Die gesamte im deutschen Reich geleistete Normungsarbeit konnte in verhältnismäßig kurzer Zeit im Deutschen Normenausschuß zusammengefaßt werden, weil die maßgebenden Männer auf den wichtigsten Fachgebieten einsichtsvoll genug waren, ihre fachlichen Vereinheitlichungsarbeiten in den gemeinsamen Rahmen einzugliedern. Ganz besondere Anerkennung muß hier dem Verbande deutscher Elektrotechniker gezollt werden, dessen damaliger Generalsekretär Dettmar zusammen mit Baurat Dihlmann von den Siemens-Werken sofort die Notwendigkeit engster Zusammenarbeit erkannte und trotz der schon seit Jahrzehnten in seinem Verband für die Elektrotechnik geleisteten Vereinheitlichungsarbeit diese, soweit sie mit den übrigen Fachgebieten in Zusammenhang stand, in den Normenausschuß einbrachte. Ebenso hat der Verein deutscher Ingenieure nicht gezögert, seine Normungsarbeit, die seit seinem Bestehen ein Kernstück seiner Vereinstätigkeit darstellte, der nationalen Notwendigkeit unterzuordnen. Nur dadurch, daß sich persönlicher und korporativer Ehrgeiz nationaler Einsicht beugten, ist es gelungen, einem wichtigen Gebiete der deutschen Technik eine einheitliche Entwicklung zu sichern, ein Vorgang, der bislang ohne Beispiel dasteht.

Das Gelingen hing aber wesentlich davon ab, daß sich der Normenausschuß davor hütete, in den Fehler zentralistischer Denkweise zu verfallen, sondern sich auf dem Grundsatz föderalistischer Gleichberechtigung aufbaute und seine Einrichtungen nur soweit entwickelte, als sie zur einheitlichen Durchführung der deutschen Vereinheitlichungsarbeit unbedingt notwendig waren.

Das Wesen des Deutschen Normenausschusses wird daher am besten gekennzeichnet als ein Zweckverband, in dem alle das Gleiche wollen und keiner das Übergewicht hat. Die für die Gemeinschaftsarbeit eines solchen Zweckverbandes erforderliche Disziplin darf und muß sich lediglich nach den sachlichen Notwendigkeiten regeln, und niemals dürfen die Belange oder gar der Ehrgeiz einer Person oder eines Wirtschaftzweiges überragenden Einfluß gewinnen. Ebensowenig wie Gedanke und Planung des Deutschen Normenausschusses einem Kopf entsprang und ebensowenig wie der Verdienst an seinen Erfolgen einer Person oder Körperschaft zugeschrieben werden kann, so wenig ist auch in ihm Platz für wirtschaftliche oder persönliche Einflüsse.

Die Abhängigkeit der Normen voneinander zwang, eine Sicherung dagegen zu treffen, daß gegen dieses Grundgesetz der Normung nicht wesentlich verstoßen wird. Diesem Zweck dient die Normenprüfstelle, die gewissermaßen das normentechnische Gewissen verkörpert. Sie hat dafür zu sorgen, daß die deutschen Normen in ihrer äußeren Erscheinung eine einheitliche Gestalt erhalten, und vor allem dafür, daß Widersprüche der Normen untereinander nach Möglichkeit nicht auftreten.

Die Bedeutung der Normenprüfstelle kann nicht hoch genug eingeschätzt werden. Ihre Unabhängigkeit und Selbständigkeit ist eine wichtige Vorbedingung für ihr einwandfreies Wirken. Die Mitglieder der Normenprüfstelle sind ehrenamtlich tätig und wählen sich ihren Vorsitzenden selbst; das Präsidium hat lediglich das Recht der Bestätigung. Der Vorsitzende der Normenprüfstelle nimmt an den Verhandlungen des Präsidiums, soweit diese Normenangelegenheiten betreffen, teil. Die Geschäftsführung der Normenprüfstelle wird von einem hauptamtlichen Bearbeiter wahrgenommen. Gegenüber der Geschäftstelle hat die Normenprüfstelle eine völlig selbständige Stellung, so daß der Einfluß der Geschäftstelle in der Normungsarbeit selbst nicht maßgebend werden kann.

Die Normenprüfstelle tritt in regelmäßigen Abständen zu Sitzungen zusammen, in der alle Normenentwürfe für die wichtigen Abschnitte ihrer Entwicklung in allen Einzelheiten durchberaten werden. Wer weiß, welche unendlich mühevolle Kleinarbeit dazu gehört, um diese Aufgaben zu erledigen, und sich dabei klar macht, daß die Arbeit ehrenamtlich geleistet wird, der wird seine Anerkennung und seinen Dank den Mitgliedern der Normenprüfstelle nicht vorenthalten können.

Ein weiterer wichtiger Grundsatz für die Normungsarbeit ist, daß eine lebensfähige Norm, die der Allgemeinheit nutzen soll, das Ergebnis des Ausgleichs technischer und wirtschaftlicher Tauglichkeit sein muß. Wenn einer der Faktoren gleich null ist, so hat auch das Produkt den Wert null. Hieraus folgt zunächst einmal, daß eine Norm in der Regel niemals technische Spitzenforderungen verwirklichen kann, sondern sich auf eine mittlere technische Tauglichkeit einstellen wird. Es nutzt nichts, ein Norm aufzustellen, die den höchsten Stand technischer Entwicklung wiedergibt, wenn diese Entwicklungsstufe wirtschaftlicher Brauchbarkeit vorgreift. Eine Norm ohne wirtschaftliche Verständigung kann technisch einwandfrei sein. Ihrer Wirksamkeit fehlt jedoch die wichtigste Voraussetzung, nämlich die Willigkeit zu ihrer Anwendung. Ja, in ihr liegt sogar die Gefahr, wenn sie auf diese Willigkeit verzichten und sich auf eine Macht, z. B. ein Monopol, stützen kann, daß sie zu einer Herrschaft gelangt, die volkswirtschaftlich als schädlich anzusehen ist.

Das Ergebnis einer solchen Denkweise ist z. B. die Aufstellung von Firmennormen, die den Kunden zwingen, die Ersatzteile nur von der die „Marke" herstellenden Firma zu beziehen. Versuche, sich auf diese Weise das Ersatzteilgeschäft zu sichern, sind keineswegs selten, und die Hemmungen, die der allgemeinen Normung auf einzelnen Sondergebieten entgegenstanden und zum Teil noch entgegenstehen, sind hierauf zurückzuführen.

Eine wirtschaftliche Vereinbarung ist nur dann als vorhanden anzusehen, wenn die Zustimmung aller an der Norm beteiligten Kreise vorliegt, und daher ist es Grundsatz für die deutsche Normungsarbeit, daß die aus ihr hervorgehenden Normen stets das Ergebnis freiwilliger Gemeinschaftsarbeit der Erzeuger, der Verbraucher, des Handels, unter Mitwirkung der Behörden und der Wissenschaft sein müssen. Nach diesen Gesichtspunkten erfolgt die Zusammensetzung der Arbeitsausschüsse. Da solche, um arbeitsfähig zu bleiben, nur eine beschränkte Mitgliederzahl haben können, wird die Mitarbeit der übrigen gesamten Fachwelt in der Weise herbeigeführt, daß sämtliche Normenentwürfe, außer in der Zeitschrift „Maschinenbau" dem Organ des Deutschen Normenausschusses, in den einschlägigen Fachzeitschriften veröffentlicht werden und der fachlichen Kritik eine Einspruchfrist von mehreren Wochen gelassen wird.

Die deutsche Normungsarbeit vollzieht sich also in voller Öffentlichkeit, und zwar nicht nur des Inlandes, sondern auch des Auslandes. Es bestanden anfänglich Bedenken dagegen, dem Ausland so weitgehenden Einblick in die deutschen Arbeiten zu gestatten. Die Entwicklung hat jedoch erwiesen, daß der vom Deutschen

Normenausschuß verfolgte Grundsatz, auch die Kritik des Auslandes herauszufordern, von außerordentlichem Nutzen ist. Die rücksichtslose Offenheit stärkte das Gefühl gegenseitigen Vertrauens und führte bereits in einer Zeit, in der die Politiker sich noch aufs heftigste befehdeten, zu einer fruchtbringenden sachlichen Zusammenarbeit mit ausländischen Normenausschüssen.

Wenn eine Norm das Ergebnis freiwilliger Vereinbarung sein soll, so ist es natürlich nicht angängig, sie durch Mehrheitsbeschlüsse ins Leben zu rufen. Das Beschlußverfahren ist daher in den Arbeitsausschüssen nicht üblich und hat bestenfalls die Bedeutung, ein Bild über die Lage der Meinungen zu erhalten. Die Vergewaltigung einer maßgebenden Minderheit ist völlig ungeeignet, um eine dauerhafte Norm zu erreichen.

Natürlich besteht für die Durchführung dieser Grundsätze, wie für alles, auch eine Grenze. Wenn z. B. eine Erzeugergruppe sich trotz dringender Bitten der Verbraucherschaft jeder Erörterung über die Schaffung oder Ausgestaltung einer Norm entzieht, so wäre es ein Unrecht gegen die Verbraucher, das Bedürfnis nach der von ihr gewünschten Norm aus diesem Grunde zu verneinen. Man ist vielmehr berechtigt, anzunehmen, daß die Erzeuger von ihrem Recht der Mitarbeit keinen Gebrauch machen und die Entscheidung in die Hände der Verbraucher legen wollen.

Ebenso darf eine fast abgeschlossene Norm nicht daran scheitern, daß sich vielleicht eine zufällige Minderheit aus sachlich nicht stichhaltigen Gründen gegen die Norm ausspricht. In solchen Fällen, die freilich zu den sehr seltenen Ausnahmen zählen, hat das Präsidium des Deutschen Normenausschusses die Verantwortung auf sich nehmen müssen, nach vorangegangener sorgfältiger Prüfung auch solchen Normen seine Billigung zu erteilen, die noch nicht die volle Zustimmung aller Kreise erfahren haben. In der Regel wird hierbei aber eine Form gewählt, die dies erkennen läßt, sei es, daß die Blätter den Aufdruck „Vornormen" erhalten, sei es, daß auf dem Normblatt diejenigen Kreise vermerkt werden, die bislang der Norm zugestimmt haben.

Ein wichtiger Grundsatz ist ferner aus dem so gekennzeichneten Wesen der deutschen Normung abzuleiten: daß die Normen nicht von den Verwaltungsorganen des Normenausschusses aufgestellt werden. Die Geschäftstelle hat lediglich die Aufgaben der äußeren Regie zu erfüllen. Der Nachweis, daß diese Beschränkung auch durchgeführt wird, ist ohne weiteres dadurch gegeben, daß sich trotz der raschen und starken Ausdehnung der deutschen Normung die Belegschaft der Geschäftstelle, seitdem sie überhaupt von hauptberuflich tätigen Ingenieuren verwaltet wird, im Laufe der Zeit nur unwesentlich verstärkt hat. Sie ist lediglich der treuhänderische Sachverwalter aller im Deutschen Normenausschuß zusammenarbeitenden Vereinheitlichungsstellen. In den ersten Anfängen des Normenausschusses wurden die Arbeiten der Geschäftstelle von ehrenamtlich tätigen Ingenieuren (Brommer, Heilandt, Kienzle, Koch, Leifer, A. Maier, Porstmann, Wölfel) verwaltet. Die Opferwilligkeit jener Männer ist so weit gegangen, daß sie oft bis in die Nachtstunden den einlaufenden Schriftwechsel erledigten und sogar aus eigener Tasche dazu beitrugen, um die allerersten Ausgaben zu decken.

Ebensowenig ist das Präsidium des Deutschen Normenausschusses, also seine oberste Spitze, mit der Aufstellung von Normen irgendwie befaßt. Seine Rechte beschränken sich vielmehr, abgesehen von der Entscheidung in wichtigen inneren Angelegenheiten, auf die Vollmacht, einer Norm das DIN-Zeichen zu verleihen und sie damit in das Normensammelwerk aufzunehmen; es prüft lediglich, ob die Norm in einwandfreier Weise zustandegekommen ist.

Von diesen Zusammenhängen aus gesehen, ist also der Deutsche Normenausschuß die Ausgleichstelle für die deutsche Normung, deren Teilhaber die selbständigen Normenausschüsse für die verschiedenen Fachgebiete sind. Diese Glieder, die fast durchweg den Namen „Fachnormenausschuß" führen, unterwerfen sich einer freiwilligen Beschränkung, indem sie die aus gemeinsamer Erfahrung herausgebildeten Grundsätze für ihre eigene Arbeit maßgebend sein lassen und sich der gemeinsamen Einrichtungen, nämlich der Normenprüfstelle und der Geschäftstelle bedienen. Sie erwerben durch ihren Beitritt zum Deutschen Normenausschuß den Anspruch, daß ihren Normen bei einwandfreier Herkunft das Kennzeichen der nationalen deutschen Normung DIN verliehen wird.

Für die rein geschäftlichen Beziehungen zwischen den Fachnormenausschüssen und dem Deutschen Normenausschuß hat sich im Laufe der Zeit eine vertragliche Form herausgebildet, die mit mehr oder weniger Anpassung an den Einzelfall gleichmäßig eingehalten wird. Ein völlig ausgeglichener Zustand ist noch nicht erreicht; insbesondere fehlt es noch an einer endgültigen Zusammenfassung der Normen des allgemeinen Maschinenbaues in einem Fachnormenausschuß, dessen ideelle Patenschaft der Verein deutscher Ingenieure jedoch schon seit längerer Zeit wahrnimmt, so daß es sich hierbei nur noch darum handelt, einen mehr formalen Abschluß herbeizuführen. Einen endgültigen Zustand wird das Gebilde des Deutschen Normenausschusses aber nie erreichen. Immer wieder werden neue Bedürfnisse neue Formen zeitigen, und dieser Vorgang ständigen Hineinwachsens in neue Formen darf vielleicht als Kennzeichen der inneren Beweglichkeit und Anpassungsfähigkeit dieses organisatorisch in herkömmlichen Formen nicht faßbaren Gebildes angesehen werden.

Die beiden Grundsätze, nämlich innere sachliche Verflechtung aller Normen und Ausgleich technischer und wirtschaftlicher Forderungen sind für den Aufbau und das Arbeitsverfahren der deutschen Normung maßgebend gewesen. Einem weiteren außerordentlich wichtigen Grundsatz begegnen wir bei der Überlegung, welcher Machtbereich der Normung ohne Schaden für die technische Entwicklung eingeräumt werden darf. Normung bedeutet stets Bindung, d. h. nicht nur Einschränkung der Willkür, sondern der Freiheit des einzelnen überhaupt; sie greift also in das für den menschlichen Fortschritt wichtigste und empfindlichste Gebiet ein, und man muß sich darüber klar sein, daß sich die Normung in einer recht gefährlichen Zone bewegt.

Diese Erkenntnis ist im Normenausschuß in dem Grundsatz festgehalten, daß die Normung unter allen Umständen die technische Entwicklung freilassen muß. Sie beschränkt sich daher im wesentlichen auf die Festlegung von Elementen, die technisch soweit als ausgereift angesehen werden können, daß nach menschlichem Ermessen neue Lösungen in einem übersehbaren Zeitraum nicht zu erwarten sind. Im übrigen legt sie Anschlußmaße fest, die neuen und mannigfaltigen Konstruktionen hinreichend Raum lassen und diese nur soweit binden, wie es die Auswechselbarkeit erfordert. In der Festlegung von Eigenschaften der Baustoffe beschränkt sie sich auf Mindestforderungen, die den technischen Ausbau der Herstellverfahren nicht hemmen.

Die Durchführung dieses Grundsatzes engt den Wirkungsbereich der Normung außerordentlich ein, und es war vielleicht die wichtigste Aufgabe für die Leitung des Deutschen Normenausschusses in seinen ersten zehn Jahren, diesen Grundsatz gerade gegen die treuesten Freunde der Normung zu verteidigen. Es mag widerspruchsvoll erscheinen, aber es ist so, daß die negative Arbeit, nämlich die Abwehr eines Normenfanatismus, die Leitung des Deutschen Normenausschusses fast mehr in Anspruch nahm, als die positive Normungsarbeit. Nichts kann einer wirtschaftlich so einschneidenden Bewegung mehr schaden, als ihr ungezügeltes und kritikloses Auswuchern. Hiergegen gibt es nur ein wirksames Mittel, nämlich, daß die geschaffenen Normen auf sich selbst gestellt werden. Sie dürfen im Wirtschaftsleben keine andre Stütze haben, als die aus ihrer eigenen Güte herauswachsende Kraft. Daher hat der Deutsche Normenausschuß bislang stets abgelehnt, daß seinen Normen irgendeine gesetzliche Bindung gegeben wird, so verlockend das für die Förderung der Arbeit auch gewesen wäre.

Es mag in diesem Zusammenhang erwähnt sein, daß sich diese Auffassung in zunehmendem Maß auch bei den

Behörden eingebürgert hat. Mit Dank erkennt der Deutsche Normenausschuß an, daß sich die Behörden fast ausnahmslos in die bei ihm zusammenlaufende Gemeinschaftsarbeit eingegliedert haben und daß ihre Mitarbeit für ihn eine der wertvollsten Stützen bislang gewesen ist. Zu besonderem Dank ist der Deutsche Normenausschuß in dieser Hinsicht Ministerialrat Ruelberg vom Reichswirtschaftsministerium verpflichtet, der stets bemüht war, die Arbeit des Deutschen Normenausschusses von Amts wegen zu fördern, ohne gleichzeitig einen entscheidenden Einfluß der Behörden zu verlangen. Eine starke Förderung für den Normenausschuß bedeutete ferner das tatkräftige und zielbewußte Eintreten des Präsidenten Dr.-Ing. E. h. Hammer für die Einführung der Dinormen bei der Reichsbahn.

Wenn die Normung die Gefahr der Hemmung des Fortschrittes vermeiden will, so muß sie auch innerhalb des Bereiches selbstgewollter Beschränkung der Entwicklung freien Raum gewähren, d. h. die Normung muß stets flüssig bleiben, eine Forderung, aus der sich ganz besondere Schwierigkeiten ergeben. Denn jede Änderung einer Norm bedeutet, namentlich wenn sie schon weitgehend Eingang gefunden hat, den Verlust von vorher gebundenen Werten. Es sind häufig die schwersten Vorwürfe erhoben worden, wenn sich der Deutsche Normenausschuß aus schwerwiegenden sachlichen Gründen zu einer Änderung bereits aufgestellter Normen entschließen mußte. Die Vorwürfe sind durchaus verständlich, und doch müssen sie mit in den Kauf genommen werden, wenn die nationale Normung lebendig bleiben soll. Leben bedeutet Absterben alter Formen, und es ist wohl der schwierigste Teil der Vereinheitlichungsarbeit, die Normen lebendig zu erhalten, ohne tiefgehende Schäden anzurichten.

Um so stärker müssen die Sicherungen gegen eine leichtfertige Herausgabe von Normen sein. Es bedarf einer starken Hand und oft eines harten Herzens, um unempfindlich zu sein gegen die Vorwürfe allzu langsamen Fortschrittes auf wichtigen Gebieten der Vereinheitlichung. Vielfach wird übersehen, daß Dinge, die sich durch jahrzehntelanges Bestehen in Gepflogenheit und Anschauung festgesetzt haben, nicht von heute auf morgen geändert werden können. Wenn man alle diese Zusammenhänge berücksichtigt, so muß das, was der Deutsche Normenausschuß in den ersten zehn Jahren seines Bestehens geschaffen hat, volle Anerkennung fordern.

Wer sich in Einzelheiten dieser zehnjährigen Arbeit vertiefen will, lese die Schrift: „Die deutsche Normung" und fordere das halbjährlich erscheinende Normblattverzeichnis[1]). Eine gedrängte rückschauende Betrachtung kann lediglich

Angelpunkte der deutschen Normung

herausschälen.

Solche Angelpunkte lassen sich zwanglos aus der allgemeinen soziologischen Zweckbestimmung der Norm ableiten. Wo irgendwie Menschen untereinander in Beziehung treten, müssen sie für ihre Willensäußerungen aus der Vielheit der hierfür geeigneten Formen eine Auswahl treffen, um das gegenseitige Verständnis überhaupt zu ermöglichen und allmählich leichter und schneller zu gestalten. Verständigung über diese Auswahl heißt Normung. Sprache und Schrift sind als wichtigste genormte Ausdruckmittel des menschlichen Willens die soziologischen Hauptwerkzeuge, die den Zweck gegenseitiger Verständigung um so vollkommener erfüllen, je eindeutiger sie sind, d. h. je schärfer sie genormt sind.

Die Technik schuf in Zeichnung und Formeln ihre besonderen Verständigungsmittel, deren Behendigkeit durch die Normung zu steigern war. Das geschah im Normenausschuß durch die Festlegung von Formelzeichen, durch Vereinbarung von Grundsätzen für die zeichnerische Darstellung und durch die Kennzeichnung der verschiedenartigsten Bearbeitungsangaben und Güteanforderungen. In den Sinnbildern z. B. für Rohrleitungen, elektrotechnische Schaltbilder, Kurzzeichen für Schweißverbindungen u. a. m. wurde eine zeichnerische Kurzschrift geschaffen. Eine weitere Gruppe bildet die Festlegung von Begriffsbestimmungen und -bezeichnungen, die teils durch Angaben in den einzelnen Normen, teils auch gesondert, z. B. für die Benennung technischer Gase, erfolgte.

Grundsätzlich das gleiche Verfahren der Auswahl aus einer Vielheit von Formen als Mittel zur Erleichterung und Beschleunigung eines Vorganges mit dem Erfolg der Verlustverminderung ist dort gegeben, wo der menschliche Wille gestaltend in die Welt der stofflichen Dinge eingreift. Auf das Stoffliche angewandt, bedeutet das Sortenauswahl. Diese Sortenauswahl erfolgt aber durch die Normung nicht nach Willkür, etwa nach Maßgabe zusammenhangloser Gepflogenheit. Bei der schon vordem gekennzeichneten inneren Abhängigkeit aller Normen von einander würde ein solches Vorgehen in seinem Endergebnis leicht zu einer Vermehrung der Sorten des Ausgangsstoffes, also zu einem Widerspruch der Normung in sich führen können. Eine solche Auswahl ist bestenfalls als Lösung für die Übergangzeit annehmbar oder weil innere Zusammenhänge mit andern Normen nicht erkennbar sind; eine vollwertige Norm ist sie nicht. Die Normung muß vielmehr versuchen, die Sortenauswahl soweit angängig und übersehbar in einen gesetzmäßigen Zusammenhang zu bringen.

Wenngleich die Normung hier auf ein bisher noch recht wenig erforschtes Gebiet trat, so schuf sie doch ein wichtiges Hilfsmittel in Zahlenreihen, deren gesetzmäßiger Aufbau einen gleichmäßigen oder gleichmäßig zunehmenden Stufensprung ergibt.

Eine solche Zahlenreihe ist die der Normungszahlen, nach der beispielsweise die Nenndrücke und Nennweiten für Rohrleitungen, die Übersetzungsverhältnisse für Riementriebe, die Achshöhen elektrischer Maschinen gestuft sind. Eine der Normalzahlenreihe sehr verwandte Zahlenreihe ist die der Normaldurchmesser, die aus den Bedürfnissen einer langjährigen Praxis ohne tiefgründige theoretische Überlegungen entstanden ist und fast zu den gleichen Werten geführt hat, die die Normalzahlenreihe aufweist. Vielfach ist ihre Anwendung in der Praxis, groß der Nutzen, der hierdurch erzielt wird. Nach ihr werden alle wichtigen Konstruktionsmaße bestimmt, besonders wenn es sich um Durchmesser handelt, die zwei miteinander arbeitenden Teilen gemeinsam sind. Über die Konstruktion wirkt sich die Reihe der Normaldurchmesser in den Betrieben aus, in denen sie zu einer erheblichen Einschränkung des Lagerbestandes an Halberzeugnissen (gewalzte und gezogene Werkstoffe) und zu einer Verminderung des kostspieligen Werkzeugparks führt.

Die Auswahl der Sorten bezieht sich sowohl auf Formen und Abmessungen, wie auf Eigenschaften der Baustoffe, Gütevorschriften und Abnahmebedingungen, und gerade diese Art Normen wird an Verbreitung und Bedeutung zunehmen, je mehr die industrielle Normung aus dem Gebiete des Maschinenbaues und der metallverarbeitenden Technik heraustritt. Neben den allgemeinen Werkstoffnormen für Eisen und Stahl und für Nichteisenmetalle seien als Normen dieser Art die Baunormen angeführt, besonders, soweit sie sich auf Straßenbaustoffe und Vorschriften für Bauleistungen beziehen. Ferner gehören hierher in erheblichem Umfange die Textilnormen.

Sortenauswahl bedeutet Ausmerzung jeder unbegründeten Mannigfaltigkeit, und zwar in den Formen, den Größen und den Eigenschaften. Im Vollzug dieser Aufgabe schafft die Normung für die als zweckmäßig und notwendig ausgewählten Sorten erhöhten Bedarf und damit die Möglichkeit ihrer Erzeugung in größeren Stückzahlen, bis zur Massenfertigung, und diese verbilligt nicht nur die Erzeugung, sondern erhöht in der Regel auch die Güte und weckt weiterhin einen stärkeren Massenbedarf.

Im allgemeinen darf die Aufgabe der Normung damit als erschöpft angesehen werden, wenn sie dem Erzeuger vereinfachte Herstellbedingungen und Ausnutzung der Vorteile der Massenfertigung bringt, dem Handel geringere Lagerbestände und damit geringeren Kapitalaufwand und dem Verbraucher endlich die Gewähr einer gleichmäßigen

[1]) Beuth-Verlag G. m. b. H., Berlin S 14.

und schnellen Belieferung. Diese Vorteile wirken sich daher in erster Linie bei den Dingen aus, die einem verhältnismäßig schnellen Verschleiß unterworfen sind. Soweit es sich um einen Verschleiß des ganzen Gegenstandes handelt, ist daher die Aufgabe der Normung damit erfüllt, daß sie Auswahl der Formen und Größen, also die Abmessungen, und die Güteanforderungen festlegt. Soweit der Verschleiß aber nur einzelne Teile eines größeren Ganzen betrifft und durch den Ersatz dieser Teile die Lebensdauer des ganzen Gegenstandes erhöht werden kann, kommt für die Normung zu den vorbezeichneten Aufgaben noch eine weitere hinzu, das ist die Sicherung der Austauschbarkeit.

Die Forderung nach Austauschbarkeit tritt nicht allein bei den Einzelteilen für den Maschinen- und Apparatebau auf, sondern in fast allen Gebieten der Gütererzeugung. Während sie hier aber im allgemeinen durch die Festlegung von Anschlußmaßen gewährleistet ist, verlangt sie dort besondere Maßnahmen. Die hohe Entwicklung des Maschinen- und Apparatebaues stellt Anforderungen an die Maßgenauigkeit der miteinander zu verbindenden Teile, die auf andern Gebieten der Gütererzeugung heute noch unbekannt sind. Bei der Einzelfertigung trat diese Forderung wenig in Erscheinung, da die Teile einander zugepaßt wurden. Die Einführung der Massenfertigung aber bedingt die maßliche Übereinstimmung mit hoher Genauigkeit, damit die Teile ausgetauscht werden können.

Die Grundlage hierfür ist in dem Paßsystem gegeben, das in langwierigen Erörterungen der erfahrensten Fertigungsingenieure aufgestellt wurde und seine Brauchbarkeit in der Praxis glänzend bewiesen hat. Für die Sicherung der Maßgenauigkeit der von verschiedenen Herstellern und in den verschiedenen Werken angewandten Lehren war die Festlegung einer einheitlichen Bezugstemperatur nötig, bei der die Meßwerkzeuge miteinander zu vergleichen sind und ihrem Sollwert entsprechen sollen. Mit der Festlegung der Bezugstemperatur und dem Aufbau eines für die ganze übrige Welt vorbildlichen Paßsystems hat die Normung reformierend und ordnend in das gesamte technische Meßwesen eingegriffen.

Eine für den Austauschbau ebenso bedeutungsvolle Frage wie das Passen zylindrischer Teile ist die der Gewinde. In Deutschland ist es vor allen Dingen dem Verdienst von Prof. Dr.-Ing. G. Schlesinger zuzuschreiben, daß mit den zahlreichen Gewindearten und -abarten aufgeräumt und zwei Gewindesysteme, das Whitworth-Gewinde und das Metrische Gewinde für Deutschland zur Norm erhoben wurden. Wohl kein Maschinenteil zeigt eine so ungeheure Verbreitung, eine so mannigfaltige Anwendung in allen Industriezweigen wie die Schraube. Die Gewindenormung war daher Voraussetzung für das Gebiet der Schraubennormung. Die Herstellung der Schrauben in Massen und in besondern Schraubenfabriken machte auch hier das Verlangen nach Austauschbarkeit zu einer grundsätzlichen Forderung, und man kann wohl ohne Übertreibung sagen, daß die noch in ihrer Entwicklung stehenden Arbeiten zur Festlegung von Gewindetoleranzen von außerordentlicher Bedeutung für die Entwicklung der Schraubenherstellung und der dazu nötigen Werkzeuge gewesen sind.

Mit der Klärung der grundsätzlichen Frage des Austauschbaues hat daher die Normung die Verwirklichung des schon lange verfolgten Gedankens, die Fertigung viel gebrauchter Massenteile in besonders dafür eingerichteten Fabriken zusammenzufassen, erst in vollem Maß ermöglicht. Der Verbraucher ist in die Lage versetzt, Ersatzteile zu Maschinen an beliebiger Stelle zu kaufen und einzubauen, und damit ist ein Ziel erreicht, das durch die Maßnormung allein für viele Dinge nicht zu erreichen gewesen wäre.

In den angeführten Grundnormen wirkt sich auch die Abhängigkeit der Normen voneinander aus. Das Gewinde, das am Kraftfahrzeug vorkommt, kehrt an der Haushaltungsmaschine wieder, die gleiche Schraube findet Verwendung an der Lokomotive und am Pflug, der gleiche Schraubenschlüssel dient zum Anziehen einer Schraube am Flansch einer Rohrleitung und zum Festspannen des Stahles an einer Drehbank.

Einen gleichen gesetzmäßigen Zusammenhang finden wir bei der Formatnormung für Papier, die auf der einen Seite Rohbogen und Papiermaschine, auf der anderen Seite Briefhülle, Briefordner, Aktenschrank, Karteikasten und Reißbrett miteinander kettet.

Im Zuge der Entwicklung gesehen, ist nach den vorangegangenen Überlegungen die Normung nichts andres, als die Mittel, die ganz allgemein zur intensiveren Gestaltung des Gemeinschaftslebens dienen, planmäßig auf die Erzeugung und Verteilung der Güter anzuwenden.

Die Norm ist ein folgerichtiges Ergebnis der in das menschliche Schaffen überhaupt gebrachten Ordnung. Sie entsteht durch Auslese. Soweit die Auslese bewußt vorgenommen wird, erzwingen die Zusammenhänge einen gesetzmäßigen Aufbau der Norm.

Steigende Verflechtung der Zusammenhänge infolge stärkeren Ausreifens der technischen Entwicklung schaffen für die Norm neben dem gesetzmäßigen Aufbau eine weitere Abhängigkeit, nämlich die Forderung der Austauschbarkeit.

Wo immer wir das Normenwerk aufschlagen, sei es in den Grundnormen oder in den zahlreichen Fachnormen für

allgemeinen Maschinenbau, Bergbau, Elektrotechnik, Haushaltung, Gesundheitswesen, Kleidung, Landwirtschaft, Land-, Wasser- und Luftverkehr, Wohnung und Siedlung, Unfallschutz

und vieles andre mehr, — stets begegnen wir dem gleichen Gefüge, das wir im Querschnitt durch die gesamte Normung wahrnehmen. Die aus ihm erkennbaren Zusammenhänge verbinden die gesamte Normung auf allen Gebieten zu einem einzigen großen in sich unlösbaren Werk, das in seinem Kern als gefestigt anzusehen und nunmehr in die Breite auszubauen ist.

Die Normblätter

Die Zahl der fertiggestellten Normblätter mag dem Außenstehenden vielleicht recht groß erscheinen, und doch kommt in ihnen nur die Ausführung der wenigen Grundgedanken zum Ausdruck. Es war ein glücklicher Gedanke, für die Normen von vornherein das System einzelner Normblätter festzulegen, ein Vorschlag, der von A. Maier stammt und von P. Wölfel schon längere Zeit vor der Gründung des Normenausschusses der Deutschen Industrie in weiter Voraussicht zu dem Plan eines deutschen Normensammelwerkes ausgebaut wurde. Wie stark dieser Plan damaliger Vorstellung vorausgriff, ist darin zu sehen, daß der von P. Wölfel eingebrachte Vorschlag zunächst wenigstens nicht allgemeine Zustimmung fand.

Die Vorstellung eines so umfassenden Werkes rief natürlich die Systematiker auf den Plan, und es währte lange Zeit ein ziemlich scharfer Kampf zwischen denen, die von vornherein der Wahl der Nummern für die deutschen Normen eine systematische Gliederung zugrundelegen wollten, und denen, die sich gegen eine solche Festlegung angesichts der unübersehbaren Entwicklung innerlich sträubten. Schließlich siegte die Einsicht, daß es kaum möglich sein dürfte, für das unübersehbare Gebiet der gesamten Technik eine Systematik zu schaffen, die nicht schon nach kurzer Zeit erhebliche Lücken aufweisen und vor allem eine starke Fesselung bedeuten würde. Man ließ daher den Gedanken der Festlegung von Nummern nach irgendeiner Systematik fallen und entschied sich für Nummern in der Reihenfolge des Erscheinens, wobei einer gewissen systematischen Gliederung insofern Raum gewährt wurde, als den einzelnen Gebieten geschlossene Nummernreihen vorbehalten wurden. Die systematische Gliederung wurde in das Normblattverzeichnis verlegt, das allmählich halbjährlich neu herausgegeben wurde. Dieser Weg hat sich als richtig erwiesen, zweckmäßig besonders auch deswegen, weil der Konstrukteur die Blätter anders ordnet als der Betriebsmann und der Verkäufer. Die weitgehende Bewegungsfreiheit, die heute das System der losen Blätter mit ihren laufenden Nummern ergibt, entspricht den vielseitigen Bedürfnissen.



Die äußere Ausgestaltung der Normblätter hat manche Wandlung durchgemacht, insbesondere war es nicht leicht, eine Form zu finden, in der die sachliche Verantwortung der Fachnormenausschüsse zum Ausdruck kommt. Maßgebend war bei allen vorgeschlagenen und angenommenen Lösungen, daß der Charakter als deutsche Norm durch das Zeichen DIN unter allen Umständen gewahrt bleiben muß. Jede Maß- oder Liefernorm, die Anspruch auf nationale Anerkennung erheben will, trägt daher stets das DIN-Zeichen, sei es allein mit nachfolgender Nummer oder in Verbindung mit dem Zeichen des verantwortlichen Trägers.

Im großen Ganzen kann die äußere Ausgestaltung der Normblätter als abgeschlossen angesehen werden, jedenfalls so weit, daß es heute möglich ist, sie in ihren Grundzügen für jeden Zweck beizubehalten. Eine solche Einheitlichkeit, die sich natürlich auch auf die übrige Ausstattung, den Druck der Zahlen- und Wörterreihen, die Abbildungen, den Wortlaut usw. erstreckt, erfordert ein großes Maß dauernder Überlegung in unscheinbaren Kleinigkeiten; sie kann aber neben der Gediegenheit und Zuverlässigkeit im einzelnen Normenblatt für sich den Anspruch erheben, richtunggebend auch auf die deutsche technische Sprache eingewirkt zu haben. Die Normenprüfstelle hat hier eine Arbeit geleistet, deren Bedeutung weit über das engere Normungsgebiet hinausreicht.

Voraussetzung für die Einheitlichkeit war, daß sich der Deutsche Normenausschuß maßgebenden Einfluß auf die mechanische Vervielfältigung und den Vertrieb der Normenblätter sicherte. Nach vielen mühseligen Versuchen entschloß man sich dazu, eine Druckerei besonders auf den Druck der Normenblätter einzustellen und für den Vertrieb eine besondere Vertriebstelle zu schaffen. Es wäre ein gefährlicher Versuch gewesen, die Normenblätter durch den Buchhandel vertreiben zu lassen, weil hier irgendeine Sicherung gegen die Ausgabe veralteter Normblätter beim besten Willen nicht geschaffen werden konnte, abgesehen davon, daß der Deutsche Normenausschuß den allergrößten Wert darauf legen mußte, mit den Beziehern seiner Normblätter im engsten Zusammenhang zu bleiben.

Gleichzeitig wurde hierdurch der deutschen Normung eine Einnahmequelle eröffnet, die für den Fortbestand des Deutschen Normenausschusses von wesentlicher Bedeutung ist. In der ersten Zeit konnte sich der Normenausschuß im wesentlichen auf die Zuschüsse stützen, die ihm, abgesehen vom Verein deutscher Ingenieure, jährlich von den führenden Firmen des deutschen Maschinenbaues gewährt wurden. Eine dauernde starke Belastung der deutschen Maschinenindustrie durch geldliche Leistungen für den Normenausschuß war aber besonders in den Zeiten niedergehender Konjunktur weder zu erwarten, noch insofern gerechtfertigt, als diese Firmen ohnedies außer den Barleistungen noch gewaltige Kosten durch Arbeiten in ihrem Betrieb und Entsendung von Ingenieuren zu fachlichen Beratungen übernahmen, obwohl der hieraus erwachsende Nutzen in der Hauptsache nicht ihnen, die schon weitgehend auf die Normung eingestellt waren, sondern gerade der mittleren und kleineren Industrie und darüber hinaus der Gesamtheit zugute kam.

Es kann den Großfirmen der deutschen mechanischen Industrie nicht genug gedankt werden dafür, daß sie in so großzügiger Weise die deutsche Normung ideell und materiell gefördert haben. Gleichzeitig aber muß festgestellt werden, daß eine große Anzahl von deutschen Firmen gern die Ergebnisse der mühevollen Pionierarbeit der Großindustrie entgegennahm, ohne auch nur die moralische Verpflichtung zu empfinden, auch ihrerseits wenigstens eine jährliche Anerkennungsgebühr zu entrichten. Vielleicht überprüfen diese Firmen ihr Gewissen und zollen dem Deutschen Normenausschuß noch nachträglich den Tribut, den sie ihm bis dahin vorenthalten haben.

Die Schöpfer der Normung

Dank gebührt aber auch den fast zahllosen Mitarbeitern aus Industrie und Gewerbe, Handels- und Bankwelt, Behörden und Wissenschaft, die an diesem Werk ohne eigenen Nutzen für das Gemeinwohl schufen. Sie gaben das Beste ihrer Erfahrung und Einsicht und blieben sich doch der Unzulänglichkeit jedes Menschenwerkes bewußt. Ihre Arbeit beginnt und endet nicht am Beratungstisch. Umfangreiche Ermittlungen im eigenen und fremden Betriebe müssen oft der Zustimmung oder dem Einspruch vorangehen; aus Versuchen und Vergleichen muß entscheidender Anhalt herausgeholt werden, und bisweilen gilt es, die zum Vollzug angesetzte Feder anzuhalten, weil neu auftauchende Gesichtspunkte zu abermaliger Prüfung zwingen.

Klangvolle Namen aus Lehre und Forschung zieren unsre Reihen, als Sachverständige oder auf dem wichtigen Posten eines Obmannes. Nicht immer bringt dieses verantwortungsvolle Amt seinem Inhaber nur Freude und Genugtuung, häufiger Mühe und schweren Verdruß. Die Akten so manchen Ausschusses übersteigen den Umfang der Registratur eines mittleren Betriebes.

Nach der Läuterung durch öffentliche Kritik und wiederholte Ausschußarbeit tritt an die Norm die schwerste Prüfung heran, nämlich die

Einführung in den Betrieb

Von Trägheit und liebgewordener Gewohnheit unliebsam empfunden, begegnet sie Mißtrauen, mindestens Zurückhaltung, noch häufiger Ungeschicklichkeit und Hilflosigkeit. Erst wenn maßgebender Einfluß sie stützt oder fortschrittlicher Betriebsgeist ihr Erscheinen wohlwollend aufnimmt, kann sie auf ernste Schwierigkeiten Antwort und Rede stehen. Fast immer aber muß reichhaltige Kleinarbeit ihr den Weg bereiten.

Leider fehlt in vielen deutschen Betrieben der Leitung noch immer die Einsicht, daß die Einführung der Normen ihre eigene Aufgabe ist, daß es nicht genügt, Bezieher der Normblätter zu sein und diese beim Eintreffen in der Fabrik ihrem eigenen Schicksal zu überlassen. Wenn nicht der leitende Mann den Normen seinen Willen aufdrückt, dann steht es im ganzen schlecht um seinen Betrieb, eine Diagnose, die selten trügt. Die deutsche Technik hat ihre Pflicht getan, als sie die deutschen Normen schuf: deutsche Wirtschaft, tu jetzt die Deine!

Gemeinsinn und Opfermut haben den Deutschen Normenausschuß aufgebaut. Sein Geist kann nicht besser gekennzeichnet werden, als durch die einleitenden Worte des Aufrufes, der vor kurzem aus den Kreisen der deutschen Ingenieure zur Gründung einer Gesellschaft der Freunde der deutschen Normung ausgegangen ist:

„Wir stehen am Ende des ersten Jahrzehnts deutscher Normung. Geschaffen aus der Liebe zu unserem Volke soll das deutsche Normenwerk Zeugnis ablegen von Ordnung und Aufrichtigkeit in deutscher schaffender Arbeit. Dem Werke, das wir lieb gewonnen haben, wollen wir festen Bestand und segensreiche Entwicklung sichern. Zu diesem Zweck haben wir uns zu einer

Gesellschaft der Freunde der deutschen Normung

zusammengeschlossen. Unsere Reihen stehen jedem Volksgenossen offen, der von den gleichen Empfindungen getragen wird wie wir.“ [B 867]

Die Bedeutung des Gleit- und Reißwiderstandes für die Werkstoffprüfung

Von *P. Ludwik*, *Wien*

Vortrag in der Hauptversammlung des Deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik, 27. Oktober 1927 in Berlin

Hierzu Textblatt 17 und 18

Gleit- und Reißwiderstand — Streckgrenze und Alterung — Zug- und Reißfestigkeit — Zugfestigkeit und Eindruckhärte — Biegezahl, Dehnung und Einschnürung — Dauerbruch, Ermüdung und Reißfestigkeit — Stoßfestigkeit, Kerbwirkungen und räumliche Spannungszustände — Kerbzähigkeit und Gefügebeschaffenheit.

Der Zugversuch

Zwei Größen sind es vor allem, die die Festigkeitseigenschaften eines Werkstoffes bestimmen: der Gleit- und der Reißwiderstand. Ein einfaches Beispiel möge dies, vorerst nur ganz schematisch, veranschaulichen, Abb. 1.

Die Belastung P erzeugt Zugspannungen σ und Schubspannungen τ. In einem homogenen und isotropen Körper sind nun zwei Grenzfälle möglich. Ist der Gleitwiderstand (Schubgrenze) groß im Verhältnis zum Reißwiderstand (Kohäsion), so wird, wenn die Zugspannung die Kohäsion überschreitet, der Stab reißen, noch bevor er sich zu verformen beginnt: der Körper erscheint spröde. Ist dagegen der Gleitwiderstand klein im Verhältnis zum Reißwiderstand, so werden bleibende Formänderungen auftreten, sobald die Schubspannung die Schubgrenze überschreitet: der Stab streckt sich, er ist dehnbar.

In Wirklichkeit sind unsere Werkstoffe nicht isotrop. Metalle und Legierungen sind Vielkristalle, d. h. sie bestehen aus vielen einzelnen Kristallkörnern, deren kristallographische Orientierung (wie in Abb. 1 schematisch angedeutet) von Korn zu Korn wechselt.

In einem einzelnen Kristall, im Einkristall, wird, wie E. Schmid[1]) und seine Mitarbeiter gezeigt haben, eine Verformung eintreten, sobald in gewissen Ebenen, den Gleitflächen, die Schubspannung einen Grenzwert überschreitet, wogegen ein Trennungsbruch erfolgt, sobald dort oder in andern Ebenen die Normalspannung die Kohäsion überwindet.

Im Vielkristall wird ein solches Gleiten erst bei weit höheren Beanspruchungen eintreten, da die einzelnen Kristallkörner sich gegenseitig versteifen. Ist der Kornquerschnitt (bei etwa gleicher Ausdehnung des Kornes nach allen Richtungen) im Verhältnis zum Probestabquerschnitt sehr klein, also die Zahl der Körner sehr groß, so kann auch ein Vielkristall (besonders bei regelmäßiger Kristallisation) als isotrop oder wenigstens als quasiisotrop angesehen werden. Gleit- und Reißwiderstand stellen dann statistische Mittelwerte vor.

Abb. 1
Gleit- und Reißwiderstand

Bei der Formänderung von Ein- wie Vielkristallen bleibt der Gleitwiderstand nicht konstant, sondern er steigt mehr oder weniger, oft sogar um ein Vielfaches. Man spricht dann von Kalthärtung.

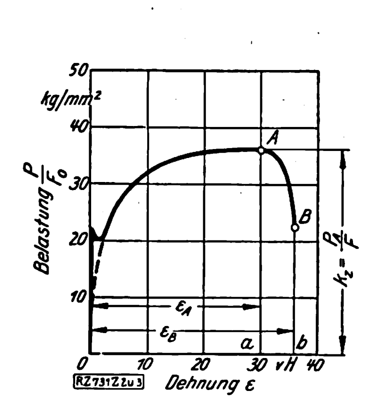
Warum eigentlich der Gleitwiderstand mit der Größe der Gleitung zunimmt, ist noch nicht recht geklärt. Vielleicht finden hierbei — wenn auch nur örtliche und geringe — Verzerrungen des Kristallgitters unter Verformung der Elektronenhüllen statt. Mit fortschreitender Formänderung werden diese Störungsherde an Zahl und Größe zunehmen und durch Blockierung der Gleitflächen[2]) die Gleitung immer mehr erschweren. Dementsprechend immer größere Spannungen sind daher nötig, um den Stab noch weiter zu verformen. Überschreiten schließlich die hierbei auftretenden Zugspannungen den Reißwiderstand, so wird ein Trennungsbruch ausgelöst[3]).

Je mehr also (unter sonst gleichen Umständen) der Reißwiderstand den Gleitwiderstand überragt, um so dehnbarer wird der betreffende Stoff sein.

Spröde Stoffe sind sonach durch einen im Verhältnis zum Reißwiderstand hohen Gleitwiderstand gekennzeichnet, dagegen dehnbare Stoffe durch einen im Verhältnis zum Gleitwiderstand hohen Reißwiderstand.

Im gewöhnlichen Zug-Schaubild kommen die Beziehungen zwischen Gleit- und Reißwiderstand nicht recht zum Ausdruck. Abb. 2 zeigt das Zug-Schaubild eines weichen Flußstahles (mit 0,05 vH Kohlenstoff) in der üblichen Darstellung, die Dehnungen ε als Abszissen und die zugehörigen (auf den ursprünglichen Querschnitt F_0 bezogenen) Belastungen als Ordinaten aufgetragen.

Nach Überschreitung der Schub- oder Gleitgrenze setzt ein mehr oder weniger plötzliches Fließen ein. Die zugehörige Spannung ist die Streckgrenze. Bei A wird die Höchstbelastung erreicht, und der Stab beginnt, sich einzuschnüren, bis schließlich bei B der Bruch eintritt.



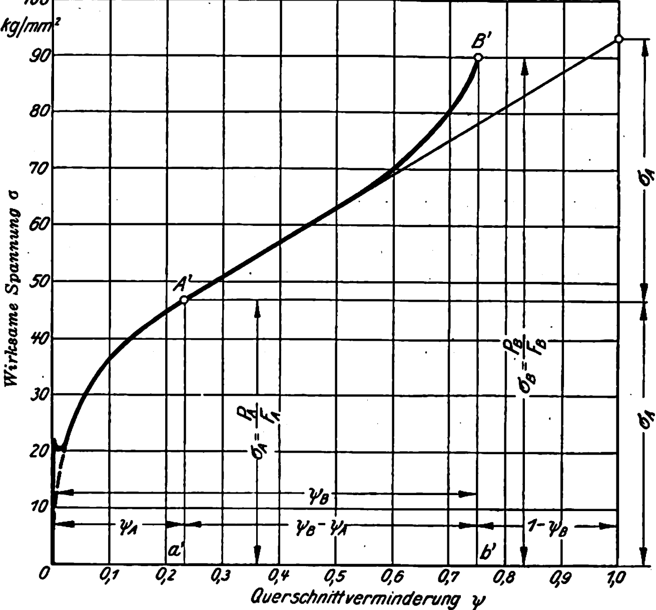


Abb. 2 und 3
Zugschaubildliche Beziehung zwischen Zugspannung σ und Querschnittverminderung ψ

[1]) E. Schmid, Z. f. Physik Bd. 32 (1925) S. 197 und Bd. 36 (1926) S. 759.

[2]) Ludwik, Z. Bd. 63 (1913) S. 142 und Bd. 69 (1925) S. 349.

[3]) Nach A. Smekal (Z. f. techn. Physik Bd. 7 (1926) S. 535) ist der Idealkristall spröde und Verformung und Verfestigung darauf zurückzuführen, daß der Kristall in Wirklichkeit aus Gitterblöcken besteht, die sich gegeneinander verschieben.

Ludwik: Die Bedeutung des Gleit- und Reißwiderstandes für die Werkstoffprüfung

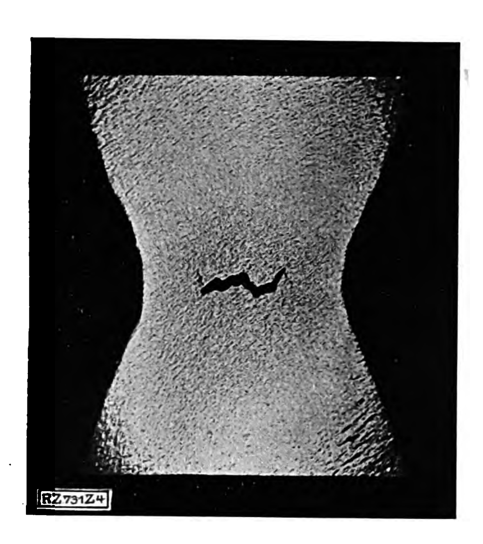


Abb. 4
Rißbildung in der Einschnürung eines Aluminium-Rundstabes. Vergr. 4fach.

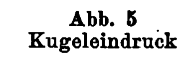


Abb. 5
Kugeleindruck

Abb. 7
Druckwirkungszone bei der Kugeldruckprüfung

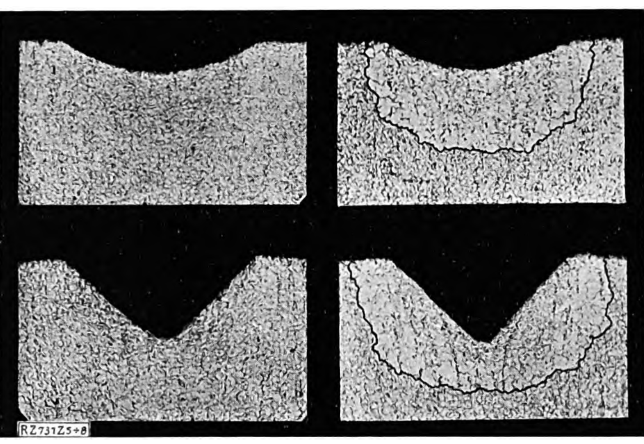


Abb. 6
Kegeleindruck

Abb. 8
Druckwirkungszone bei der Kegeldruckprüfung

Abb. 5 bis 8. Vergr. 17fach

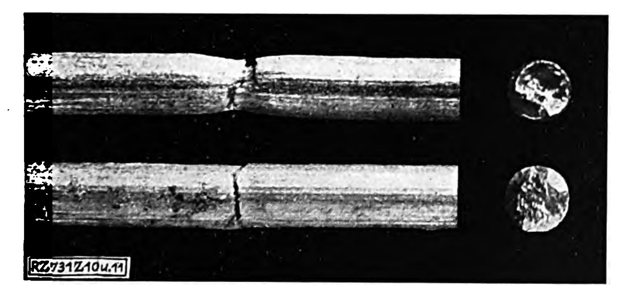


Abb. 10 und 11
Zugprobe vor und nach der Ermüdung
Vergr. 8fach

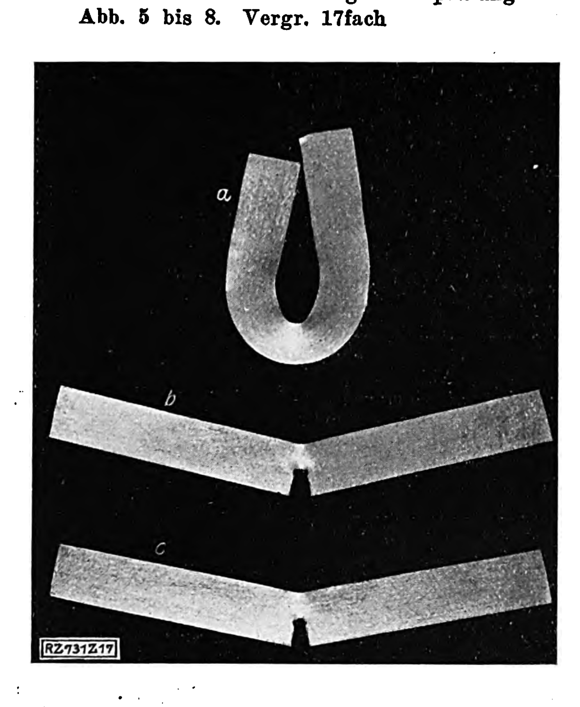


Abb. 17 (rechts)
Biegeversuche mit Flußstahl
a, *b* Flußstahl mit 0,2 vH Phosphor
c „ „ 0,03 „ „

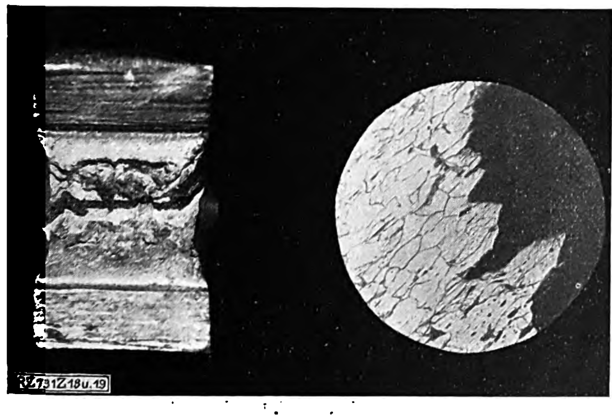


Abb. 18
Vergr. 1½fach

Abb. 19
Vergr. 100fach

Abb. 18 und 19
Kerbschlagbruch bei weichem Flußstahl von hoher Kerbzähigkeit (*A* rd. 18 mkg/cm²)

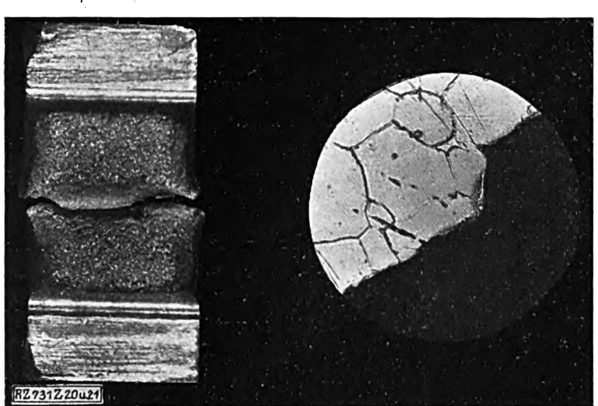
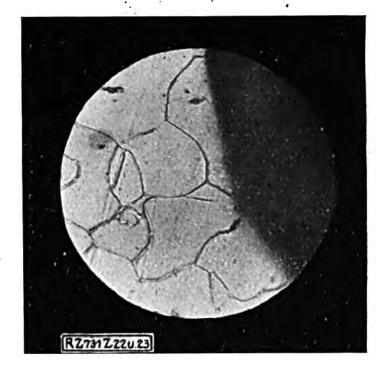


Abb. 20
Vergr. 1½fach

Abb. 21
Vergr. 250fach

Abb. 20 und 21
Kerbschlagbruch bei weichem Flußstahl von geringer Kerbzähigkeit (*A* rd. 7 mkg/cm²)

Ludwik: Die Bedeutung des Gleit- und Reißwiderstandes für die Werkstoffprüfung



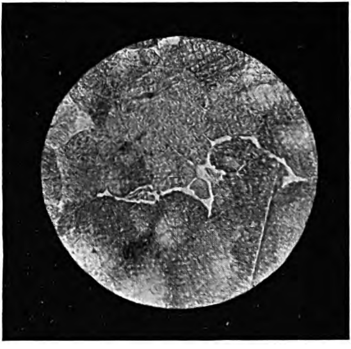


Abb. 22
Intragranularer Bruch

Abb. 23
Freier Zementit an den Korngrenzen

Vergr. 250fach (geätzt nach Oberhoffer)



Abb. 24
Gealterter Flußstahl
Vergr. 250fach.

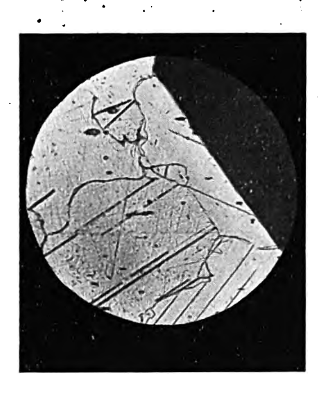


Abb. 25
Rekristallisierter Flußstahl. Vergr. 100fach.



Abb. 26
Vergr. 1½fach



Abb. 27
Vergr. 100fach.

Abb. 26 und 27
Überhitzter Flußstahl (A rd. 3 mkg/cm²)

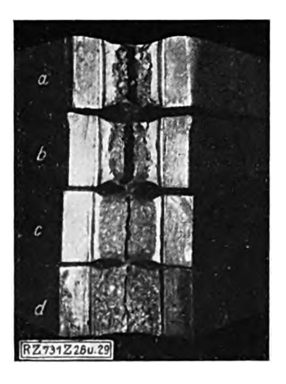


Abb. 28
Einfluß der Wärmebehandlung auf die Kerbzähigkeit

a gewalzt, A rd. 18 mkg/cm²
b ausgeglüht und an der Luft abgekühlt, A rd. 15 mkg/cm²
c ausgeglüht und im Ofen abgekühlt, A rd. 7 mkg/cm²
d 10 vH gereckt und 1 h bei 800° geglüht A rd. 3 mkg/cm²



Abb. 29
Verschiedene Kerbzähigkeit bei gleicher Korngröße

a ausgeglüht, A rd. 17 mkg/cm²
b Zementit an den Korngrenzen, A rd. 6 mkg/cm²
c künstlich gealtert, A rd. 3 mkg/cm²

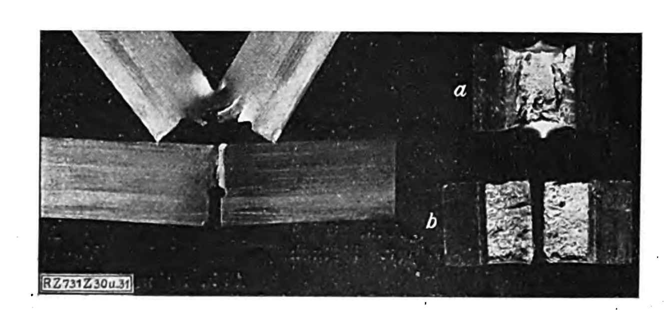


Abb. 30 und 31
Sehniger und körniger Bruch bei Schweißeisen
Vergr. 8 fach

a gewalzt, A rd. 15 mkg/cm²
b gealtert, A rd. 3 mkg/cm²

Andre Metalle zeigen (im ausgeglühten Zustand) keine so scharf ausgeprägte Streckgrenze wie weicher Stahl, sondern der Fließbeginn setzt (in Abb. 2 gestrichelt angedeutet) ganz allmählich ein. Ein solcher Fließbeginn wird nach Moser auch als Dehngrenze bezeichnet[4]).

Die Ursache des ganz abweichenden Verhaltens von Stahl gegenüber andern Metallen ist noch nicht bekannt. Vielleicht ist ein solcher erst bei höheren Spannungen, aber dafür dann um so jäher einsetzender Fließbeginn als eine auf Löslichkeitsänderungen zurückführbare Nachhärtungserscheinung aufzufassen[5]). Gewöhnlicher weicher Stahl befände sich dann bereits bei Zimmertemperatur in einem Zustand beginnender Nachhärtung, die mit sinkender Temperatur weiter fortschreitet, was die Kaltsprödigkeit des Ferrits verursacht.

Durch Kaltreckung mit nachfolgendem Anlassen wird diese Nachhärtung beschleunigt, wodurch Gleitwiderstand und Streckgrenze steigen: das Eisen altert. Da auch die Blaubrüchigkeit als eine Alterungs- und Nachhärtungserscheinung anzusehen ist[6]), so wäre derart der Knick an der Streckgrenze, die Alterung und die Kalt- und Warmsprödigkeit auf die gleiche Ursache, nämlich auf eine im Eisen stattfindende Löslichkeitsänderung zurückzuführen[7]).

Abb. 3 zeigt das Zug-Schaubild desselben Eisens in andrer Darstellung. Als Abszissen wurden statt der Dehnungen die Querschnittverminderungen ψ aufgetragen und als Ordinaten statt der Belastungen die wirklichen Spannungen $\sigma = P/F$, also die auf den jeweiligen Querschnitt F bezogenen Belastungen P. Der Höchstlast entspricht eine Spannung von der Größe $a'A'$, die mit zunehmender Einschnürung noch weiter steigt, bis schließlich bei einer mittleren Spannung von der Größe $b'B'$ der Bruch einsetzt, sobald in der Stabachse (wo die Spannung am größten ist) der Reißwiderstand überschritten wird. Die mittlere Spannung wird auch als Reißfestigkeit bezeichnet.

Da, wie Moellendorff und Czochralski[8]) zuerst beobachtet haben, mit beginnender Einschnürung die mittlere Zugspannung σ etwa proportional der Querschnittvermindung ψ zunimmt und einem Grenzwert $\sigma = 2\sigma_A$ bei $\psi = 1$ zustrebt, Abb. 3, so läßt sich (bei bekannter Zugfestigkeit) die Reißfestigkeit σ_B aus den Querschnittverminderungen ψ_A und ψ_B, also aus der gleichmäßigen Dehnung[9]) und der Bruchquerschnittverminderung annähernd ermitteln. Bei stärkeren Einschnürungen auftretende Abweichungen lassen sich durch entsprechende Zuschläge leicht berücksichtigen[10]).

Gleichmäßige Dehnung und Einschnürung geben zusammen nicht nur ein vollständigeres Bild über Art und Größe der Dehnbarkeit als die Bruchdehnung, sondern sind auch beide unabhängig von der gewählten Meßlänge, wogegen die Bruchdehnung mit zunehmender Meßlänge abnimmt.

Daher wäre es wünschenswert, wenn bei Zugversuchen neben Zugfestigkeit und Einschnürung tunlichst auch noch (nachträglich aus den Bruchstücken) die gleichmäßige Dehnung (im Mittel) gemessen würde, umsomehr als dies einfach und rasch (im Notfalle selbst ohne Einritzen einer Zentimeterteilung) durchzuführen ist.

Damit wäre (wenigstens für Rundstäbe) auch gleichzeitig die leidige Frage erledigt, ob Kurz- oder Langstab, ob eine dem Querschnitt proportionale Meßlänge oder ob gleiche Meßlänge bei verschiedenen Querschnitten vorzuziehen ist.

Die im Zugversuch ermittelte Reißfestigkeit ist keine physikalisch bestimmte Größe. Denn mit wachsender Einschnürung verteilen sich Spannungen und Dehnungen immer ungleichmäßiger über den Querschnitt, was auch die Ursache ist, daß der Stab stets von der Achse aus reißt. Das Schliffbild nach Abb. 4, Textbl. 17, zeigt z. B. den Bruchbeginn in einem Rundstab aus Aluminium bei 80 vH Querschnittminderung.

Es kann also höchstens mittelbar aus einer höheren Reißfestigkeit auf einen größeren Reißwiderstand geschlossen werden. Doch auch da nur auf den des mehr oder weniger vorgereckten Metalles, der von dem Reißwiderstand des ursprünglichen (ausgeglühten oder weniger gereckten) Stoffes durchaus verschieden sein kann. Denn eine Formänderung bewirkt nicht nur eine Form- oder Gleitverfestigung, sondern sie kann auch eine Zunahme des Reißwiderstandes, also eine Reißverfestigung[11]) hervorrufen. Häufig dürfte auch der Reißwiderstand durch innere Spannungen und Ausscheidungen (besonders an den Korngrenzen) örtlich stark herabgesetzt sein.

Allgemein üblich ist es, die Größe des Reißwiderstandes, also die technische Kohäsion eines Werkstoffes nach dessen Zugfestigkeit zu beurteilen[12]). Doch ist diese Auffassung irrig, da bei einschnürenden Stoffen die beiden Größen in keinem unmittelbaren Zusammenhange stehen, was ja auch schon daraus hervorgeht, daß man die Zugfestigkeit solcher Stoffe bestimmen kann (bei Abbruch des Versuches bei beginnender Einschnürung) ohne den Stab überhaupt zu zerreißen, ohne also die Kohäsion überwinden zu müssen.

Daß Zugfestigkeit und Reißfestigkeit verschiedene Stoffeigenschaften zum Ausdruck bringen, ist auch daraus zu ersehen, daß z. B. durch Überhitzung, durch chemische Einwirkungen (Beizen), aber auch durch Ermüdung, die Reißfestigkeit oft stark herabgesetzt wird, während die Zugfestigkeit gleich bleibt.

Durch die Zugfestigkeit wird bei einschnürenden Stoffen eben lediglich ein Gleitwiderstand, nicht aber ein Reißwiderstand gemessen.

Härteprüfung

Da auch bei allen Eindruckhärteproben[13]) eigentlich nur ein Gleitwiderstand gemessen wird, so müssen Zugfestigkeit und Härte in naher Beziehung stehen. Die Auffassung der Zugfestigkeit und Eindruckhärte als Gleitwiderstand gibt auch eine einfache Erklärung, wann und warum das Verhältnis zwischen Zugfestigkeit und Härte bei verschiedenen Werkstoffen verschieden ist.

Abb. 5 und 6, Textbl. 17, zeigen Schliffe durch einen Kugel- und einen Kegeleindruck in weiches Eisen. Die Kugel mit 2,5 mm Dmr. wurde mit 187,5 kg eingedrückt, entsprechend der üblichen Kugeldruckprobe mit der 10 mm-Kugel bei 3000 kg Belastung. Durch den mit derselben Belastung (187,5 kg) eingedrückten Kegel sind die Kristallite stärker verzerrt worden als durch die Kugel. Daher wird auch der Gleitwiderstand bei dem Kegel höhere Werte erreichen als bei der Kugel.

Abb. 7 und 8, Textbl. 17, lassen auch die durch nachträgliche Rekristallisation (halbstündiges Glühen bei 600 °C) sichtbar gemachte Druckwirkungszone erkennen, die beim Kegel (bei gleichem Eindruckdurchmesser) sich seitlich etwas weiter erstreckt als bei der Kugel[14]).

Innerhalb dieser Zone ist das Metall mehr oder weniger stark über die Schubgrenze beansprucht worden. Je schärfer der Eindruck, um so größer die spezifische Gleitung, um so größer also auch der mittlere spezifische Gleitwiderstand[15]).

---

[4]) M. Moser, Heft 295 der Forschungsarbeiten, S. 74, Berlin 1927, VDI-Verlag und Werkstoffausschußbericht Nr. 96 des Vereins deutscher Eisenhüttenleute (Nov. 1926).

[5]) Ludwik und Scheu, Werkstoffausschußbericht Nr. 70 des Vereins deutscher Eisenhüttenleute (Nov. 1925).

[6]) F. Fettweis, „Stahl und Eisen" Bd. 39 (1919) S. 1 u. f. und Bd. 42 (1922) S. 744.

[7]) Ludwik, Z. Bd. 70 (1926) S. 379.

[8]) Z. Bd. 57 (1913) S. 1018. Vergl. J. Czochralski, Z. f. Metallk. Bd. 15 (1923) S. 7.

[9]) Wann und warum die gleichmäßige Dehnung nicht wirklich gleichmäßig ist vergl. Ludwik, Elemente der Technologischen Mechanik. Berlin 1909; G. Sachs und G. Fiek, Der Zugversuch, Leipzig 1926.

[10]) Ludwik, Z. f. Metallk. Bd. 18 (1926) S. 269.

[11]) Vergl. G. Masing und M. Polanyi, Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften, Bd. 2 S. 225, Berlin 1923; E. Schmid, Z. f. Physik Bd. 32 (1925) S. 918; A. Smekal, Z. f. techn. Physik Bd. 7 (1926) S. 535.

[12]) Erst dank der Schriften von G. Sachs und seiner Mitarbeiter beginnt man nun endlich die Zugfestigkeit einschnürender Stoffe nicht mehr als einen Trennungswiderstand, sondern als einen Verformungswiderstand anzusehen. Vergl. G. Sachs, Grundbegriffe der Mechanischen Technologie der Metalle, Leipzig 1925; G. Sachs und G. Fiek, Der Zugversuch, Leipzig 1926.

[13]) Über verschiedene Härteprüfverfahren vergl. W. Deutsch, VDI-Nachrichten Nr. 16 vom 20. April 1927, S. 10.

[14]) Der besseren Anschaulichkeit wegen wurde die Rekristallisationsgrenze mit einem schwarzen Strich umsäumt.

[15]) Über die Berechnung der Härte ideal-plastischer Stoffe vergl. L. Prandtl. Z. f. angew. Math. u. Mech. Bd. 1 (1921) S. 15 und A. Nádai, Z. f. angew. Math. u. Mech. Bd. 1 (1921) S. 20. Über die Abhängigkeit des Widerstandes von der Probenform und der Eindrucktiefe vergl. G. Sachs, Z. f. techn. Physik Bd. 8 (1927) S. 132 und Die Naturwissenschaften Bd. 14 (1926) S. 1219.



Wegen der geometrischen Ähnlichkeit der erzeugten Eindrücke wird dieser Gleitwiderstand bei der Kegeldruckprobe während des Eindringens gleichbleiben, weswegen die auf die Eindruckfläche bezogene Belastung, also die Kugeldruckhärte, unabhängig von der Eindruckgröße sein muß, und zwar für beliebige Stoffe[16]).

Während somit bei der Kegeldruckprobe die Belastung P proportional mit d^2 (dem Quadrate des Eindruckmessers) wächst, nimmt bei der Kugeldruckprobe die Belastung nicht proportional d^2, sondern stärker zu, nämlich proportional d^n [17]), wobei der Exponent n seinem unteren Grenzwert $n = 2$ um so näher kommen wird, je weniger der Gleitwiderstand mit der Gleitung zunimmt, je flacher also die Zug-Schaulinie verläuft.

Dies ist auch der Grund, warum der Exponent n bei kaltbearbeiteten Metallen kleiner ist als bei geglühten[18]). Derart gibt also dieser Exponent (beim gleichen Metall) auch ein Maß der Größe der vorangegangenen Kaltbearbeitung.

Abb. 9 zeigt die Zug-Schaubilder von ausgeglühtem Aluminium, Elektrolytkupfer, Gelbtombak (Ms 72), Druckmessing (Ms 63) und Nickel.

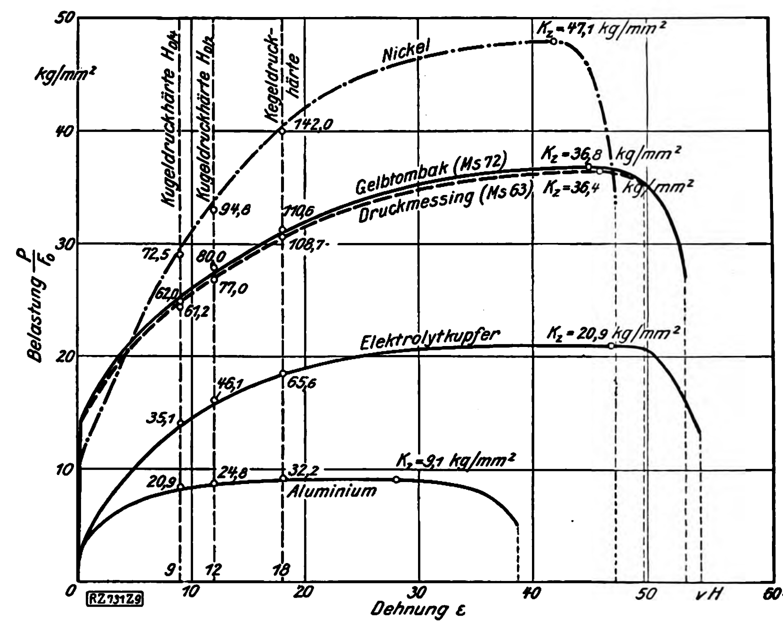


Abb. 9

Beziehung zwischen der Kugeldruckhärte $\left(\text{bei } d = \frac{D}{4} \text{ und } d = \frac{D}{2}\right)$, der Kegeldruckhärte und der Zugfestigkeit bei verschiedenen Metallen

Die Kugeldruckhärte (bezogen auf die Kalottenfläche) für $d = D/4$ und $d = D/2$ (wenn d der Eindruck- und D der Kugeldurchmesser ist), sowie die Kegeldruckhärte dieser Metalle wurde auf die in Abb. 9 gestrichelt eingezeichneten Ordinaten $\varepsilon = 9$, 12 und 18 vH in entsprechend gewählten Maßstäben (auf derselben Ordinate aber natürlich im selben Maßstab) aufgetragen. Dann fallen die auf diesen drei Ordinaten durch die eingeringelten Punkte und die beigefügten Zahlen gekennzeichneten Härtezahlen fast ganz in die zugehörige Zug-Schaulinie. Die Kugeldruckhärte (für $d = D/4$ und $D/2$) und die Kegeldruckhärte dieser Metalle sind also etwa proportional den bei den Dehnungen $\varepsilon = 9$, 12 und 18 vH erreichten Belastungen (oder Spannungen, die bei derselben Dehnung der Belastung proportional sind).

Diese Darstellung läßt auch erkennen, warum das Verhältnis zwischen Zugfestigkeit und Härte z. B. bei Aluminium und Nickel, besonders bei flachen Eindrücken ($d = D/4$), so verschieden ist, Zahlentafel 1, wo auch noch die Brinellhärte für 1000 kg Belastung (10 mm-Kugel) eingetragen wurde.

Da auch bei der Spanabnahme, z. B. beim Drehen und Hobeln, aber auch beim Schleifen der Schnittdruck als ein mittlerer Gleitwiderstand aufzufassen ist, so müssen Schnittdruck, Härte und Zugfestigkeit in enger Beziehung stehen, was auch aus den Arbeiten von Klopstock, Kronenberg, Kurrein, Schlesinger u. a. hervorgeht[19]).

Wechselnde Beanspruchung

Bei den bisher besprochenen Prüfverfahren erfolgte die Beanspruchung stets in gleicher Richtung. Ganz anders jedoch werden Gleit- und Reißwiderstand verändert, wenn die Beanspruchung ihre Richtung ständig wechselt, also bei wechselnder oder schwingender Beanspruchung.

Schon bei der bei der Drahtprüfung angewendeten Hin- und Herbiegeprobe wird der Werkstoff wechselnd beansprucht. Wenn aber, wie üblich, der Krümmungshalbmesser der Klemmbacken etwa 2 bis 3 mal so groß wie der Drahtdurchmesser gewählt wird, so tritt der Bruch meist schon nach wenigen Hin- und Herbiegungen ein, wobei das Metall eine Kalthärtung erfährt.

In Zahlentafel 2 wurden die Biegezahlen verschiedener Metalle den zugehörigen Festigkeits- und Dehnungswerten gegenübergestellt. Die Drähte hatten 1 bis 2 mm Dmr. und der Krümmungshalbmesser (der Biegebacken) war stets doppelt so groß wie der Drahtdurchmesser.

Diese von W. Deisinger durchgeführten Versuche ergaben, daß bei den vorliegenden Drähten (sowohl im ausgeglühten, wie im hart gezogenen Zustand) die Biegezahl ungefähr proportional war der Summe aus der gleichmäßigen Dehnung und der Einschnürung[20]). Die Biegezahl bringt also eine Formänderungsgröße zum Ausdruck, entsprechend etwa einer Bruchdehnung bei sehr kleiner Meßlänge, Zahlentafel 2 letzte Spalte.

Eine eigentliche Ermüdung tritt hier nicht auf, sondern erst dann, wenn der Krümmungshalbmesser so groß gewählt wird, daß viel höhere Biegezahlen erreicht werden. Auf das Ermüdungsproblem hier näher einzugehen würde zu weit führen. Ich möchte mich daher nur darauf beschränken, hervorzuheben, worin meines Erach-

[16]) Bei homogenen und isotropen Stoffen und bei nicht allzu kleinen Eindrücken, falls also der Einfluß des Gefüges und der Spitzenabrundung zu vernachlässigen ist. Vergl. Ludwik, Z. f. Metallk. Bd. 14 (1922) S. 101.

[17]) Eugen Meyer, Z. Bd. 52 (1908) S. 645.

[18]) P. W. Döhmer, Z. Bd. 71 (1927) S. 816.

[19]) Vergl. VDI-Nachrichten Nr. 30 vom 27. Juli 1927, S. 9.

[20]) Die gleichmäßige Dehnung kann mit hinreichender Genauigkeit auch der Bruchdehnung für eine Meßlänge $l_0 = 200\, d_0$ (d_0 = Drahtdurchmesser) gleichgesetzt werden. Die wirkliche Einschnürung, also die auf den Querschnitt F_A des gleichmäßig gedehnten Drahtes bezogene Einschnürung $\psi_e = (F_A - F_B) : F_A$, ergab etwas bessere Übereinstimmung als die auf den ursprünglichen Querschnitt F_0 bezogene Bruchquerschnittverminderung $\psi_B = (F_0 - F_B) : F_0$.

Zahlentafel 1. Vergleichende Zug- und Härteversuche

Werkstoff	Kugeldruckhärte			Kegeldruckhärte H	Zugfestigkeit K_z kg/mm²	$\frac{K_z}{H_{D/4}}$	$\frac{K_z}{H_{1000/10\,mm}}$	$\frac{K_z}{H_{D/2}}$	$\frac{K_z}{H}$
	$H_{D/4}$	$H_{1000/10\,mm}$	$H_{D/2}$						
Aluminium	20,9	23,9	24,8	32,2	9,1	0,435	0,381	0,367	0,283
Elektrolytkupfer	35,1	46,1	46,1	65,6	20,9	0,596	0,453	0,453	0,319
Druckmessing Ms 63	61,2	72,6	77,0	108,7	36,4	0,595	0,502	0,473	0,335
Gelbtombak Ms 72	62	75,4	80	110,6	36,8	0,594	0,488	0,460	0,333
Nickel	72,5	80,3	94,8	142	47,1	0,650	0,586	0,497	0,332

Zahlentafel 2
Vergleichende Zug- und Hin- und Herbiegeversuche

Werkstoff	Zugfestigkeit k_z kg/mm²	Gleichmäßige Dehnung ε_A vH	Wirkliche Einschnürung ψ_e vH	Bruchquerschnittverminderung ψ_B vH	Biegezahl n	0,14 (ε_A vH + ψ_e vH)
Aluminium, ausgeglüht	10,8	16	87,1	89	16	14,4
Aluminium, hart gezogen	18,9	3	76,3	77	8,5	11,1
Kupfer, weich . . .	26	38	64,1	74	12	14,3
Flußstahl, ausgeglüht	32	28,6	77,2	82,3	14	14,8
Nickel, ausgeglüht . .	36,7	40,5	67,7	77	15	15,1
Messing, weich . . .	37	39	65,2	75	15	14,6
Kupfer, hart gezogen .	42	2,6	55,9	57	7,5	8,2
Flußstahl A	70	0,7	56,1	56,4	7,5	8,0
Messing, hart gezogen	76	0,5	65,8	66	8,5	9,3
Flußstahl B	133	2,3	60,6	61,5	10	8,8
Flußstahl C	167	1,2	57,2	57,7	8	8,2
Flußstahl D	179	1,4	53,1	53,7	8	7,6
Flußstahl E	211	2,0	37,9	39,1	6	5,6

tens sich die Wirkung einer ruhenden Beanspruchung grundsätzlich von der einer oftmals wechselnden unterscheidet, worin also eigentlich das Wesen der Ermüdung besteht.

Bei ruhender Beanspruchung tritt der Bruch (Trennungsbruch) ein, sobald der Gleitwiderstand zufolge Kalthärtung so groß geworden ist, daß die Zugspannung, die nötig ist, diesen hohen Gleitwiderstand zu überwinden, bereits den Reißwiderstand überschreitet. Hierbei werden die atomaren Bindungen an der Anbruchstelle fast gleichzeitig zerrissen.

Anders bei oftmals wechselnder Beanspruchung, wo nach Überschreitung der Ermüdungsgrenze bei jedem Spannungswechsel Hin- und Herschiebungen stattfinden, wie R. Scheu auch metallographisch nachweisen konnte[21]).

Hierdurch werden erst wohl nur ganz wenige, später aber immer mehr Bindungen überanstrengt und gelöst. Bei wechselnder Beanspruchung scheint also der Bruch durch eine ganz allmählich fortschreitende Auflockerung des Kristallgitters zu erfolgen, indem innerhalb oft langer Zeiträume Bindung für Bindung zerrissen wird.

Die Gitterlockerung ist somit grundsätzlich verschieden von der Gitterstörung durch Kaltreckung. Daher zeigt auch das ermüdete Metall, ganz unabhängig von der Zahl der Spannungswechsel und der Höhe der Grenzbelastung, oberhalb dieser das gleiche Formänderungs-Schaubild wie das ursprüngliche Metall, nur bricht das Schaubild um so früher ab, je mehr Wechsel vorangingen. Diese Gesetzmäßigkeit kommt am anschaulichsten im Verdrehungsversuch zum Ausdruck[22]).

Doch läßt sich auch bei wechselnder Biegung mitunter noch nachweisen, daß die Ermüdung hauptsächlich auf einer Verminderung des Reißwiderstandes beruht. So zeigen z. B. Abb. 10 und 11[22a]) Zugproben eines 1 mm dicken Stahldrahtes von rd. 210 kg/mm² Zugfestigkeit und rd. 40 vH Bruchquerschnittverminderung, oben, Abb. 10, vor der Dauerbeanspruchung und unten, Abb. 11, nach 10 000 Umläufen um eine Scheibe vom hundertfachen Drahtdurchmesser. Obwohl im vorliegenden Falle[23]) weder die Streckgrenze, noch die Zugfestigkeit durch die Ermüdung merklich geändert wurde, war der Reißwiderstand des ermüdeten Drahtes örtlich bereits so gering, daß er dort fast ohne Einschnürung riß. Im Bruchquerschnitt ist auch zu erkennen, wie weit sich die gelockerte Zone erstreckte.

[21]) Z. Bd. 67 (1923) S. 126. Kürzlich von W. Herold (Z. Bd. 71 [1927] S. 1029) durchgeführte Dauerversuche haben dies bestätigt.

[22]) Ludwik, Z. d. österr. Ing.- u. Archit.-Ver. Bd. 68 (1916) S. 795 und Ludwik und Scheu, Z. Bd. 67 (1923) S. 122.

[22a]) Abb. 10 und 11 sowie 17 bis 21 sind ebenfalls auf Textblatt 17, Abb. 22 bis 31 auf Textblatt 18 angeordnet.

[23]) Über weitere einschlägige Versuche wird a. a. O. berichtet.

Stoßbeanspruchung. Kerbwirkungen. Räumliche Spannungszustände

Bei den bisherigen Betrachtungen wurde der Einfluß der Formänderungsgeschwindigkeit, also der Gleitgeschwindigkeit, noch ganz außer acht gelassen. Dieser Einfluß äußert sich vor allem darin, daß der Gleitwiderstand mit wachsender Gleitgeschwindigkeit zunimmt, ähnlich wie z. B. bei Flüssigkeiten[24]).

Diese Erhöhung des Gleitwiderstandes mit zunehmender Gleitgeschwindigkeit ist auch die Ursache, warum sich oft derselbe Stoff bei ruhender Beanspruchung zähe, dagegen bei Stoßbeanspruchung spröde verhält.

So läßt sich z. B. ein Zinkstab ganz langsam beliebig biegen, weil der Gleitwiderstand hierbei klein bleibt. Dagegen bricht er sofort bei zu rascher Biegung, weil dann der Gleitwiderstand so groß wird, daß, um ihn zu überwinden, schon Zugspannungen nötig sind, die den Reißwiderstand überschreiten.

Sehr anschaulich tritt dieses Spröderwerden mit wachsender Formänderungsgeschwindigkeit oft bei Stoffen hervor, deren Gleitwiderstand mit der Gleitgeschwindigkeit stark zunimmt. So z. B. bei Pech, das sich bei ruhender Belastung wie eine zähe Flüssigkeit, bei Stoß aber wie ein spröder fester Körper verhält.

Besonders gefährlich können Stoßbeanspruchungen bei hinzutretenden Kerbwirkungen werden. Bei der Frage nach der Ursache der Kerbsprödigkeit ist vor allem zu beachten, daß der Spannungszustand in der Kerbe ein räumlicher ist, da, wie R. Baumann schon 1912 gezeigt hat, die angrenzenden Stoffteile die Querzusammenziehung in der Kerbe hindern, also versteifend wirken[25]).

[24]) Über die Erhöhung des Formänderungswiderstandes mit der Formänderungsgeschwindigkeit vergl. F. Körber u. H. A. v. Storp, Mitt. Kaiser-Wilh.-Inst. f. Eisenforschung Bd. 7 (1925) S. 81 und Bd. 8 (1926) S. 127; Ludwik, Physik. Z. Bd. 10 (1909) S. 411 und Elemente der Technologischen Mechanik, S. 44/53, Berlin 1909; R. Malländer, Kruppsche Monatshefte Bd. 4 (1923) S. 39; E. Meyer, Heft 295 der Forschungsarbeiten, S. 62, Berlin 1927, VDI-Verlag; R. Plank, Z. Bd. 56 (1912) S. 17.

[25]) R. Baumann, Z. Bd. 56 (1912) S. 1311.

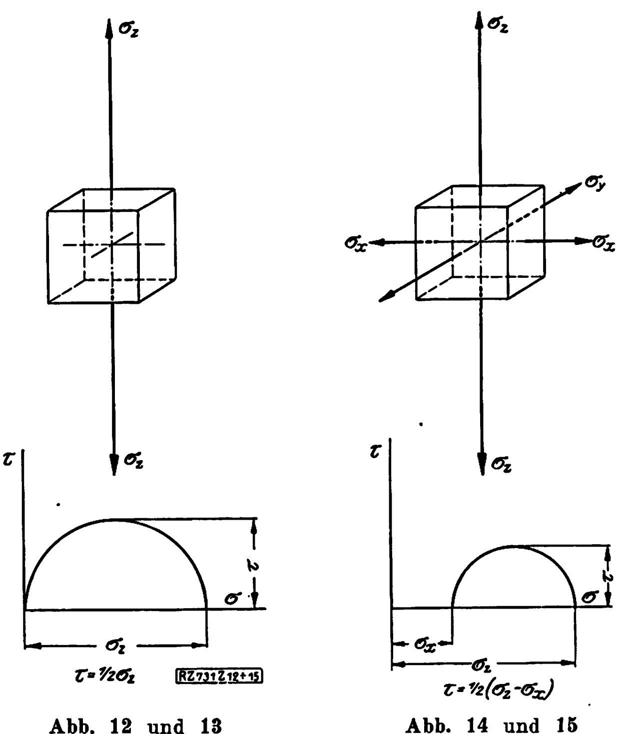


Abb. 12 und 13
Einachsige Zugbeanspruchung

Abb. 14 und 15
Dreiachsige Zugbeanspruchung

Abb. 12 bis 15
Beziehung zwischen Zug- und Schubspannung bei einachsiger und dreiachsiger Zugbeanspruchung

Beim einachsigen Spannungszustand, also z. B. beim gewöhnlichen Zugversuch (bis Beginn der Einschnürung), ist die größte auftretende Schubspannung τ halb so groß wie die Zugspannung σ_z, Abb. 12 und 13. Anders bei dreiachsiger Zugbeanspruchung, wo der gleichen Spannung σ_z eine kleinere Schubspannung τ entspricht, Abb. 14 und 15. Je mehr sich die Hauptspannungen σ_x und σ_z einander nähern, je stärker also die Versteifung, um so größere Zugspannungen sind erforderlich, den Gleitwiderstand zu überwinden.

Übersteigt die dazu nötige Spannung örtlich den Reißwiderstand, so erfolgt der erste Anriß. Geschieht dies, bevor noch die Schubspannung die Schubgrenze erreicht hat, so wird der Stoff reißen, bevor er sich noch bleibend dehnt. Bei dreiachsiger Zugbeanspruchung können also selbst Stoffe, die im gewöhnlichen Zugversuch große Dehnbarkeit zeigen, sich wie ganz spröde Körper verhalten[26]).

Diese Eigentümlichkeit räumlicher Spannungszustände blieb bisher unbeachtet, obwohl ihr eine große Bedeutung in der Werkstoffprüfung zukommt und viele sonst unerklärliche Brucherscheinungen wohl nur so zu deuten sind[27]). Ich erinnere nur z. B. an die Brüche zufolge Wärme-, Schwind- und Reckspannungen[28]), wobei oft sehr dehnbare Metalle ohne vorhergegangene Verformung plötzlich reißen[29]).

Abb. 16 möge noch den Einfluß räumlicher Spannungszustände auf das Formänderungs-Schaubild schematisch veranschaulichen. oM sei die Zuglinie bei einachsiger Beanspruchung (die Dehnungen ε als Abszissen und die Zugspannungen σ als Ordinaten aufgetragen), wobei in M noch vor Beginn der Einschnürung ein Trennungsbruch erfolgen möge. Dann geben, falls keine Reißverfestigung stattfindet, oM_1, oM_2, oM_3 . . . die Zuglinien bei dreiachsiger Zugbeanspruchung, wenn $\sigma_x = {}^1/_4\,\sigma_z$, ${}^1/_2\,\sigma_z$, ${}^3/_4\,\sigma_z$ . . .

Mit zunehmenden Werten von σ_x werden die Linien immer steiler. Die Abszissen om_1, om_2, om_3 . . entsprechen der erreichten Dehnung und die Ordinaten $m_1\,$I, $m_2\,$II, $m_3\,$III . . der erreichten Kalthärtung. Je mehr sich also die Spannung σ_x der Spannung σ_z nähert, nach um so geringerer Formänderung und Verfestigung erfolgt der Bruch.

Die Kerbschlagprobe[30])

Wesentlich verschärft wird diese ungünstige, die Dehnbarkeit vermindernde Wirkung räumlicher Spannungszustände noch durch den erwähnten Einfluß der Geschwindigkeit. Um so mehr als an der Kerbstelle sich die Formänderung nur auf einen kleinen Raumteil erstreckt, wodurch schon bei geringer Schlaggeschwindigkeit dort die **spezifische** Gleitgeschwindigkeit sehr groß sein wird, was wiederum eine starke Erhöhung des Gleitwiderstandes bedingt.

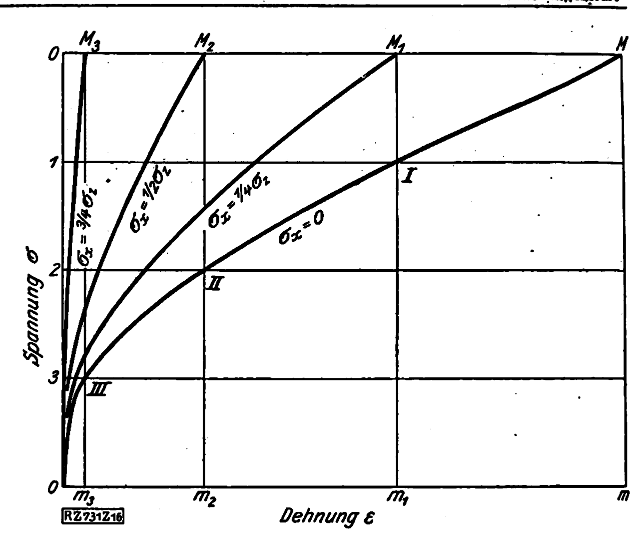


Abb. 16
Einfluß räumlicher Spannungszustände auf das Formänderungsschaubild

Die starke Zunahme des Gleitwiderstandes mit der Gleitgeschwindigkeit ist die Ursache, warum viele Werkstoffe erst bei Stoßbeanspruchung kerbspröde erscheinen. Abb. 17a zeigt z. B. die Biegeprobe eines sogenannten Preßmuttereisens mit 0,2 vH Phosphor, also eines Eisens mit verhältnismäßig hohem Phosphorgehalt[31]). Trotz dieses hohen Phosphorgehaltes ließ sich die nicht eingekerbte Probe vollständig zusammenbiegen, ohne einzureißen. Aber auch die eingekerbte Probe, Abb. 17b, ließ sich langsam noch ebenso weit durchbiegen, wie ein Flußstahl nahezu gleicher Festigkeit und Dehnung mit 0,03 vH Phosphor, Abb. 17c[32]), ehe im Kerbengrunde Risse sichtbar wurden.

Dagegen zeigte die im Pendelhammer gebrochene Probe (bei gleichen Abmessungen und gleicher Kerbung) fast keine Durchbiegung und eine Kerbzähigkeit von nur 2,5 mkg/cm², gegen rd. 12 mkg/cm² bei dem phosphorärmeren Eisen. Die durch den höheren Phosphorgehalt hervorgerufene Kaltbrüchigkeit kam also weder bei der statischen nicht gekerbten Biegeprobe, noch auch bei der statischen Kerbbiegeprobe zum Ausdruck, dagegen sehr deutlich bei der dynamischen Kerbbiegeprobe.

[26]) Ludwik, Z. f. Metallk. Bd. 16 (1924) S. 207 und Z. Bd. 70 (1926) S. 382.

[27]) Vergl. Z. f. Metallk. Bd. 16 (1924) S. 210.

[28]) Vergl. u. a. E. Heyn und O. Bauer, Internat. Z. f. Metallographie Bd. 1 (1911) S. 16; G. Masing, Z. f. Metallk. Bd. 16 (1924) S. 257 u. 301, Bd. 17 (1925) S. 17 u. 183; M. Polanyi und G. Sachs, Z. f. Metallk. Bd. 17 (1925) S. 227 und G. Sachs, Z. f. Metallk. Bd. 19 (1927) S 352.

[29]) Ludwik, Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften in Wien, Abtlg. IIa, Bd. 135 (1926) S. 587 und Heft 295 der Forschungsarbeiten, S. 56, Berlin 1927, VDI-Verlag.

[30]) Über den Kerbschlagversuch im Abnahmewesen vergl. den Bericht von Stribeck, Zwanglose Mitteilungen des DVM, Mai 1925, Nr. 3 und Feb. 1926, Nr. 6. Besonders hingewiesen sei auf die einschlägigen Arbeiten von F. Körber und A. Pomp, F. Körber und H. A. v. Storp, E. Maurer und R. Mailänder, M. Moser, F. Sauerwald, H. Wieland und W. Schwinning.

[31]) Zugfestigkeit 47 kg/mm², Bruchdehnung 30 vH, Bruchquerschnittverminderung 60 vH.

[32]) Zugfestigkeit 48.5 kg/mm², Bruchdehnung 30 vH, Bruchquerschnittverminderung 57 vH.

Zahlentafel 3. Vergleichende Zug- und Kerbschlagversuche mit weichem Flußstahl

	Flußstahl mit 0,05 vH C	Einlieferzustand (Rundeisen)	½ h bei 900 °C geglüht		5 vH vorgereckt und 1 h bei 250 °C angelassen	10 vH vorgereckt, 1 h bei 800 °C geglüht und an der Luft abgekühlt	1 h bei 1300 °C geglüht	
			an der Luft abgekühlt	im Ofen abgekühlt			an der Luft abgekühlt	im Ofen abgekühlt
Zugprobe	Obere (bezw. untere) Streckgrenze σ_S . . . . . kg/mm²	30,6 (23,0)	29,8 (22,9)	27,1 (20,2)	37,1 (35,3)	14,7	15,9 (15,7)	11,9
	Zugfestigkeit K_Z . . . „	33,6	34,5	32,5	40,3	33,1	32,7	30,0
	Reißfestigkeit σ_B . . . „	77,1	81,6	82,0	85,5	69,4	58,4	62,2
	Gleichmäßige Dehnung ε_A vH	26,5	26,0	30,0	14,0	25,0	27,5	29,5
	Bruchdehnung ε_B . . . . . „	33,8	34,8	38,6	21,3	32,3	34,1	36,9
	Wirkliche Einschnürung ψ_e „	64,5	67,8	67,8	66,8	60,3	45,6	55,4
	Bruchquerschnittverminderung ψ_B . . . . „	71,9	74,4	75,3	70,9	68,2	57,3	65,6
Kerbschlagprobe	Kerbzähigkeit A . . mkg/cm²	18,1	19,9	6,9	3,4	2,6	3,1	2,7
		17,5	17,0	6,4	3,1	3,2	3,0	3,0
		19,5	14,8	6,0				

Inwieweit eine Wärmebehandlung die Kerbzähigkeit zu beeinflussen vermag, möge noch an einem Beispiele erläutert werden[33]).

Ein ganz weicher Flußstahl mit 0,05 vH Kohlenstoff in Stangenform wurde im elektrischen Ofen bei 900° eine halbe Stunde ausgeglüht und hierauf: a) an der Luft abgekühlt, b) im Ofen langsam erkalten gelassen, c) um 5 vH vorgereckt und 1 h bei 250 °C erhitzt, also künstlich gealtert, d) um 10 vH vorgereckt und 1 h bei 800 °C geglüht, also rekristallisiert, e) 1 h bei 1300 °C erhitzt, also überhitzt.

In Zahlentafel 3 sind die Mittelwerte der Ergebnisse der Zugversuche den zugehörigen Werten der Kerbzähigkeit gegenübergestellt. Durch die langsame Abkühlung im Ofen wurde die Kerbzähigkeit fast auf ein Drittel herabgesetzt. Künstliche Alterung, Rekristallisation oder Überhitzung verminderte die Kerbzähigkeit sogar auf rd. ein Sechstel. Dieser starke Abfall der Kerbzähigkeit durch langsame Abkühlung, Rekristallisation oder Überhitzung kommt jedoch in den Werten der Bruchdehnung gar nicht zum Ausdruck.

Um die Ursache dieser in der Zugprobe nicht wahrnehmbaren Brüchigkeit festzustellen, wurden die Kerbschlagproben von R. Scheu auch noch metallographisch untersucht.

Abb. 18 und 19 zeigen den Bruch und das Gefüge des Eisens im Einlieferzustand. Der Bruch ist matt und sehnig. Das Gefüge besteht aus Ferrit und etwas Perlit. Die Bruchstelle ist am Rand ausgezackt, und die Körner sind stark verzerrt.

Abb. 20 und 21 zeigen dasselbe Eisen, jedoch nach dem Ausglühen, im Ofen langsam erkaltet. Der Bruch ist glänzend (nur ein schmaler Rand ist matt) und scheint von an den Korngrenzen liegenden Zementitstellen auszugehen (die beim Schleifen und Polieren leicht ausbrechen). Zwischen solchen Anbrüchen verläuft die Bruchlinie auch gradlinig durch die Körner, Abb. 22.

Der in Abb. 23 dargestellte mit dem Oberhofferschen Ätzmittel behandelte Schliff zeigt sehr deutlich den an den Korngrenzen ausgeschiedenen freien Zementit. Diese die einzelnen Körner trennenden spröden und harten Zementithüllen sind vermutlich die Ursache, warum die langsame Abkühlung die Kerbzähigkeit so stark herabsetzte.

Abb. 24 zeigt die Bruchlinie des künstlich gealterten Eisens von nur 3 mkg/cm² Kerbzähigkeit. Die geradlinigen Risse innerhalb der Körner deuten auf einen intragranularen Bruchverlauf.

Abb. 25 zeigt die Kornvergröberung durch Rekristallisation[34]), läßt aber auch erkennen, daß der Bruch bei rekristallisiertem Eisen nicht, wie meist angenommen wird, zwischen den Körnern, sondern durch die Körner erfolgt. Das gleiche: grobes Korn und intragranularen Bruch zeigen auch die in Abb. 26 und 27 dargestellten Brüche von überhitztem Eisen. Die durch Rekristallisation und Überhitzung verursachte Sprödigkeit dürfte also enge mit dem groben Korn zusammenhängen. Warum aber große Körner leichter spalten als kleine, ist damit allerdings noch nicht erklärt.

In Abb. 28 wurden Kerbschlagbrüche desselben, aber verschieden behandelten Eisens einander gegenübergestellt, und zwar: gewalzt ($A = 18$ mkg/cm²), ausgeglüht und an der Luft abgekühlt ($A = 15$ mkg/cm²), ausgeglüht und im Ofen erkaltet ($A = 7$ mkg/cm²), und rekristallisiert ($A = 3$ mkg/cm²). Deutlich tritt hervor, daß mit abnehmender Kerbzähigkeit der sehnige matte Bruch allmählich in einen körnigen glänzenden übergeht, bis schließlich bei dem Eisen geringster Kerbzähigkeit die ganze Bruchfläche körnig und glänzend erscheint, was wohl darauf zurückzuführen ist, daß dort der Bruch zumeist durch die Spaltflächen oder Korngrenzen geht, wogegen der sehnige matte Bruch mehr durch Abgleiten stark gereckter Kristallkörner zustande kommt.

Der Werkstoff erscheint also um so kerbzäher, je mehr Kristallite vor Beginn des Trennungsbruches zu möglichst weitgehender Verformung gelangen, und um so kerbspröder, je früher dieser Trennungsbruch einsetzt.

Ein solcher Abfall der Kerbzähigkeit durch vorzeitig einsetzende Trennungsbrüche braucht aber durchaus nicht von einer Vergröberung des Kornes begleitet zu sein.

So zeigt z. B. Abb. 29 drei Kerbschlagbrüche desselben Eisens und zwar: an der Luft erkaltet ($A = 17$ mkg/cm²), im Ofen erkaltet ($A = 6$ mkg/cm²) und gealtert ($A = 3$ mkg/cm²). In dem Maße, als der matte sehnige Bruch glänzend und scheinbar grobkörnig wird, sinkt also die Kerbzähigkeit von 17 auf 3 mkg/cm², ohne daß jedoch die Korngröße hierbei eine wesentliche Änderung erfährt.

Bei gleicher Korngröße kann also der Bruch sowohl matt und sehnig, als auch glänzend und körnig sein. Abb. 30 und 31 zeigen z. B. Brüche eines Schweißeisens mit schöner Sehne. Die Kerbzähigkeit betrug rd. 15 mkg/cm². Dasselbe Eisen zeigte künstlich gealtert (5 vH vorgereckt und 1 h bei 250° erhitzt) einen glänzenden körnigen Bruch bei einer Kerbzähigkeit von rd. 3 mkg/cm².

Metallographisch ist (bei den üblichen Vergrößerungen) das gealterte und nicht gealterte Eisen nicht zu unterscheiden. Wohl aber ist der durch die Streckgrenze und Zugfestigkeit gemessene Gleitwiderstand des gealterten Eisens wesentlich größer. Um diesen größeren Gleitwiderstand, besonders bei hohen spezifischen Gleitgeschwindigkeiten, zu überwinden, waren hier also schon Zugspannungen nötig, die den Reißwiderstand örtlich überschritten.

Eine ganz ähnliche Erhöhung des Gleitwiderstandes bei wenig geänderter Reißfestigkeit erfährt das Eisen auch bei abnehmender Temperatur[35]). Der Abfall der Kerbzähigkeit beim Altern und mit sinkender Temperatur wäre derart auf die gleiche Ursache, nämlich auf eine Erhöhung des Gleitwiderstandes zufolge stärker einsetzender Nachhärtung, zurückführbar.

Inwieweit bei all dem der Reißwiderstand örtlich durch submikroskopische Ausscheidungen und innere Spannungen (auch Gitterspannungen, z. B. zufolge Wärmeausdehnung verschiedener Gefügebestandteile oder unvollständig verlaufender Umwandlungen) vermindert wird, ist noch nicht erforscht.

Ein starker Abfall (Übergang von der Hoch- zur Tieflage) der Kerbzähigkeit wird jedenfalls stets eintreten, wenn entweder durch Zunahme des Gleitwiderstandes oder Abnahme des Reißwiderstandes das Verhältnis zwischen Reiß- und Gleitwiderstand unter einen gewissen Grenzwert sinkt, der von dem Werkstoff, der spezifischen Gleitgeschwindigkeit und dem Spannungszustand (also auch von der Form der Kerbe und Breite der Probe) abhängig ist[36]).

In diesem Sinne kann ein zu hoher Gleitwiderstand, besonders eine zu hohe dynamische Elastizitätsgrenze recht ungünstig wirken. Anderseits ist aber ein möglichst hoher Gleitwiderstand natürlich sehr erwünscht, um die Widerstandsfähigkeit des Werkstoffes, besonders gegenüber oftmals wechselnden Beanspruchungen zu erhöhen. Beides: hohe Kerbzähigkeit und große Dauerfestigkeit ist aber nur zu erreichen, wenn mit dem Gleitwiderstand auch der Reißwiderstand entsprechend gehoben wird.

Dies geschieht z. B. durch eine nicht zu harte Vergütung, weil hierbei der Reißwiderstand stärker zunimmt als der Gleitwiderstand[37]). Daß durch eine Vergütung die Reißfestigkeit (nicht nur die Zugfestigkeit) sehr stark erhöht werden kann, hat bisher merkwürdigerweise noch keine Beachtung gefunden[38]).

---

[33]) Sämtliche Kerbschlagproben hatten 15 × 15 mm² Querschnitt und einen 7,5 mm tiefen Rundkerb von 2 mm Dmr. Die Kerbschlagversuche wurden auf einem 100-mkg-Pendelhammer von Amsler mit einer Fallhöhe von 3,2 m und einer Auflagerentfernung von 100 mm durchgeführt. Die Versuchstemperatur betrug 20° bis 21 °C.

[34]) Das größte Korn wird nach einer Vorreckung um 10 vH erhalten. Als Ursache dieses kritischen Reckgrades haben wir (Ludwik und Scheu, Werkstoffausschußbericht Nr. 70 des Vereins deutscher Eisenhüttenleute. Nov. 1925) die Umkristallisation von α-Eisen in γ-Eisen vermutet. Denn um bei geringeren Reckgraden ein ebenso großes Korn wie beim kritischen Reckgrad zu erhalten, wären (bei einstündiger Glühdauer) schon oberhalb der Umwandlungstemperatur (also über rd. 900°) liegende Glühtemperaturen nötig. Zu der gleichen Auffassung kam H. Hanemann (Werkstoffausschußbericht Nr. 84 des Vereins deutscher Eisenhüttenleute, Feb. 1926).

[35]) Ludwik, Z. Bd. 70 (1926) S. 382; P. Goerens und R. Malländer, Heft 295 der Forschungsarbeiten, S. 18, Berlin 1927, VDI-Verlag.

[36]) Ludwik, „Stahl und Eisen" Bd. 43 (1923) S. 1427 und Z. Bd. 70 (1926) S. 379.

[37]) Ludwik, Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften in Wien, Abtlg. IIa, Bd. 135 (1926) S. 587 und Heft 295 der Forschungsarbeiten, S. 56, Berlin 1927, VDI-Verlag.

[38]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 384.

Schon diese wenigen Beispiele lassen erkennen, von welch grundlegender Bedeutung die Größe des Gleit- und Reißwiderstandes für die Eigenschaften unserer Werkstoffe ist. Gleit- und Reißwiderstand sind so eigentlich die Grundlagen, auf denen die gesamte statische und dynamische Werkstoffprüfung ruht.

Beziehungen zwischen diesen beiden Widerständen und den wichtigsten Kennzahlen der mechanisch-technischen Werkstoffprüfung sind vorhanden, Beziehungen, die — wenn auch noch lange nicht vollständig erforscht — doch schon deutlich erkennen lassen, wie eng alle diese Kennzahlen innerlich zusammenhängen.

Weitere Forschungen in dieser Richtung werden sicherlich bald zu einer Mechanik der bleibenden Formänderungen, zu einer Technologischen Mechanik führen, wodurch die mechanisch-technische Werkstoffprüfung die ihr heute zum Teil noch fehlende wissenschaftliche Grundlage erhalten wird. [B 731]

Anfressungserscheinungen und -versuche an Leichtmetallen für den Flugzeugbau

Der Werkstoff für den deutschen Leichtmetall-Flugzeugbau ist neben neueren Aluminium- und Magnesiumlegierungen hauptsächlich das seit 1908 bekannte Duralumin. Die Eigenart des Flugbetriebes bringt es nun mit sich, daß hierbei die Metalle in starkem Maß anfressenden Einflüssen ausgesetzt sind; man muß daher mit ganz besonderer Sorgfalt auf die Erkennung und Verhütung solcher Schäden hinarbeiten[1]).

In ungeschütztem Zustande wird Duralumin von Fluß- und Regenwasser sowie durch die Witterungseinflüsse des Binnenlandes kaum merklich angegriffen und zeigt hier sogar teilweise eine bessere Widerstandfähigkeit als die gewöhnlichen Baustähle. Ungünstiger liegen die Verhältnisse, wenn Duralumin salzhaltigem Wasser, wie Meerwasser, und auch gewissen Flußwässern, ausgesetzt ist. Solches Wasser greift ungeschütztes Duralumin stark an; deshalb muß man beim Wasserflugzeugbau die Oberflächen gut schützen. In Form von Lack- oder Farbanstrichen sucht man hier, wie es auch beim Schiffbau üblich ist, durch Trockenhalten der eigentlichen Metalloberfläche die zerstörenden Kräfte fernzuhalten.

Jedoch liegen die Verhältnisse beim Flugzeugbau doch insofern anders, als zunächst das Anstrichmittel in seiner chemischen Eigenart der Leichtmetallegierung angepaßt sein muß. Die Lebensbedingungen sind für den Anstrich äußerst ungünstig infolge der beim Flugbetrieb auftretenden schroffen Temperaturänderungen, wechselnden Witterungseinflüssen, der Sonnenbestrahlung, der mechanischen Abnutzung, z. B. durch aufprallenden Regen, und der Verunreinigung durch Betriebstoffe. Weiterhin kommt noch hinzu, daß man aus Gründen der Gewichtersparnis möglichst mit nur einem Anstrich auskommen will.

Die neuzeitlichen mechanischen Hilfsmittel der Anstrichtechnik haben sich hierbei noch nicht recht eingeführt; ausländischen Anstrichmitteln wird der Vorzug gegeben. Falls die fremden Erzeugnisse in der Tat besser sind als die deutschen, muß dies ein Anreiz für unsere Industrie sein, diesen Vorsprung wieder einzuholen. Bei gutem und unbeschädigtem Anstrich werden Leichtmetalle in unsern Breiten nicht angefressen. Gefährlicher aber wirkt das tropische Klima, doch ist das nicht etwa eine Eigenart der Aluminiumlegierungen, denn selbst Eisenbahnschienen muß man in diesen Gegenden durch Anstrich vor Zerstörung schützen. Für Tropenflugzeuge sind also bezüglich des Anstriches andere und erhöhte Forderungen zu stellen[2]).

Man kann nun zwei Arten von Angriffen durch Anfressen unterscheiden. Einmal den Oberflächenangriff, der sich anfangs als weißer Fleck zeigt und dann zur Anätzung des Metalls und schließlich zu Lochfressungen führt. Die zweite Art ist die noch nicht ganz aufgeklärte interkristalline Anfressung. Ohne daß man an der Oberfläche Veränderungen bemerken kann, zeigt das Schliffbild verbreiterte Korngrenzen und gelockertes Gefüge. Ein auf solche Weise auf der Oberfläche oder interkristallin angegriffenes Leichtmetall zeigt erheblich verringerte Festigkeitseigenschaften gegenüber gesundem Werkstoff. Kaltverformtes, besonders profiliertes Leichtmetall zeigt geringeren Widerstand gegen Anfressung als glatte Bleche.

Große Aufmerksamkeit muß man den Nietstellen widmen, zwischen Nietmetall und Leichtmetall dürfen keine erheblichen Potentialunterschiede bestehen, sonst zeigt sich an den Nietungen infolge galvanischer Ströme besonders starke Anfressung. Dasselbe kann bei Zusammenbau von Leichtmetall und Stahl geschehen; handelt es sich um hochlegierte Stähle, so wird das Duralumin wegen seiner Stellung in der galvanischen Reihe zerstört werden, bei gewöhnlichem Stahl verhält es sich umgekehrt. Oft findet man an den Brennstoffbehältern Zusammenbau von Leichtmetall und Kupfer oder Messing; sind die verschiedenartigen Metalle nicht voneinander isoliert, so zeigen sich die anfressenden Kräfte in verstärktem Maße. Durch gut gereinigtes Benzin oder Benzol wird Leichtmetall im allgemeinen nicht angegriffen, dagegen wirken alle Spiritusmischungen stark zerstörend.

Für den Leichtmetall-Flugzeugbau ist es daher von großer Bedeutung, genaue Kenntnis über die verschiedenen Wirkungen der Anfressung zu erhalten; den Versuchsanstalten fällt die Aufgabe zu, Untersuchungsverfahren auszuarbeiten, die zu sicheren und vergleichbaren Ergebnissen führen. Von einer solchen Untersuchung auf Beständigkeit gegen Anfressung verlangt man außerdem, daß das Ergebnis möglichst rasch zu erhalten ist, daß die Beanspruchungsverhältnisse den Betriebsverhältnissen möglichst getreu nachgebildet sind und daß der Versuch innerhalb möglichst kleiner Fehlergrenzen wiederholbar ist.

Natürliche Witterungsproben werden vor allem durch die Zeit, die sie gebrauchen, diesen Bedingungen nicht gerecht, man muß nach einem künstlichen Ersatz dafür suchen. Die oxydische Kochsalzprobe von Mylius, die ursprünglich nur für Reinaluminium gedacht war und die darin besteht, daß kleine Metallprobestücke einer wässerigen Lösung von 3 vH Wasserstoffsuperoxyd und 1 vH Kochsalz ausgesetzt werden, hat sich für Leichtmetallegierungen als nicht geeignet herausgestellt. Zwar ahmt sie in der Zusammensetzung die Verhältnisse beim Seeflug nach, jedoch ändert sich ihre Zusammensetzung während des Versuches sehr stark und unregelmäßig, außerdem ist sie zu empfindlich gegen Temperatur- und Lichteinwirkung. Da der Angriff durch Anfressung an Schnittflächen größer ist als an der unbeschädigten Walzhaut eines Metalls, gibt die Myliusprobe, die an kleinen Stücken im Reagenzglas ausgeführt wird, auch hierdurch irreführende Ergebnisse. Außerdem besteht keine Möglichkeit, an den angegriffenen Werkstoffproben Festigkeitsuntersuchungen vorzunehmen.

Etwas brauchbarer ist das Ergebnis der Myliusprobe, wenn man zylindrische Gefäße, die an der Seite einen rechteckigen Ausschnitt haben, gegen den das zu untersuchende Blech dicht angepreßt ist, mit der Ätzflüssigkeit füllt. Die Probe wird dabei nur von einer Seite angegriffen, was den Betriebsverhältnissen entspricht. Bessere Erfolge werden mit dieser Anordnung bei Verwendung von Seewasser erreicht. Die Versuchsanordnungen, die als Vergleichsmaß den Gewichtverlust der Oberflächeneinheit oder das Gewicht der Anfressungsstoffe oder aber die Menge der Zersetzungsgase nehmen, die beim Angriff eines Elektrolyten auf das Metall entstehen, ergeben im allgemeinen nicht genügend genaue und nicht zufriedenstellende Ergebnisse.

Der Angriff durch Anfressen auf ein Leichtmetall ist in der Hauptsache dadurch gekennzeichnet, daß die Dehnung stark sinkt, während die Bruchspannung nur in geringerem Maß abfällt. Auf diese Weise erhält man ein sicheres Maß für den Angriff durch Anfressen, da oft schon, ohne daß die Oberfläche merklich angegriffen ist, die Dehnung sich vermindert hat. Die durchgeführten Versuche ergaben gute Werte, die wiederholbar und rasch darzustellen waren. Geeignete Leichtmetallstücke wurden in Gefäße mit 75 bis 100 l Seewasser eingehängt, und nach einer bestimmten Zeit wurden Zerreißfestigkeit und Dehnung ermittelt. Um alle im Betriebe vorkommenden Angriffmöglichkeiten zu erschöpfen, verbindet man den einfachen Tauchversuch mit Sprüh- und Spritzversuchen, bestrahlt die Proben mit einer Quecksilberdampflampe und mit der elektrischen Sonne. An weiteren Prüfverfahren ist die mikroskopische Untersuchung des Kleingefüges sowie die Beobachtung der Oberflächenveränderung mit Hilfe von Stereoaufnahmen durch das aus der Auswertung von Fliegeraufnahmen bekannte Brückenraumglas und durch das Stereomikroskop bemerkenswert. Ferner kann man die Vorgänge beim Anfressen nach dem Zeitraffverfahren aufnehmen. [N 875]

Berlin Dipl.-Ing. M. H. Kraemer

[1]) E. Rackwitz, „Korrosion und Metallschutz“ Bd. 3 (1927) S. 171. Vorgetragen in der Jahresversammlung des Reichsausschusses für Metallschutz 1926 in Berlin.

[2]) Z. Bd. 71 (1927) S. 633.

Stahl und Eisen im Elektromaschinenbau[1]

Von Dr.-Ing. Franz László, Mülheim-Ruhr

Technisch-wirtschaftliche Bedeutung der Elektrotechnik. Anforderungen des Elektromaschinenbaues an die Werkstoffe. Mittel und Wege der Stahlerzeugung, die Anforderungen zu befriedigen. Gebräuchliche Eisen- und Stahlsorten, ihre Verwendungsstellen in elektrischen Maschinen. Besondere Eisenlegierungen für elektrische Apparate.

Die einzelnen Gebiete der Technik entwickeln sich in steter Wechselwirkung. Einmal stellt das eine Gebiet Anforderungen an das andre, das gegebenenfalls recht mühsam Mittel und Wege suchen muß, um diese Aufgaben lösen zu können; ein andres Mal werden die Rollen vertauscht. Es wäre zu weitgehend, auf die geschichtliche Entwicklung der Beziehungen zwischen Eisenhüttenkunde und Elektromaschinenbau näher einzugehen, obzwar nur einige Jahrzehnte für diese Betrachtung in Frage kämen. Den Anfängen des Elektromaschinenbaues ging eine beachtliche Entwicklung der Hüttentechnik voraus, sie hat s. Z. bereits auf ein ersprießliches, langes Schaffen in Gemeinschaft mit andern Gebieten der Gestaltung zurückblicken können.

Die Elektrotechnik ist in kurzer Zeit in den Vordergrund getreten und zu einer Vormachtstellung gelangt, und zwar infolge der Erkenntnis, daß, von Sonderfällen abgesehen, der elektrische Strom die wirtschaftlichste Art der Energieübertragung ist. Man kann sich kaum vorstellen, daß hierin überhaupt ein Wandel geschaffen werden könnte. Dieser Umstand hat eine durchgreifende Umstellung und eine gewisse Neuorientierung in der gesamten Technik ausgelöst. Nach etwa drei Jahrzehnten blickt man auf eine vorher bestimmt ungeahnte Entwicklung zurück, sowohl im Hinblick auf Umfang wie auf Geschwindigkeit. Der hervorragendste Anteil an diesem Fortschritt ist der Elektrotechnik zuzuschreiben. Unmittelbar verdankt vor allem der Dampfturbinenbau seinen raschen Aufschwung und hervorragenden Erfolg den Absatzmöglichkeiten, die ihm die Elektrotechnik geboten hat. Zahllos findet man aber ähnliche Beispiele aus dem Gebiet der Energieversorgung; Dieselmotoren, Gasdynamos, Wasserturbinen stehen nicht weniger im Dienste der Elektrotechnik als die Dampfturbinen.

Genau wie den andern Fachgebieten der Gestaltung stand die Eisenhüttenkunde auch dem Elektromaschinenbau jeder Zeit als unermüdlicher und treuer Verbündeter zur Seite. Sie hat manche schwierige Aufgabe gelöst und verschiedene wertvolle Anregungen geboten. Auch dieses Schaffen kam der Gesamttechnik unmittelbar zugute. Es gibt nämlich nur wenige Arten von Stahl und Eisen, die, gerade für den Elektromaschinenbau entstanden, auf zahlreichen andern Gebieten bereits bis heute mit nicht geringerem Vorteil Einführung gefunden hätten. Umgekehrt wurde freilich manche Eisenlegierung erst nach anderweitiger erfolgreicher Verwendung als für den Elektromaschinenbau geeignet erkannt. Man denke nur an die Kurbelwellen von Kraftfahrzeugen, an die Läufer von Dampfturbinen, an die Geschützrohre und schließlich an die Wellen und Läuferwicklungskappen von Turbodynamos. Vielfach wird im wesentlichen ein und dieselbe Legierung für all diese Konstruktionselemente mit dem denkbar besten Erfolg verwendet.

Die Anforderungen des Elektromaschinenbaues

Bei Betrachtungen über die Elektrotechnik ist eine Trennung zwischen elektrischen Maschinen und Geräten üblich. Als Maschinen bezeichnet man jene Konstruktionen, die elektrischen Strom aus mechanischer Arbeit erzeugen, elektrische Ströme umformen oder diese in mechanische Arbeit umwandeln. Obschon Stahl und Eisen im Bau elektrischer Geräte meistens nicht entbehrlicher ist als im Elektromaschinenbau, spielt der Verbrauch für elektrische Geräte nur eine mäßige wirtschaftliche Rolle für die Stahlerzeugung. Der Stahlverbrauch des Elektromaschinenbaues ist dagegen von großer wirtschaftlicher Bedeutung. Im Rahmen dieser kurzen Ausführungen werden daher Eisenlegierungen, die vorwiegend für den elektrischen Gerätebau in Betracht kommen, nur zum Teil und kurz besprochen.

Jedes Stück Stahl und Eisen, das man in Maschinen verwendet, wird im allgemeinen auf Festigkeit beansprucht. Es gibt wohl Ausnahmefälle, und zwar eben auch im Elektromaschinenbau, in denen die Beanspruchungen von so geringer Größenordnung sind, daß man auf sie so gut wie keine Rücksicht zu nehmen braucht. Anderseits haben viele Arten elektrischer Großmaschinen zahlreiche Konstruktionsteile, die gewaltigen Festigkeitsbeanspruchungen standzuhalten haben. Die Erkenntnis, daß die Betriebskosten der Leistungseinheit mit wachsender Maschinengröße in einem gewissen Bereich beträchtlich fallen, hat eine rasche Entwicklung immer größer werdender Maschineneinheiten hervorgerufen. Ihre Beanspruchungen sind daher z. T. außerordentlich hoch, allerdings vielfach zeitlich unveränderlich, was die sichere Bemessung erleichtert, die sich vor allem auf die Streckgrenze stützt.

Aus diesem Grunde wird der Streckgrenze im Elektromaschinenbau fast durchweg die größte Beachtung gewidmet, und zwar in dem Maße, wie sonst kaum auf irgend einem anderen Gebiet der Gestaltung. Eine weitere Folge dieser Entwicklung ist es, daß manche Konstruktionselemente dieser Maschinen sehr große Abmessungen erreichen, in denen außerdem die Richtung der größten Beanspruchungen vielfach nicht der Richtung der besten Werkstoffeigenschaften (Streckrichtung der Warmverformung) parallel gelegt werden kann. Diese Art konstruktiver Anforderungen bildet sozusagen die gegenwärtig überhaupt schwierigste Aufgabe für die Stahlwerke. Als kennzeichnendes Beispiel sind vor allem die Wellen für große Turbodynamos mit 3000 Uml./min zu erwähnen. Der Ballen, der beiderseits noch zu recht langen und schweren Zapfen ausgeschmiedet wird, ist manchmal, bei fast 1 m Dmr. bis über 3 m lang. Solche Wellen sind betriebsmäßig zeitlich unveränderlichen Beanspruchungen ausgesetzt, jedoch haben sie auch der Wirkung unvermeidlicher Kurzschlüsse standzuhalten. So muß der Werkstoff außer hohem Formänderungswiderstand auch eine recht beträchtliche statische und dynamische Zähigkeit aufweisen. Sonderstähle, die in der Mitte des Ballens in radialer und tangentialer Richtung, also senkrecht zur Schmiedefaser, bei bester Zähigkeit eine Streckgrenze von 50 kg/mm² und eine Festigkeit von 70 kg/mm² zu gewährleisten vermögen, verbürgen aber auch in diesem Fall eine gewiß hinlängliche Konstruktionssicherheit.

Die Beanspruchungen sind freilich nur in einigen Maschinengattungen unveränderlich. Man findet in vielen Arten elektrischer Maschinen festigkeitstechnisch hauptmaßgebliche Konstruktionselemente, die durch schwingungsartig wechselnde Beanspruchungen an den Werkstoff Anforderungen stellen, die z. B. jenen für die Kurbelwellen hochwertiger schnellaufender Verbrennungsmotoren nicht viel nachstehen. Je höher die Anforderungen an den Formänderungswiderstand, um so eifriger strebt man zugleich nach besten Zähigkeitseigenschaften, da auch in diesen Fällen mit der Möglichkeit plötzlicher Überbeanspruchungen zu rechnen ist.

In der Natur des betrachteten Verwendungsgebietes liegt die mehr oder minder grundsätzliche Hauptaufgabe von Stahl und Eisen, die Leitung magnetischer Flüsse. Öfters fordert man sogar für die festigkeitstechnisch höchstbeanspruchten Bauelemente gleichzeitig möglichst gute magnetische Eigenschaften. Letztere können in verschiedenen Richtungen liegen. Einmal verlangt man in dieser Beziehung allein eine gute Leitfähigkeit. Werkstoffe für die vorerwähnten großen Wellen (3000

[1] In den folgenden Ausführungen wurden die einschlägigen Abschnitte des Werkstoffhandbuches „Stahl und Eisen" nach Möglichkeit berücksichtigt.

Uml./min) müssen auch bestmögliche Magnetisierbarkeit aufweisen, welchem Umstand die Hüttentechnik mit bemerkenswertem Erfolg Rechnung trägt. Ein andres Mal ist neben höher magnetischer Leitfähigkeit die geringste Ummagnetisierungsarbeit (Hysteresisverluste) erforderlich. Besonders im elektrischen Gerätebau wird sehr oft einer hohen Koerzitivkraft, gepaart mit hoher Remanenz, große Wichtigkeit beigemessen. Stähle, die bei hoher Festigkeit geringstmögliche Magnetisierbarkeit haben, erlangten im Elektromaschinenbau auch eine beachtliche Rolle und verdrängen weniger feste Metallegierungen.

Als Leiter für elektrische Ströme wird Stahl und Eisen im Elektromaschinenbau so gut wie nie vorgesehen, im Gegenteil verlangt man häufig von ihm eine möglichst schlechte elektrische Leitfähigkeit. Als Stromleiter machen sich Werkstoffe auf Eisengrundlage dagegen im Bau elektrischer Geräte unentbehrlich, und zwar solche, die einen hohen elektrischen Widerstand haben.

Der wirtschaftliche Erfolg einer Maschine hängt von ihrem Beschaffungspreis, bezogen auf die Leistungseinheit (Gesamtanlagekosten), von den Betriebskosten einschließlich Abschreibung der Anlagekosten und von ihrem Wirkungsgrad ab. Diese Punkte, als Veränderliche der Konstruktion, der Leistungsgröße usw., sind außerordentlich vielgestaltig. Liegen aber einmal einigermaßen feste Konstruktionsgrundlagen, Abmessungen und feste Herstellungspläne für einen Leistungsbereich vor, so treten die Werkstofffragen als wichtige Einflußzahlen in den Vordergrund. Man kann Maschinenabmessungen verkleinern oder die Leistung bei unveränderten Maschinenabmessungen erhöhen oder den Wirkungsgrad bei sonst gleichen Verhältnissen allein durch die Verwendung höherwertiger Werkstoffe verbessern. Sie sind teurer, und zwar zumeist nicht nur in der Beschaffung, sondern auch in der Bearbeitung. Trotzdem wird in vielen Fällen auf diese Weise ein wirtschaftlicher Erfolg erreicht, wogegen ein andres Mal der Übergang zu besseren Werkstoffen sich als verlustbringend erweist. Das Ergebnis wird vor allem durch die jeweiligen technischen und wirtschaftlichen Erkenntnisse des einen oder andren Absatzgebietes elektrischer Maschinen beeinflußt.

Metallurgische und metallographische Beziehungen

Im Rahmen der folgenden Ausführungen wird das einschlägige Gebiet der Hüttenkunde hauptsächlich im Hinblick auf die Sonderaufgaben gestreift, die der Elektromaschinenbau stellt. Gleichzeitig werden auch die Zusammenhänge mit den in der Gesamttechnik allgemein maßgebenden Festigkeitseigenschaften im Auge behalten.

Der Grundstoff aller Eisenlegierungen, das reinste in der Luftleere umgeschmolzene Elektrolyteisen, ist wegen der ungemein hohen Zähigkeit und vorzüglichen magnetischen Eigenschaften außerordentlich bemerkenswert. Allerdings hat es neben der hohen Zähigkeit[2]) (Einschnürung von etwa 85 vH) nur eine Streckgrenze von 11 und eine Festigkeit von 25 kg/mm²; infolgedessen dürften nicht viel höhere Festigkeitsbeanspruchungen als für Gußeisen zugelassen werden. Seine magnetischen Eigenschaften im Vergleich zu jenen eines hochlegierten Transformatorbleches sind für $\mathfrak{B} = 10\,000$ in Zahlentafel 1 zusammengestellt.

Zahlentafel 1

Werkstoff	Koerzitivkraft	Remanenz	Hysteresis
Elektrolyteisen	0,27	9250	820
Transformatorblech (4 vH Si)	0,88	5400	2260

Der magnetische Sättigungswert ($4\pi J\infty$) beträgt 21 620, der spezifische Widerstand 0,0994 Ω bezogen auf 1 m Länge und 1 mm² Querschnitt (Temperaturkoeffizient 0,573 vH). Der magnetisch hervorragende Werkstoff wird leider in der Herstellung derart teuer, daß er für den Elektromaschinenbau in absehbarer Zeit bestimmt nicht in Betracht kommen dürfte. Seine Verwendung ist auf einige Ausnahmefälle im Bau elektrischer Geräte beschränkt. Der magnetische Sättigungswert wird, von einer Ausnahme (Kobalt) abgesehen, durch jeden Zusatz mehr oder minder herabgesetzt.

Neuerdings wurde in Deutschland die Herstellung des amerikanischen Armco-Eisens aufgenommen, das, obzwar technisch in Großbetrieben herstellbar, im ganzen nur noch einen Gewichtsanteil von 0,1 bis 0,15 vH an Verunreinigungen enthält. Bei uns liegt vorerst noch keine Erfahrung vor, ob und inwiefern man das Armco-Eisen als billigeres Behelfsmittel anstatt des reinsten Elektrolyteisens in den Elektromaschinenbau einführen könnte.

Die technischen Eisen- und Stahlsorten sind Vielstofflegierungen auf Eisengrundlage. Die Legierungstechnik des Eisens macht Unterschiede einerseits zwischen vorteilhaften und beabsichtigten Legierungselementen, anderseits zwischen unerwünschten aber praktisch unvermeidlichen Eisenbegleitern, den sogenannten Verunreinigungen. Jedes Legierungselement macht mindestens anfänglich das Eisen härter und vermindert zugleich seine Zähigkeit. Der metallurgische Zweck des Legierens ist zumeist eben das Härtermachen, und zwar bei möglichst geringem Zähigkeitsverlust. Unzählige Zusammenstellungen haben sich für die verschiedensten Zwecke entwickelt und als brauchbar erwiesen, über die man im Schrifttum eingehende Aufklärungen findet[3]). Die Legierungselemente sind vielfach nicht nur durch ihre unmittelbare sondern gleichzeitig durch eine mittelbar härtende Wirkung nützlich.

Die Legierungselemente ändern aber durchweg auch das magnetische und elektrische Verhalten der Stähle. Dies bietet öfters Anlaß, in Stählen des Elektromaschinenbaues von Fall zu Fall einmal gewisse Elemente zu bevorzugen, ein andres Mal bestimmte Legierungselemente möglichst zu beschränken oder gänzlich fernzuhalten.

Das wichtigste Legierungselement fast aller technischen Eisen- und Stahlarten ist der Kohlenstoff, und zwar wegen seiner hohen spezifischen Festigkeitssteigerung, die nur durch jene von Phosphor beinahe erreicht und allein durch die des Stickstoffes übertroffen wird. Da Kohlenstoff die Zähigkeit nicht in demselben ungünstigen Maße wie Phosphor und Stickstoff mindert, beherrscht er die Metallurgie des Eisens als wirksamster Härtungsbestandteil. Kohlenstoff härtet das Eisen auch magnetisch beträchtlich, was für Dauermagnete von großer Wichtigkeit ist. Die härtende Wirkung bleibt jedoch aus, falls der Kohlenstoff in elementarer Form als Graphit oder Temperkohle vorliegt. Hier wirkt er hauptsächlich durch Querschnittverminderung. Erst die Eisenkohlenstoffverbindung, Eisenkarbid (Fe_3C), wirkt magnetisch härtend, die größte Härtewirkung ist auch in dieser Beziehung einer schlechtweg festen Lösung des Kohlenstoffes in Eisen, dem Martensit, eigen. In den für zähe Konstruktionsstähle üblichen Gehalten verursacht das lamellare Eisenkarbid (Perlit) gewöhnlich nicht viel Schwierigkeiten, man vermeidet allerdings in magnetisch auf Leitfähigkeit beanspruchten Stählen grundsätzlich einen Kohlenstoffgehalt über 0,4 vH und hält sich natürlich bei Dynamo- und Transformatorblechen an die niedrigsten möglichen Grenzen.

Eine besonders für den Elektromaschinenbau, aber auch im allgemeinen beachtliche Rolle fällt dem Silizium zu. In Konstruktionsstählen bleibt der Si-Gehalt gewöhnlich unter 0,35 vH, und die unmittelbare Wirkung auf die Festigkeits- und elektromagnetischen Eigenschaften ist nicht nennenswert. Von höher silizierten Stählen sind für den Elektromaschinenbau vor allem die Dynamo- und Transformatorbleche kennzeichnend. Obschon man diese Sonderstähle so gut wie ausschließlich im Elektromaschinenbau benutzt, geschieht dies in einem Umfange, der für die Hüttenwerke eine gewichtige wirtschaftliche Rolle spielt. In manchen elektrischen Maschinen sind die Gewichtanteile andrer stählerner und eiserner Bauelemente im Vergleich zu der Masse dieser Bleche nur noch von verschwindender Größenordnung. In dem für Dynamobleche üblichen Bereich des Si-Gehaltes von 0,5 bis 4 vH

[2]) Oberhoffer, Das technische Eisen, Berlin 1925, S. 195.

[3]) Oberhoffer, S. 195 u. f.

vergrößert 1 vH Silizium den elektrischen Leitwiderstand fortlaufend beinahe gleichmäßig um etwa $0{,}11 \frac{\Omega\, mm^2}{m}$, wobei die Wirbelstromverluste entsprechend abnehmen.

Die Magnetisierbarkeit fällt mit steigendem Si-Gehalt allmählich, und zwar beträgt der Sättigungsverlust rd. 460 Gauß auf 1 vH Si in dem betrachteten Bereich. Remanenz und Koerzitivkraft, folglich auch der Hysteresisverlust, fallen besonders stark im Gebiet von 1 bis 2 vH Si, danach langsamer. Gumlich führt die Erniedrigung des Hysteresisverlustes auf eine mittelbare Wirkung des Siliziums zurück, und zwar insbesondere auf den Umstand, daß Silizium die Bildung von Temperkohle begünstigt, die in magnetischer Beziehung bei weitem nicht so ungünstig wirkt wie der als Zementit oder sogar in gelöster Form vorhandene Kohlenstoff[4]). Die sogen. Wattverluste, die Summe der Wirbelstrom- und Hysteresisverluste, haben freilich auch ein starkes Abfallgebiet um 1½ vH Si herum, fallen aber im Hinblick auf das beinahe gleichmäßige Ansteigen des elektrischen Leitwiderstandes auch im Gebiet über 2 vH Si hinaus noch beträchtlich.

Eine andre Wirkung des Siliziums (0,5 bis 1,5 vH), die Steigerung der Elastizitäts- und Streckgrenze sowie der Festigkeit, wurde bei Federstählen zunutze gemacht. Für weichere Stähle verwendet man in den letzten Jahren auch öfters einen Siliziumzusatz von rd. 1 vH. Diese Eigenschaft des Siliziums wird natürlich auch im Elektromaschinenbau in gleichzeitiger Verbindung mit seiner magnetischen Güteförderung für gewisse Stähle mit Erfolg verwertet.

Eine nachteilige Eigenschaft des Siliziums ist die Herabsetzung der Wärmeleitfähigkeit, und zwar durch 1,5 vH Si um mehr als 50 vH gegenüber reinem Eisen. Mit diesem Nachteil muß sich auch der Elektromaschinenbau, in dem er besonders schwerwiegend ist, abfinden.

Ein ebenfalls unedles Legierungsmetall, das Mangan, ist auch ein ständiger Begleiter aller technischen Eisensorten. Bis etwa 2 vH wird es für gewisse Konstruktionsstähle bevorzugt, da es die Streckgrenze und die Festigkeit bei nur mäßiger Zähigkeitsverminderung steigert. Diese Stähle kommen aber selten für den Elektromaschinenbau in Betracht. Ein Mangangehalt über etwa 0,7 vH hinaus erniedrigt nämlich merklich die Magnetisierbarkeit. Der unmagnetisierbare Manganstahl mit 12 bis 13 vH Mn fand im Elektromaschinenbau so gut wie keine Aufnahme, da er lediglich durch Schleifen bearbeitbar ist. Als Legierungssatz neben anderen gleichartig wirkenden wird jedoch das Mangan in unmagnetisierbaren Stählen vielfach verwendet.

Sowohl Silizium wie Mangan sind an sich vorzügliche und preiswerte Desoxydationsmittel, was ihnen in der gesamten Stahlpraxis allein schon eine besondere Bedeutung gesichert hätte.

An Stelle von Mangan wird für die Konstruktionsstähle des Elektromaschinenbaues das Nickel bevorzugt, in normalen Fällen höchstens bis etwa 4½ vH, in welchem Anteil Nickel bei bester Wirkung auf die Festigkeitseigenschaften die Magnetisierbarkeit nicht nennenswert verkleinert. Ein Nickelzusatz von 25 vH macht den Stahl unmagnetisierbar. In den unmagnetisierbaren Stählen des Elektromaschinenbaues wird jedoch Nickel zum Teil durch Mangan ersetzt, und zwar rd. 2 vH Ni durch 1 vH Mn. Schließlich, obzwar nur für elektrische Geräte von Bedeutung, verdienen hochhaltige Nickelstähle als Widerstandstoffe besondere Erwähnung.

Chrom macht den Stahl magnetisch reichlich hart, d. h. es steigert den magnetischen und elektrischen Leitwiderstand, die Koerzitivkraft und die Remanenz. Aus diesem Grunde verzichtet der Elektromaschinenbau auf die Verwendung von Stählen mit über etwa 1 vH Cr für Konstruktionselemente, die eine gute magnetische Leitfähigkeit haben sollen. Anderseits ist Chrom ein wertvoller Legierungsbestandteil für Dauermagnetstähle und für Widerstandstoffe. Im Hinblick auf die Gütesteigerung der Festigkeitseigenschaften steht das Chrom mit an der Spitze der edlen Legierungselemente, es ist daher in mäßigen Anteilen durchweg in allen hochbeanspruchten Konstruktionsstählen des Elektromaschinenbaues vorhanden. Hochhaltige Chromnickelstähle mit rd. 18 vH Cr und 8 vH Ni sind unmagnetisierbar, allerdings im Hinblick auf ihren Rostwiderstand besonders verbreitet.

Für Dauermagnete haben die Legierungselemente Wolfram und Kobalt die größte Bedeutung. Natürlich verteuern diese Zusätze den Stahl, Kobalt sogar beträchtlich. Sie sind jedoch bevorzugte Bestandteile aller hochwertigen Magnetstähle der Gegenwart geworden.

Vanadin und Molybdän, in Amerika mit besonderem Erfolg häufig benutzte Legierungselemente, werden in den einschlägigen Werkstoffen unsres Elektromaschinenbaues heute noch kaum angetroffen. Beide wurden bis vor kurzem in Deutschland, soweit es sich um Konstruktionsstähle handelte, durch Nickel und Chrom ersetzt, werden aber neuerdings als Zusätze bei Kesselbaustoffen, Molybdän außerdem (aber auch Wolfram) für gewisse Sonderzwecke, auch in Chromnickelstählen verwendet.

Die häufigsten Vertreter der unerwünschten Eisenbegleiter sind Phosphor, Schwefel, Sauerstoff und Wasserstoff. Die vorzüglichen magnetischen Eigenschaften des in der Luftleere umgeschmolzenen Elektrolyteisens sind nicht zuletzt mit auf den Umstand zurückzuführen, daß aus ihm solche Verunreinigungen so gut wie restlos entfernt werden. In den gewöhnlichen Stahllegierungen der Praxis müssen die Verunreinigungen innerhalb gewisser Grenzen als zulässige Mängel betrachtet werden. Verändert man den Gehalt in der Umgebung dieser „Normwerte" um mäßige Beträge, so beobachtet man, daß weder eine einschneidende Verschlechterung noch eine ausschlaggebende Verbesserung der magnetischen Eigenschaften als Folgeerscheinung eintritt. Natürlich verschiebt sich der Maßstab in Fällen, in denen Spitzenanforderungen gestellt werden, so z. B. in bezug auf Dynamobleche. Im allgemeinen verlangen aber die Verunreinigungen, besonders im Hinblick auf den Elektromaschinenbau, keine eingehendere Betrachtung. Der diesbezüglich aus festigkeitstechnischen Gründen bedingte hohe Reinheitsgrad schwieriger Schmiedestücke oder empfindlicher Legierungen soll auch nur nebenbei erwähnt werden; er kommt gegebenenfalls den magnetischen Eigenschaften gleichzeitig zugute.

Wärmebehandlung. Die an sich schlechtweg chemisch härtende Wirkung der Legierungselemente ist in ihrer Größenordnung sowohl von der Art der jeweiligen atomaren wie auch der strukturellen Bindung abhängig. Von gewöhnlichen Gußeisensorten abgesehen, ist man ausnahmslos bestrebt, durch Beeinflussung der vorerwähnten Punkte den mit billigen Mitteln bestmöglichen Wirkungsgrad der Legierungseinflüsse herbeizuführen. Die Warmverformung schmiedbarer Stahlsorten ist meistens der erste Schritt in dieser Richtung. Ihre Wirkung wird durch geeignete Wärmebehandlung vervollkommnet. Bei Stahlformguß entfällt natürlich die Veredelungsmöglichkeit durch plastische Verformung.

Im engeren Sinne bezeichnet man mit Wärmebehandlung einen Vorgang, bei dem zuerst durch Erwärmung auf höhere Temperaturen möglichst viele heterogene Gefügebestandteile des Stahles in feste Lösung gebracht und danach durch eine geeignete Abkühlgeschwindigkeit in einen neueren günstigen Gefügezustand übergeführt werden. Öfters gesellen sich noch weitere Phasen hinzu, die aber grundsätzlich nichts ändern. Es gibt verschiedene Legierungselemente, die außer ihrer chemisch härtenden Wirkung die Abkühlgeschwindigkeit herabsetzen, die sonst für gewisse Arten und Grade einer Umkristallisation notwendig wäre. Die Erniedrigung der Abkühlgeschwindigkeit kommt vor allem der Herstellung großer massiger Körper zugute, bei denen hohe Abkühlgeschwindigkeiten im Hinblick auf die zwangläufig bedingten Eigenspannungen unzulässig wären. Nickel, Chrom, Mangan, Vanadin und noch manche andre Legierungselemente leisten diesbezüglich gute Dienste. Ein treffendes Bild bieten folgende Angaben von Wendt[5]):

[4]) Oberhoffer, S. 219.

[5]) Z. Bd. 66 (1922) S. 616.



Um Martensit zu erzeugen, muß der Temperaturbereich von 700 bis 200 °C bei Kohlenstoffstahl in 6 s, bei Nickelstahl mit 5 vH Ni in 60 s und bei Chromnickelstahl mit 3 vH Ni und 1½ vH Cr in 500 s durchlaufen werden.

Die beste magnetische Leitfähigkeit ist einem gegebenen Stahl im perlitischen Zustand oder in einer nächstliegenden Übergangsform des Gefüges eigen. Die Wärmebehandlung bezweckt in solchen Fällen die Herbeiführung eines möglichst feinkörnigen Zustandes, der in festigkeitstechnischer Hinsicht sehr günstig ist. Von verschiedenen Umständen, wie Legierung, Körperabmessungen, vorangegangener Warm- oder Kaltverformung, hängt es ab, welche Mittel zum Erreichen dieses Zieles anzuwenden sind. Einmal genügt bereits ein Freiglühen von Spannungen bei Temperaturen reichlich unterhalb A_1, vielfach noch ein Glühen kurz oberhalb A_3 mit einer darauffolgenden mehr oder minder langsamen Abkühlung; in zahlreichen Fällen muß man aber den Werkstoff vergüten, ihn von oberhalb A_3 abschrecken (härten) und dann anlassen. Das Härten durch Wärmebehandlung und durch Kaltverformung macht die Stähle auch magnetisch härter. Dauermagnete werden daher im gehärteten und kaum ein wenig angelassenen Zustande verwendet.

Für die gebräuchlichen Konstruktionsstähle fordert man eine gute magnetische Leitfähigkeit; sie werden daher, falls vorher abgeschreckt, entsprechend hoch angelassen. In diesem Endzustand kann man irgendeine ungünstige magnetische Nachwirkung der Vergütung praktisch nicht nachweisen. Als Ausnahme sind die Dynamo- und Transformatorbleche zu erwähnen, die mit merklichem Vorteil in einen gleichmäßigen grobkörnigen Endzustand übergeführt werden. Die unmagnetisierbaren Stähle werden in den meisten Fällen gehärtet und danach nur bei niedrigen Temperaturen spannungsfrei geglüht. Das Härten bezweckt, die sonst nur oberhalb A_3 vollständig stabile unmagnetisierbare Eisenkristallart (Austenit) auch bei Zimmertemperatur möglichst vollkommen zu erhalten.

Eisen- und Stahlsorten des Elektromaschinenbaues

Wie sonst überall in der Gestaltung, wird auch im Elektromaschinenbau Gußeisen für Maschinenteile verwendet, die bei verwickelteren Formen ohne Schaden oder sogar mit Vorzug gewichtig ausgeführt werden können und vor allem nur mäßig beansprucht werden. Bei diesen billigen Anforderungen bedient man sich der sonst üblichen Sorten.

Eine Sonderstellung nimmt das Gußeisen in Fällen ein, wo es magnetischen Fluß zu leiten hat. In Betracht kommt nur ununterbrochen gleichgerichteter Fluß. In magnetischen Wechselfeldern ist eine feine Unterteilung der Eisenquerschnitte nötig, wenn man hohe Wirbelstromverluste vermeiden will. Die Möglichkeit der feinen Unterteilung besteht bei Gußeisen nicht. Anderseits eignet sich Gußeisen für große Energieaufnahme in Form von Wirbelströmen (Wirbelstrombremse) auch nicht so gut wie Stähle, da seine elektrische Leitfähigkeit viel schlechter ist als die des Stahles.

Die Vorstandsvorlage der Gußeisennormen sieht für die erwähnten Sonderfälle einen Maschinenguß mit besonderen magnetischen Eigenschaften, Bezeichnung Ge 12.91 D vor, und zwar ohne besondere Gütevorschriften, jedoch mit gewährleisteter Induktion (AW = Ampere-Windungen):

Erregung AW/cm	magnetische Induktion mindestens
25	7000
50	8500

Metallurgisch lassen diese Anforderungen aus bereits erörterten Gründen danach streben, daß solche Gattierungen verwendet werden, die eine weitestgehende Ausscheidung des Kohlenstoffes in graphitischer Form begünstigen: z. B. wenig Mangan, dagegen reichlich Silizium. Natürlich wirkt ferner eine langsame Abkühlung in der Form außerordentlich günstig. M. a. W. wird diesbezüglich einem Gußeisen mit ferritischer Grundmasse möglichst ohne Perlit der Vorzug gegeben.

Beim gewöhnlichen Maschinenguß kann man auch allgemein etwa mit folgenden Zahlen rechnen:

Erregung AW/cm	magnetische Induktion
25	4500 bis 5500
50	7000 „ 7500;

infolgedessen kann, falls genügende Querschnitte anderweitig geboten sind, diese etwas billigere Sorte auch voll befriedigen.

In jeder Beziehung beste Eigenschaften gewährleistet der (amerikanische) schwarze Temperguß. Nach R. Stotz[6]) kann man mit folgenden Mindestwerten rechnen:

Erregung AW/cm	magnetische Induktion
25	11 500
50	12 500
100	13 500 ,

die sich jenen von Stahlguß auf rd. 78 vH nähern. Seine Festigkeit beträgt 30 bis 35 kg/mm² bei einigen vH Dehnung. Bei all diesen Vorzügen fallen aber die Beschränkung der Herstellbarkeit auf kleinere Querschnitte (höchstens 20 bis 25 mm Wanddicke) und manchmal die Preisfrage gegenteilig in die Wagschale. Aus diesem Grunde kommt der Temperguß nur für kleinere Maschinenteile in Betracht und wird des weiteren nicht besonders betrachtet.

Eine beachtenswerte austenitische Gußlegierung kam kürzlich auf den Markt. Sie enthält u. a. etwa 9 vH Mangan und 4 bis 5 vH Nickel, hat bis mehr als 20 kg/mm² Zugfestigkeit und gute Bearbeitbarkeit.

Stahlguß verwendet man im Elektromaschinenbau, falls keine besonderen Anforderungen gestellt werden, in den sonst üblichen Güten. Falls eine gute magnetische Leitfähigkeit verlangt wird, hat das Stahlwerk vor allem darauf zu achten, daß der Mangangehalt in mäßigen Grenzen (etwa nicht über 0,6 vH) bleibt. Im Hinblick auf die magnetisch härtende Wirkung des Kohlenstoffes kommen nur weichere Sorten in Betracht, deren Festigkeitseigenschaften und Magnetisierbarkeit in Zahlentafel 2 zusammengestellt sind.

Zahlentafel 2
Gewährleistete Festigkeitseigenschaften und Magnetisierbarkeit von Stahlguß

Güteklassenbezeichnung nach DIN	Gewährleistet als Mindestwerte				
	Zugfestigkeit kg/mm²	Bruchdehnung für $l = 5{,}65\sqrt{F}$	Magnetische Induktion bei AW/cm 25	50	100
Stg 38.81 D	38	20	14 500	16 000	17 500
Stg 45.81 D	45	16	14 500	16 000	17 500

Die weichere Sorte wird mit einem Kohlenstoffgehalt von 0,08 bis 0,15 vH, die härtere mit solchem von 0,15 bis 0,25 vH, ferner wie alle magnetisch weich beanspruchten Stähle mit Vorteil siliziert (rd. 0,35 vH) erschmolzen. Besonders gute Desoxydation und geringe Verunreinigung durch P und S sind natürlich von Nutzen.

Gewalzte und geschmiedete Kohlenstoffstähle, insoweit an sie nur Festigkeitsanforderungen gestellt werden, verwendet man nach den Gesichtspunkten des allgemeinen Maschinenbaues in den genormten Sorten (DIN 1611, 1612, 1613, 1621, 1661).

Falls gute magnetische Leitfähigkeit notwendig ist, kommen nur weichere und mittelharte Sorten in Betracht. Gewalzte Profile werden selten als Leiter magnetischer Flüsse verwendet, gegebenenfalls genügen alle einschlägigen Sorten mittleren Ansprüchen. Für Schmiedestücke gebraucht man Legierungen mit nicht über 0,4 vH C. Gegenwärtig vermißt man noch diesbezüglich genormte Stähle. Fabriken elektrischer Maschinen stützen sich daher in ihren Vorschriften auf die Festigkeitseigenschaften genormter Stähle (DIN 1611 und 1661) bei gleichzeitiger Anforderung gewährleisteter Mindestwerte der Magnetisierbarkeit. Der einschlägige Verbrauch verdichtet sich vornehmlich auf drei Sorten, Zahlentafel 3.

[6]) ETZ Bd. 48 (1927) S. 878.



Zahlentafel 3
Kohlenstoff-Schmiedestähle

Festigkeitseigenschaften				Magnetische Induktion bei			Übliche chemische Zusammensetzung			Ähnliche DIN-Sorten
Streckgrenze kg/mm²	Festigkeit kg/mm²	Dehnung $l = 5{,}65 \sqrt{F}$ vH	Kerbzähigkeit mkg/cm²	25 AW/cm	50 AW/cm	100 AW/cm	C vH	Mn vH	Si vH	
18 bis 20	34 bis 42	26	10	15 000	16 500	18 000	0,12	bis 0,6	0,2	St 34.11; St C 10.61
22 „ 25	40 „ 50	24	8	15 000	16 500	18 000	0,25	„	bis	St 42.11; St. C 25.61
28 „ 30	50 „ 60	22	6	14 500	16 000	17 500	0,35	„	0,35	St 50.11; St. C 35.61

Die Werte für Dehnung und Kerbzähigkeit gelten bei nicht zu großen Querschnitten für die Längsrichtung oder die Umfangrichtung über Dorn hohlgeschmiedeter Körper. Die Magnetisierungswerte sind als die äußersten Möglichkeiten zu betrachten und natürlich nur im geglühten perlitischen Zustand zu erreichen, auf den auch die Festigkeitseigenschaften bezogen sind. Man ist vielfach in der Lage, sich mit niedrigeren Gewährleistungen zu begnügen, die gegebenenfalls eine Ermäßigung der Beschaffungskosten ermöglichen. Wohlbemerkt werden kleinere Schmiedestücke auch im vergüteten Zustand verwendet.

Der Reinheitsgrad an P und S blieb in Zahlentafel 3 absichtlich unerwähnt. Vielfach genügt die Innehaltung der Grenzen nach DIN 1611 (P 0,06 vH, S 0,06 vH, P + S 0,1 vH) nicht mehr für die Befriedigung der Anforderungen, und der Reinheitsgrad nach DIN 1661 (P + S < 0,07 vH usw.) muß angestrebt werden.

Zwei Sonderlegierungen von Kohlenstoffstählen trifft man im Elektromaschinenbau häufig an. Die eine Art sind harte Stahldrähte mit 120 bis 220 kg/mm² Zugfestigkeit (0,55 bis 1 vH C), die zum troosto-sorbitischen Zustand patentiert[7]) und kaltgezogen werden (normale Seildrahtqualitäten). Die andre Art sind reichlich hoch silizierte Stahlbleche, die bei hohen Festigkeitseigenschaften eine verhältnismäßig außerordentlich gute Magnetisierbarkeit aufweisen. Man erreicht z. B. in einem solchen Blech von 2 mm Dicke bei 0,45 vH C, 1,72 vH Si, 0,8 vH Mn, 0,25 vH Cr und sonst geringen Verunreinigungen rd. 65 kg/mm² Streckgrenze, rd. 85 kg/mm² Festigkeit, über 16 vH Dehnung bei $l = 11{,}3 \sqrt{F}$, $\mathfrak{B}_{25} = 12\,600$ und $\mathfrak{B}_{100} = 16\,500$. Diese sogenannten Stahldynamobleche werden natürlich wegen der hohen Festigkeitsforderungen im perlitischen Zustande verwendet, im Gegensatz zu den Dynamo- und Transformatorblechen — dies möge besonders betont werden. Der hohe Si-Gehalt erfüllt hier eine dreifache Aufgabe: Festigkeitssteigerung, Milderung der vom C-Gehalt herrührenden magnetischen Härte, weitestgehende Desoxydation. Harte Kohlenstoffstahlbleche bis 50 kg/mm² Streckgrenze und 70 kg/mm² Festigkeit, also keine DIN-Sorten, braucht der Elektromaschinenbau auch sonst, und zwar vielfach sogar vergütet.

Die hohen Anforderungen des Elektromaschinenbaues in festigkeitstechnischer und meistens zugleich magnetischer Hinsicht können nur durch die Verwendung legierter Konstruktionsstähle erfüllt werden. Bei der Vielgestaltigkeit der Anforderungen vermißt man in der Reihe der üblichen kaum irgendeine Art der sonst für andre Zwecke eingeführten Sorten. Entsprechend den deutschen Verhältnissen beherrschen die Legierungselemente Nickel und Chrom diese Gruppe von Stählen, und zwar gewöhnlich in den Anteilen von 1 bis 4½ vH Ni und bis 1,5 vH Cr. Die häufigsten Legierungsgruppen und ihre Eigenschaften sind in Zahlentafel 4 zusammengestellt.

Von der ersten Gruppe abgesehen, sind diese Stähle ausgesprochene hochwertige Stähle; sie werden mit großer Reinheit erschmolzen. Mit steigenden Legierungszusätzen und wachsenden Körperabmessungen werden die Stahlwerke gezwungen, den Gehalt an P und S sogar noch niedriger als je 0,04 vH und insgesamt 0,07 vH zu halten. Die Festigkeitseigenschaften beziehen sich auf Proben in der Längsrichtung bei nicht zu großen Körperabmessungen, wobei steigender Legierungsgrad die diesbezüglich maßgebenden Abmessungen nach oben erweitert. Die Magnetisierbarkeit ist wiederum schlechtweg als die obere Grenze der möglichen Anforderungen, also unter entsprechend günstigen Voraussetzungen und bei mittlerem Vergütungsgrade, zu betrachten.

Die beiden ersten Gruppen, Zahlentafel 4, werden meistens im basischen Siemens-Martin-Ofen erschmolzen, die beiden folgenden, erst recht für größere Stückgewichte, im sauer zugestellten Ofen, da die hierdurch gewährleistete beste Desoxydation für diese bereits empfindlichen Stähle sehr erwünscht, in größeren Stücken geradezu unerläßlich ist. Die beiden vorletzten Sorten sind für höchste Anforderungen vorgesehen, es ist daher ratsam, diese aus reinstem schwedischen Roheisen und entsprechendem Schrot im saueren Ofen herzustellen. Für die unmagnetisierbaren Stähle nimmt man natürlich auch hochwertigen Einsatz und benutzt zum Fertigmachen lediglich sauere, womöglich Elektroöfen.

Es ist schwierig, in kurzen Worten ein Bild darüber zu bieten, welche Güte an Stahlwerkeinrichtungen, welchen Reichtum an Erfahrung und welche Unerschöpflichkeit an Sorgfalt die Herstellung von Schmiedestücken aus manchen der vorerwähnten Stähle erfordert. Ein hochlegierter Block wird am besten nach Erstarren seines Kernes sofort aus der Kokille gezogen und in einem Glühofen sogleich auf Schmiedehitze gebracht. Das warme Schmiedestück wird sorgfältig ausgeglüht und, falls es im vorgedrehten Zustande vergütet werden soll, sehr langsam abgekühlt. Sonst kommen die Stücke nach dem Glühen unmittelbar in das Härtebad (Öl). Verwickelte Körper, aber auch größere, glattgeformte, läßt man im Ölbad nicht vollständig erkalten, vielmehr werden sie bereits bei rd. 300 °C gezogen und in einem Ofen angelassen. Beim Anlassen werden die durch die Ölhärtung bedingten Eigenspannungen weitgehend herabgesetzt, da die Streckgrenze des Werkstoffes bei den meistens in Frage kommenden Anlaßtemperaturen von 550 bis 650 °C beträchtlich erniedrigt wird. Das angelassene Stück wird daher sehr langsam abgekühlt, damit keine neuen Eigenspannungen auftreten.

[7]) Von kurz oberhalb A_3 in flüssigem Blei abgeschreckt.

Zahlentafel 4
Legierte Konstruktionsstähle

Chemische Zusammensetzung					Festigkeitseigenschaften				Magnetische Induktion bei		
C vH	Ni vH	Cr vH	Mn vH	Si vH	Streckgrenze kg/mm²	Festigkeit kg/mm²	Dehnung $l = 5{,}65 \sqrt{F}$ vH	Kerbzähigkeit mkg/cm²	25 AW/cm	50 AW/cm	100 AW/cm
0,3 bis 0,4	1 bis 1½	bis 0,3	bis 0,6	0,2 bis 0,35	35 bis 40	60 bis 70	22 bis 20	8 bis 16			
0,3 „ 0,4	2 „ 3	„ 0,5	„ 0,6	„	35 „ 45	60 „ 70	22 „ 20	~ 10			
0,25 „ 0,35	3½ „ 4½	„ 0,5	„ 0,6	„	40 „ 50	60 „ 75	22 „ 18	12 bis 8	14 000	16 000	17 000
0,3 „ 0,35	2	1	„ 0,5	„	45 „ 50	60 „ 75	22 „ 20	über 10			
0,3 „ 0,35	3	1	„ 0,5	„	50 „ 55	65 „ 75	20 „ 18	„			
bis 0,5	2 bis 3	1½	„ 0,4	„	60 „ 80	75 „ 100	17 „ 13	„	kein guter magn. Leiter		
0,2 bis 0,7	7,5 „ 15	0 bis 4	9 bis 5	bis 0,5	30 „ 70	70 „ 100	40 „ 18	20 bis 8	unmagnetisierbar		

Chromnickelstähle mit mehr als etwa 0,5 vH Cr erweisen sich vielfach anlaßspröde, d. h. falls sie den Temperaturbereich von 550 bis 450 °C beim Abkühlen langsam durchlaufen, tritt unter Umständen eine Kaltbrüchigkeit auf (Kerbsprödigkeit). Dies wird jedoch verhütet, falls man sie nach dem Anlassen nicht langsam abkühlt, sondern zum zweitenmal in Öl abschreckt. Den in größeren Stücken hierbei möglicherweise wiederholt entstandenen Eigenspannungen wird durch ein Freiglühen bei rd. 450 °C (nicht darüber hinaus) mit darauffolgendem langsamem Abkühlen entgegengetreten. Der Ausbildung hoher Eigenspannungen beugt man durch Querschnittsunterteilung (Vermehrung der freien Oberflächen, und zwar durch Schaffung solcher auch im Innern der Werkstücke) am besten vor. Diese Maßnahme in Verbindung mit dem Freiglühen von Spannungen ermöglicht einwandfrei, das Gefahrengebiet der Eigenspannungen praktisch restlos zu beherrschen.

Neuerdings schaltet man übrigens die Möglichkeit der Anlaßsprödigkeit durch einen Zusatz von Molybdän (0,3 bis 0,4 vH) oder Wolfram (0,7 bis 1 vH) von vornherein aus, so daß die Stücke von der Anlaßtemperatur langsam abgekühlt werden können, ohne der Kerbsprödigkeit zu verfallen. Dieses Vorgehen hat sich bereits bei Kurbelwellen von Verbrennungsmotoren in jeder Beziehung als brauchbar erwiesen.

Die scheinbar geringfügigsten Umstände müssen bei der Herstellung höher legierter Schmiedestücke sorgfältig beachtet werden. Gleichmäßige Temperaturen im ganzen Ofen, Innehaltung zulässiger Erwärmungsgeschwindigkeiten (zu hohe können den Kern großer Stücke leicht sprengen), genaue Vergütungstemperaturen und noch verschiedene andre Erfordernisse sind die Voraussetzung auch bei Verarbeitung bestgeeigneter Güsse für die Erreichung möglicher und gewährleisteter Eigenschaften. Gelingt die Wärmebehandlung nicht, dann müssen die Stücke nachbehandelt, d. h. wiederholt vergütet werden. Für große legierte Körper bedeutet aber eine solche Vielhärteprobe eine ernste Gefahr.

Falls die gute Magnetisierbarkeit ohne Bedeutung ist, können auch die ersten fünf Gruppen, Zahlentafel 4, bei geeigneten Körperabmessungen reichlich härter als angegeben vergütet werden. Die Stähle der vorletzten Gruppe, Zahlentafel 4, werden durchweg im hochvergüteten Zustande verwendet, freilich nicht für Konstruktionsteile, die eine gute magnetische Leitfähigkeit aufweisen müssen. Die letzte Stahlsorte, Zahlentafel 4, wird durch Abschrecken (Härten) in dem unmagnetisierbaren austenitischen Zustand bei Zimmertemperatur gefestigt, der jedoch, bei Anlaßtemperaturen von 400 bis 500 °C an, schrittweise in den martensitischen übergeht, wodurch der Stahl nicht nur magnetisierbar, sondern auch spröde wird. Dieselbe Wirkung ruft beträchtliche Kaltbearbeitung hervor. Diese Stähle werden deshalb nur bei Temperaturen unter 400 °C spannungsfrei geglüht.

Die Streckgrenze der Stähle beträgt jedoch nach dieser Behandlung in den bestgeeigneten Legierungen (Kohlenstoff zum Teil durch Chrom ersetzt) nur rd. 45 kg/mm². Für höhere Anforderungen müssen die Stähle bei entsprechender Vorsicht durch Kaltverformung zusätzlich gehärtet werden. So gelingt es, die Streckgrenze vergüteter und kaltgeschmiedeter Ringe bei noch reichlicher Zähigkeit bis über 70, die Festigkeit bis 100 kg/mm² zu erhöhen, ohne daß der Stahl magnetisierbar wird. Aus Legierungen, die in bezug auf die Beständigkeit ihrer Unmagnetisierbarkeit am günstigsten zusammengesetzt sind, lassen sich sogar Drähte mit 120 bis 150 kg/mm² Festigkeit kaltziehen. Ein Glühen (am besten Tempern zu nennen, da das Glühen bei so niedrigen Temperaturen vorgenommen wird, daß im wesentlichen nur übermäßige Eigenspannungen herabgesetzt werden) vollendet in allen Fällen die Fertigung. Die Stähle sind recht schwer zu bearbeiten; drehen und bohren kann man nur bei kleinen Schnittgeschwindigkeiten, wodurch sie auch teurer werden.

Maschinenteile, die magnetische Wechselflüsse zu leiten haben, werden aus D y n a m o - und T r a n s f o r m a t o r b l e c h e n angefertigt, um die Erwärmung der Maschinen zugunsten ihrer Leistungsfähigkeit zu beeinflussen und um den Wirkungsgrad zu verbessern. Volle Siliziumstähle kann man nicht verwenden, da die Wirbelstromverluste, als ein Teil der (gesamten Ummagnetisierungs-) Eisenverluste, proportional der elektrischen Leitfähigkeit des Stahles, dem Quadrat der Induktion, der sekundlichen Periodenzahl und proportional dem Querschnitt anwachsen. Daher werden diese Maschinenteile aus Paketen dünner Bleche gebildet, die an einer Seite mit dünnem Papier zur Isolation beklebt oder lackiert werden. Durch Siliziumzusatz bei Stahl wird, wie gesagt, die elektrische Leitfähigkeit (folglich der Wirbelstromverlust) herabgesetzt und die Remanenz und Koerzitivkraft, also der Flächeninhalt der Hysteresisschleife bei gegebenen Höchstinduktionen (= Hysteresisverlust) vermindert.

Zum allgemeinen technischen und wirtschaftlichen Vorteil wurden die Dynamobleche kürzlich genormt (DIN/VDE 6400). Die Legierungsarten wurden in dem Normblatt auf vier beschränkt, normale Dynamobleche, schwach, mittelstark und hochlegierte Bleche, die letzten gewöhnlich Transformatorbleche genannt.

Der chemische Aufbau der Rohblöcke ist in Zahlentafel 5 zusammengestellt.

Die Zahlenwerte sind keineswegs als starre Grenzen zu betrachten. Je niedriger ein Stahlwerk seine Legierungen an C, Mn, P, S, ferner an schädlichen Sauerstoffverbindungen und dergl. erschmelzen kann, ein um so geringerer Siliziumzusatz reicht für die Einhaltung einer gewissen Verlusthöhe aus. Den Vorzug verdient bei einund derselben Verlustzahl im allgemeinen jene Legierung, die die wenigsten Zusätze, und zwar auch an Si, enthält, da die Magnetisierbarkeit hierdurch gefördert wird.

Die Herstellung der Stähle erfordert, von der Güte I abgesehen, eine sehr sorgfältige Überwachung. Die Bleche der Güte I bis III werden im Siemens-Martin-Ofen erschmolzen. Das Ferrosilizium wird in der Pfanne zugegeben. Sowohl bei Güte II wie auch bei Güte III wird besonders darauf geachtet, daß der Stahl aus der Schlacke nicht wieder Phosphor aufnimmt. Vielfach läßt man den Stahl aus dem Bodenloch der Abstichpfanne in eine zweite Pfanne fließen, auf deren Boden man vorher Ferrosilizium eingebracht hat, damit die Schlacke von dem silizierten Stahl scharf getrennt wird. Hierbei wird der Stahl gut durchgemischt, nicht unerwünscht vorgekühlt, nachher aber um die Reaktionswärme des Ferrosiliziumzusatzes bereichert.

Den Stahl für die hochlegierten Bleche, Güte IV, stellt man im Elektroofen her, und zwar, um die chemische Zusammensetzung bestens beherrschen zu können, aus durchweg festem Schroteinsatz. Man siliziert den Stahl wie bei der Güte II und III. Als zweite Pfanne wird teilweise der Elektroofen selbst benutzt. Die Reaktionswärme ist derart mächtig, daß man den bereits silizierten Stahl vor dem Vergießen, unter einer guten Kalkdecke, etwas abkühlen lassen muß.

Die Blöcke[8]) werden mit verschiedenen Zwischenglühungen bei Temperaturen von 1100 bis 750 °C ausgewalzt. Niedrigere Walztemperaturen machen sich auch nach der Fertigglühung ungünstig (Verlustziffer) bemerkbar, da die Ausbildung einer gleichmäßigen groben Körnung des Gefüges (Ferrit, in Lösung Silizium enthaltend) zum Teil vereitelt wird. Die beste Glühtemperatur ist 800 ° C. Die Bleche werden, in Kisten verpackt, geglüht. Beim Glühen, aber auch während des Walzens, wird der Kohlenstoffgehalt laufend abgebaut (bis 75 vH), d. h. mit Hilfe von Sauerstoff ver- und entgast. Der Rest verbleibt an den Korngrenzen als elementarer Graphit. Die Zwischenglühungen setzen auf diese Weise zugleich auch den schädlichen Sauerstoffgehalt weitestgehend herunter.

Mit steigendem Si-Gehalt, besonders von etwa 2,2 vH an, werden die Bleche bei Zimmertemperatur außerordentlich spröde, so daß man ihnen nur sehr geringe Festigkeitsbeanspruchungen zumuten darf. Eine geringe Erwärmung, zwischen 50 und 300 °C, macht den Werkstoff merklich weicher und plastischer, was für die Bearbeitung wertvoll ist.

[8]) E i c h e n b e r g und O e r t e l, Werkstoffausschuß-Bericht Nr. 87. Verlag Stahleisen m. b. H., Düsseldorf.

Zahlentafel 5
Zusammensetzung der Rohblöcke

Blechart	Chemische Analyse				
	C vH	Mn vH	Si vH	P vH	S vH
				höchstens	
I normale Dynamobleche	bis 0,1	0,1 bis 0,35	0,5 bis 0,7	0,04	0,04
II schwach legierte Bleche	„ „	0,2 „ 0,35	1,2 „ 1,4	„	„
III mittelstark legierte Bleche	„ „	0,2 „ 0,3	2,2 „ 2,6	„	„
IV hochlegierte Bleche	„ 0,08	0,1 „ 0,2	3,8 „ 4,2	0,025	0,025

Schließlich sei mit Nachdruck erwähnt, daß die magnetischen Eigenschaften durch Kaltbearbeitung sehr ungünstig beeinflußt werden. Der Werkstoff ist außergewöhnlich empfindlich, stumpfe Stanzwerkzeuge oder sogar das Richten durch Kalthämmern sind nach Möglichkeit zu vermeiden.

Die magnetische Härte ist die Grundbedingung bei Dauermagnetstählen. Die billigste Art ist der Kohlenstoffmagnetstahl mit 0,8 bis 1,2 vH C und 0,3 bis 0,8 vH Mn. Etwa um 25 vH verbessert den Stahl ein Chromzusatz von 1,5 bis 3 vH. Eine weitere Gütesteigerung bringt eine Wolframlegierung mit 5 bis 6 vH W, rd. 0,65 vH C, bis 1 vH Cr, 0,2 bis 0,5 vH Mn.

Der beste, von Prof. Honda angegebene KS-Stahl mit 30 bis 40 vH Co, 5 bis 9 vH W, 1,5 bis 3 vH Cr, 0 bis 4,5 vH Mo, ist außerordentlich teuer. Man begnügt sich da fast durchweg auch für sehr hohe Ansprüche mit mäßiger legierten Kobaltstählen, mit je rd. 5, 10 oder 15 vH Co und einigem Cr- und auch Mo-Gehalt. Die Stähle werden in gehärtetem und kaum angelassenem Zustand (100 bis 130 °C) verwendet. Auf ihre mit steigenden Legierungszusätzen erhöhte Empfindlichkeit und die Umständlichkeit der plastischen, thermischen und magnetischen Fertigstellung möge nur kurz hingewiesen werden.

Stahl- und Eisenteile elektrischer Maschinen

Die technische und wirtschaftliche Einstellung der Elektromaschinenfabriken weist vielfach große Unterschiede auf, die nicht zuletzt in der Auswahl ihrer Werkstoffe als Folge der Konstruktion zum Ausdruck kommen. Auf viele Einzelheiten kann im folgenden kurzen Überblick nicht Rücksicht genommen werden. Aus diesem Grunde mögen die nachstehenden Ausführungen, ohne dies wiederholt zu betonen, als eine Schilderung des Üblichen und Wichtigsten betrachtet werden.

Für Grundplatten, Lagerböcke und Gehäuse wird, von wenigen Ausnahmefällen abgesehen, gewöhnlicher Maschinenguß verwendet. Abweichungen bedingt der Sparzwang an Gewicht oder Raum, oder die Wirtschaftlichkeit. Besondere Beachtung erfordern Fälle, in denen Gußeisen als magnetischer Leiter dient, wie z. B. im Gehäuse von Gleichstrommaschinen, als Joch die Gleichstrompole verbindend. Die aus baulichen Gründen erforderlichen Eisenmassen bieten öfters Querschnitte, die sogar in gewöhnlichem Maschinenguß magnetisch genügen, andernfalls bedient man sich des Maschinengusses mit besonderen magnetischen Eigenschaften. Manchmal muß aber auch diese hochwertige Gußart dem Stahlguß den Vortritt lassen, dessen Verwendung sowohl festigkeitstechnisch wie magnetisch eine Verminderung der Querschnitte um rd. 50 vH zuläßt. Bekannte Abarten sind manche Einbaumotoren und dergl., aber auch die Gehäuse von Transformatoren aus hochgewelltem Blech, wo außer der Gewichtsverminderung die gute Wärmeabgabe schwer ins Gewicht fällt.

Der Ständeraufbau elektrischer Maschinen hängt von der Art der magnetischen Ströme ab. Für magnetische Gleichflüsse kommen volle Polkörper aus Stahlguß oder mit geblätterten Polschuhen (Dynamoblech I) in Betracht. Magnetische Wechselflüsse machen die Verwendung eines aus Dynamoblechen geschichteten Stahlzylinders erforderlich, und zwar für normale Drehstrommotoren und -erzeuger, ferner für Einankerumformer aus Dynamoblech I, für kleinere Turbodynamos und gegebenenfalls für Mantelmotoren aus schwachlegierten (Güte II), für größere Turbodynamos und geschlossene Motoren aus mittellegierten Blechen (Güte III). Aus mannigfaltigen Gründen wählt man jedoch im Bedarfsfalle bessere Bleche, so für Mantelmotoren Dynamobleche III, für Drehstromerzeuger schwach und mittellegierte Bleche. Eine Sonderbehandlung erfordern vor allem Hochfrequenzmaschinen (500 bis 1000 Per./s) in allen ihren Teilen. Die dünnere Sorte hochlegierter Dynamobleche ist für diese nur eben gut genug.

Für die Preßplatten der Blechschichtung ist Gußeisen in manchen Fällen sehr gut geeignet (schlechte elektrische und magnetische Leitfähigkeit), jedoch festigkeitstechnisch nicht immer hinlänglich, z. B. für große Dynamos, für die Stahlguß herangezogen werden muß. Ein unmagnetisierbares Gußeisen dürfte für diese Zwecke erhöhte Vorteile gewährleisten, man hätte von Fall zu Fall seine Preiswürdigkeit zu untersuchen. Unmagnetisierbarer Stahlguß ist kaum verwendbar, da die einigermaßen bearbeitbaren Sorten, also keine reinen Manganlegierungen, unerschwinglich teuer sind.

Ein außerordentlich beachtenswertes Gebiet ist für diese Betrachtungen der Läuferaufbau, dessen Anforderungen an die Stahlwerke manchmal Spitzenaufgaben darstellen. Gewöhnlich verursachen die geringsten Schwierigkeiten solche Maschinengattungen, in denen der Läufer magnetischen Wechselflüssen ausgesetzt ist. Um Mißverständnisse zu vermeiden, sei gesagt, daß dies keine unmittelbare Folge der Art des magnetischen Flusses, vielmehr das Ergebnis der hierfür üblichen konstruktiven Lösungen ist. Von Wirbelstrombremsen abgesehen, erfordert der magnetische Wechselfluß einen lamellierten Aufbau. Die Blechgüte ist nicht nur dem zulässigen Leistungsverlust, sondern öfters in erster Linie den Festigkeitsanforderungen der Konstruktion anzupassen. Für die Läufer von Drehstrommotoren und -erzeugern gelten jeweils dieselben Gesichtspunkte wie für ihre Ständer. In Gleichstrommaschinen und Einankerumformern verwendet man gewöhnlich für den Läufer schwach- oder mittellegierte Dynamobleche, wogegen für die Ständer derselben Maschinen das normale Dynamoblech I meistens genügt. Was die zulässigen Festigkeitsbeanspruchungen der Dynamobleche betrifft, sind die mittellegierten Bleche noch bis rd. 40 m/s Umfangsgeschwindigkeit verwendbar, die Festigkeitseigenschaften hochlegierter Bleche sind im allgemeinen sehr wenig verläßlich.

Der Zylinder aus geschichtetem Blech wird bei kleineren Läuferdurchmessern unmittelbar auf eine ziemlich schlanke Tragwelle aufgeschoben. Bei größeren Abmessungen trägt die Welle einen sogenannten Läuferstern, je nach Umfangsgeschwindigkeit und Zusatzbelastung, aus Gußeisen oder Stahlguß, auf den die zylindrischen Blechpakete zu sitzen kommen. Bei kleineren und mittleren Abmessungen können die Läuferbleche als geschlossene Ringe gestanzt werden, von einem gewissen Durchmesser ab jedoch nur als Ringausschnitte. Hierbei kann der Blechkörper bei geeigneter axialer Verbolzung noch öfters sein Eigengewicht tragen, wobei die Umfangssicherung am Läuferstern ihn meistens doch mehr oder minder entlastet. Vielfach ist es aber auch notwendig, die Fliehkräfte des Blechringkörpers teilweise oder sogar gänzlich auf besondere seitlich angeordnete volle Stahlringe oder auf den Läuferstern zu übertragen.

Die Wellen selbst werden öfters großen Wechselbeanspruchungen ausgesetzt. Da sie keinen Magnetfluß zu übertragen haben, ist man bei der Wahl des Werkstoffes weniger beschränkt. Ihr Werkstoff ist z. B. für Bahnmotoren ein hochvergüteter Chromnickelstahl entsprechend der vor-

letzten Sorte, Zahlentafel 4, der dem Stahl hochbeanspruchter Fahrzeugkurbelwellen gleichkommt. In günstigen Fällen wird natürlich die Güte des Werkstoffes bis auf die gewöhnlicher gezogener Rundstähle heruntergesetzt.

Für Läufer mit Gleichstromwicklung brauchen die magnetischen Leiterquerschnitte höchstens zum Teil geblättert zu sein. Dies hängt mit den elektrischen und konstruktiven Eigenheiten der Maschine zusammen. Im Falle ausgeprägter Pole werden diese selbst meistens aus Stahlguß, bei größten Belastungen aus Schmiedestücken angefertigt und, falls nötig und möglich, mit geblätterten Polschuhen aus Dynamoblech versehen. Die Pole werden bei geringer Polzahl (4 bis 6) unmittelbar auf der geschmiedeten Welle, bei größerer Polzahl auf Zwischenträgern befestigt. Für größte Umfangsgeschwindigkeiten bestehen die Zwischenträger aus Stahlscheiben (Kohlenstoffstähle, höchstens niedriglegierte, vergütet), die auf der Welle sitzen, unter Umständen sogar als ungebohrte Vollscheiben mit Flanschwellen durch axiale Bolzen verschraubt sind. Bei niedriger Umfangsgeschwindigkeit und geeignetem größeren Durchmesser ist der Umlaufkörper auch dreifach gegliedert: Welle, daraufsitzend ein Gußkörper, auf den geschmiedete Tragringe aufgeschrumpft sind, die allein die gesamten Polfliehkräfte übernehmen.

Einfacher im Aufbau sind gegossene Polträger, zumeist in Schwungradform, als Bindeglied zwischen Welle und Polen. Gußeisen wird bis rd. 30, Stahlguß bis rd. 40 m/s für diesen Zweck verwendet. In diesen Fällen sind freilich bereits im Hinblick auf das Schwungmoment durchweg genügende Eisenmassen vorhanden, so daß die geringere magnetische Leitfähigkeit des Gußeisens keine Schwierigkeit bedeutet. Äußerste festigkeitstechnische Anforderungen werden an Läufer bei Wasserturbinenantrieb gestellt, die gegebenenfalls durch Abkehr von der sonst billigeren Konstruktion mit ausgeprägten Polen bewältigt werden.

Die in bezug auf Tragfähigkeit höchste Entwicklungsstufe von Läufern mit Gleichstromwicklung stellt die Unterbringung der Wicklungsbündel in vollen zylindrischen Stahlkörpern dar (Trommelläufer). Man kann hierdurch Umfangsgeschwindigkeiten von 150 m/s bewältigen. Je nach Umlauf- und Polzahl, ferner Größe des Durchmessers, ergeben sich bei der Betriebsdrehzahl Beanspruchungen von 5 bis 20 kg/mm² in diesen Konstruktionen. Die maßgebenden Spannungen sind zur Wellenachse tangential und radial gerichtet, welchem Umstand Ausführungen, wie auf eine schlanke Welle aufgeschrumpfte Stahlplatten oder über Dorn geschmiedete Hohlzylinder mit angeschraubten Flanschwellen gut gerecht werden, da ihre tangentiale Schmiedefaser die günstigste Richtung des Festigkeits- und Zähigkeitshöchstwertes gewährleistet. Außerdem kann man die Vergütungsquerschnitte ziemlich klein halten.

So genügen auch für die höchstbeanspruchten Maschineneinheiten dieser Art mäßig legierte Stähle etwa mit 2 bis 3 vH Ni und bis 0,5 vH Cr. Für die Mittelwelle oder die Flanschwellen verwendet man höchstens einen Werkstoff mit geringstem Nickelzusatz. Diese Ausführungsarten sind allerdings nur für 4- bis 6polige, entsprechend 1500 und 1000 Uml./min bei 50 Per./s, mittels Dampfturbine angetriebene Läufer verwendbar und üblich. Auf diese Weise erbaut man jedoch in Ausnahmefällen auch höchstbeanspruchte Läufer für Wasserturbinenantrieb. Nach Möglichkeit vermeidet man es, da diese Konstruktion, wenn auch festigkeitstechnisch vorzüglich, doch sehr teuer ist.

Ähnlichen Aufbau weisen manchmal auch zweipolige Läufer für Dampfturbinenantrieb bei 3000 Uml./min für 50 Per./s (schlechtweg Turboläufer genannt) auf, freilich für kleinste Leistungen. Der Ballen wird auf einer schlanken Welle aus Dynamoblech I geschichtet. Größere Leistungen dieser Gattung erfordern derartige radiale Ringstärken zur Aufnahme der eigenen und der Wicklungsfliehkraft, daß weder das Überdornschmieden noch die Plattenkonstruktion mit durchgehender Welle möglich ist. Die zum vollen Läuferkörper erweiterte Welle ist daher die kennzeichnende Ausführungsart für Stromerzeuger bei 3000 Uml./min.

Es ändert im wesentlichen garnichts, ob die Wicklung unmittelbar in die massive Welle eingebettet (Massivläufer) oder darauf ringsherum durch Zwischenglieder, zumeist lamellierte, sogenannte Wicklungsträger eingehängt ist (paketierter Läufer). Die volle längsgeschmiedete Läuferwelle hat in beiden Fällen den maßgebenden tangentialen und radialen Beanspruchungen standzuhalten.

Mit wachsendem Durchmesser und steigender Umfangsgeschwindigkeit werden solche Wellen aus Kohlenstoffstählen mit 22 bis 30 kg/mm² Streckgrenze bis zu den beinahe höchstlegierten Stählen mit 50 bis 55 kg/mm² Streckgrenze hergestellt. Vorgedrehte Wellen für 0,9 bis 1 m Ballen-Dmr. und rd. 3 m Ballenlänge, mit angeschmiedeten Zapfen wiegen rd. 20 t. Solche Wellen werden aus einem Block, der das Drei- bis Vierfache des bearbeiteten Stückes wiegt, hergestellt, da ein zwei- bis dreimaliges Verschmieden entsprechende Blockquerschnitte, und die Sicherheit gegen Lunkerreste im Stück reichliche Blockhöhe bedingt.

Das Stahlwerk wendet die denkbar größte Sorgfalt beim Gießen, Schmieden und Vergüten solcher Stücke an. Nicht minder gewissenhaft prüft der Elektromaschinenbau die Wellen. Obzwar die mit einem mittleren Bohrloch versehenen Wellen in gewissem Maß auch von innen vergütet werden, soll man sich doch von vornherein klar sein, daß die Festigkeitseigenschaften des Balleninneren nicht so gut sein können wie die in Zahlentafel 4 genannten, die etwa in Längsrichtung für die Wellenenden dieser Läufer gültig sind. Falls man in radialen oder tangentialen Proben aus inneren Querschnitten eine um rd. 10 bis 15 vH geringere Streckgrenze, eine um 25 bis 30 vH geringere Dehnung, eine um nicht mehr als 40 vH geringere Kerbzähigkeit als in Längsproben von Außenschichten des Körpers beobachtet, liegt ein sehr gut gelungenes und außerordentlich verläßliches Stück vor. Die Wicklungsträger paketierter Läufer sind meistens aus gestanzten Stahldynamoblechen axial aneinandergereiht und zusammengenietet. Gegebenenfalls werden sie trotz beträchtlicher Preiserhöhung mit Vorteil aus legierten Stählen im Gesenk geschlagen, vergütet und auf Form gefräst, freilich nur aus Stählen mit befriedigender Magnetisierbarkeit.

Ein besonderes Kapitel bildet das Auffangen umlaufender Wicklungsköpfe in Trommelläufern, wozu außer den zuletzt behandelten auch die der Läufer aller Motoren, Gleichstrommaschinen und Einankerumformer zu rechnen sind. Hart gezogene Stahldrähte werden meistens verwendet, auch die unmagnetisierbaren Sorten in Sonderfällen, wo unerwünschte magnetische Nebenschlüsse zu vermeiden sind oder sonstige elektromagnetische Gründe vorliegen. Anstatt Drahtbänder legt man meistens dünnere massive Hohlzylinder aus Stahl um die Wickelköpfe von Turboläufern. Damit man magnetische Verluste vermeidet, erhalten normale Stahlzylinder an der Anschlußstelle am Ballenende unmagnetisierbare Einsatzringe. Öfters wird aber die ganze Kappe aus unmagnetisierbarem Stahl angefertigt, um noch weitere Vorteile zu erreichen. Entsprechend dem große Bereich üblicher Läuferdurchmesser und Kappenbeanspruchungen von den geringsten bis über 25 kg/mm² bei Betriebsumlaufzahlen verwendet man magnetische Stähle von 28 bis 80 kg/mm² Streckgrenze und unmagnetisierbare von 30 bis 70 kg/mm².

Ähnlichen Beanspruchungen wie die Wicklungskappen wird die am Läufer angebaute Lüfterkonstruktion ausgesetzt. Bei kleinen Umfangsgeschwindigkeiten nietet man an einem Lüfterring eine Anzahl rechtwinklig umgebogener Blechstücke an, bei größeren werden U-förmig gebogene Bleche an zwei parallele Ringe angehängt. Die Blechschaufeln werden nur durch ihre eigene, die Lüfterringe neben ihrer eigenen auch durch jene, als Zusatzlast wirkende Zentrifugalkraft der Schaufeln beansprucht. Die Ringe müssen aus Konstruktionsgründen meistens mit möglichst geringem Querschnitt ausgeführt werden, man versucht daher, ihre Zusatzlast durch Verwendung dünner Schaufelbleche in mäßigen Grenzen zu halten. Diese Schaufeln, von der einfachen, rechtwinklig (kalt) gebogenen Ausführung aus handelsüblichem Blech angefangen, erfordern bei größter Umfangsgeschwindigkeit die

Anfertigung aus bestem harten Stahlblech, das, räumlich gekrümmt in dem die Ringe überbrückenden Abschnitt, warm im Gesenk geschlagen und vergütet wird.

Die Beanspruchung der Lüfterringe wächst gleich jener der Schaufeln; man stellt sie aus einfachen Kohlenstoffstählen bis zu solchen aus legierten Stählen von 50 bis 60 kg/mm² Streckgrenze her. Da diese Bauelemente magnetisch nicht beansprucht werden, sind hohe Vergütungsgrade zulässig, so daß man den höchsten Anforderungen mit einer Legierung von rd. 2 vH Ni und 1 vH Cr reichlich genügen kann. Was über den Vergütungsgrad ausgeführt, gilt auch für die Wicklungskappen aus magnetisierbaren Stählen, die allerdings vielfach eine Legierung mit 2 bis 3 vH Ni und 1,5 vH Cr erfordern.

Eine nicht nur konstruktiv beachtenswerte, sondern auch im Hinblick auf ihren Stahlverbrauch nennenswerte Rolle spielen raschlaufende, hochbeanspruchte Schwungräder, die bei elektrischen Antrieben mit kurzzeitigen, außerordentlich hohen Lastspitzen als Energiespeicher dienen. Die Ilgner-Räder werden zumeist in Form ungebohrter Scheiben gleicher Festigkeit aus Stahl gegossen, an die beiderseits Flanschwellen angeschraubt werden. Als Werkstoff ist Stg. 45.81 üblich. Bei 140 m/s Umfangsgeschwindigkeit und rd. 4,4 m Dmr. wiegen sie bis zu 70 t. Die Beherrschung des Gießvorganges und eine wirkungsvolle Wärmebehandlung so großer Stücke ist für den Stahlwerker keine leichte Aufgabe.

Abgesehen von den Schutzkasten und Ölbehältern und einigen gleich untergeordneten Bestandteilen bestehen die Eisenmassen von Transformatoren aus geschichteten Dynamoblechen. Wird in einem Kraftwerk eine nicht mehr belastete Maschine stillgesetzt, so verbraucht sie im unbelasteten Zustand keine Energie. Die meisten Transformatoren hängen aber, ob belastet oder unbelastet, dauernd am Netz. Um die Unkosten ihrer Leerlaufverluste zu vermindern, erwies sich die Verwendung hochlegierter Dynamobleche mit 0,35 mm Dicke als durchaus geboten, obzwar deren Preis um rd. 40 vH höher liegt als jener mäßiger legierter Sorten. Für Transformatoren, die nur bei Belastung eingeschaltet werden, entfällt dieser Gesichtspunkt. Bahntransformatoren, die außerdem meist bei niedrigerer Frequenz als 50 Per./s arbeiten, stellt man häufig sogar aus normalen Dynamoblechen her. Ebenso steht nichts im Wege, die Blechgüte von Anlaß-, Schweiß- und Ofentransformatoren herabzusetzen. Ihre Ausführung erfolgt auch, wenn möglich, in dem billigen Dynamoblech I.

Nach den ersten Entwicklungsstufen verschwanden die Dauermagnete aus dem Elektromaschinenbau, um vor kurzem wieder eine gewichtige Bedeutung für einen Sonderbedarf der Kraftfahrzeugindustrie zu erlangen. Für Lichtmaschinen, Anlassermotoren und Zündmagnete verwendet man Dauermagnete fast durchweg aus den einschlägigen Chrom- oder Wolframstählen. Kobaltstähle werden zu diesen Zwecken selten, häufig aber für Meßinstrumente und physikalische Geräte gebraucht.

Sonderlegierungen in elektrischen Geräten

Als Widerstandmetalle sind Eisenlegierungen vorherrschend. Bereits bei mittleren Zusätzen an Ni, Mn und Cr, vielfach genau in der gleichen Zusammensetzung wie die der im Elektromaschinenbau üblichen unmagnetisierbaren Stähle, erhält der Stahl vorzügliche Eigenschaften nicht nur im Hinblick auf einen hohen Leitwiderstand, sondern infolge seiner hohen Hitzebeständigkeit.

Wie in einem früheren Abschnitt erwähnt, weist nach unseren heutigen Kenntnissen die höchste magnetische Sättigung eine Eisenkobaltlegierung, Fe_2Co, mit 34,6 vH Co auf, die z. B. als Werkstoff für Polspitzen starker Elektromagnete vorzügliche Dienste leistet, falls man größtmögliche Kraftliniendichte verlangt[9]).

Besonders große Anfangspermeabilität ist Nickeleisenlegierungen eigen:

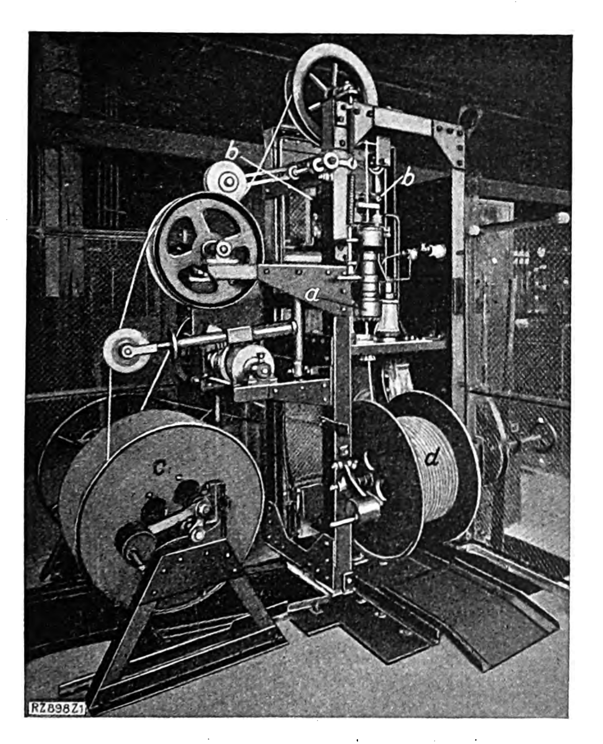
Permalloy 78,5 vH Ni, Rest Fe
Mumetall 74 „ „, 20 vH Fe, 1 vH Mn, 5 vH Co

Mit ihnen umspinnt man die sogenannten Krarupkabel, in denen die kapazitive Phasenverschiebung der Fernsprechströme wirksam ausgeglichen wird. Ferner eignen sich diese Legierungen bestens für Eisenkerne verschiedener Sondertransformatoren[9]).

Schließlich wäre der Nickelstahl mit 30 vH Ni zu erwähnen, der als Werkstoff für den magnetischen Nebenschluß gewisser Dauermagnete, z. B. in Elektrizitätszählern und Drehspul-Meßgeräten, um die sonstigen Temperatureinflüsse auf den Hauptfluß auszugleichen, ein dankbares Absatzgebiet fand. [B 789]

[9]) Freese, Handbuch der drahtl. Telegraphie.

Trockenprüfmaschine für isolierte elektrische Leitungen



Trockenprüfmaschine für isolierte Leitungen
a Metalltrichter mit Stahlkugeln *b* Farbspritze
c Aufwickelvorrichtung *d* Ablaufvorrichtung

Nach den vom Verband Deutscher Elektrotechniker herausgegebenen „Normalien für isolierte Leitungen" ist die Spannungsfestigkeit der Isolation dadurch zu prüfen, daß die Leitungen nach 24stündigem Liegen unter Wasser an die Prüfspannung gelegt werden. Dies Prüfverfahren hat verschiedene Nachteile: Es erfordert viel Zeit und Arbeit und gestattet nur die Feststellung der schwächsten Stelle in der Leitung, da nur diese durchgeschlagen wird. Beim Durchschlag tritt an der Fehlerstelle Wasser ein, das auch bei sorgfältiger Trocknung in Luftleere nicht immer vollständig entfernt werden kann.

Bei der Massenherstellung von Gummiaderleitungen erwies sich mit der Zeit dieses Prüfverfahren als sehr umständlich und zeitraubend, so daß man nach einem andern Verfahren zu suchen begann. Die Allgemeine Elektricitäts-gesellschaft hat nun zu diesem Zweck in ihrem Kabelwerk Oberspree eine Trockenprüfmaschine aufgestellt, mit der die Prüfung isolierter Leitungen bei Spannungen bis 16 000 V möglich ist, vergl. Abb. Die Leitungen laufen von der Kabeltrommel durch einen mit Stahlkugeln gefüllten Metalltrichter, der unten durch federnde Metallfinger abgeschlossen ist, die sich gegen die zu prüfende Leitung legen und das Herausfallen der Kugeln verhindern. Der Metalltrichter wird an den einen Pol eines Transformators angeschlossen, der andre Pol ist mit dem Maschinengestell verbunden.

Oberhalb des Metalltrichters befindet sich eine Farbspritze, die an der geprüften Leitung einen Farbenfleck anbringt, sobald die Isolierung an einer Stelle durchgeschlagen ist. Außerdem läuft mit gleicher Geschwindigkeit wie die Prüfleitung ein Papierstreifen, auf dem die Fehler aufgezeichnet werden. Auf diese Weise ist es möglich, die Leitungen in kurzer Zeit fortlaufend zu prüfen und die angezeichneten Fehlerstellen nachträglich zu beseitigen.

[M 898] Parey

Die Nichteisenmetalle in der Elektrotechnik

Von W. Wunder, Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft, Berlin

Die für die Elektrotechnik wichtigsten Nichteisenmetalle und ihre Legierungen werden erläutert; Hauptanwendungsgebiete werden auf Grund ihrer Zusammensetzung und Eigenschaften beschrieben.

Neben Stahl und Eisen werden in der Elektrotechnik mehr als auf andern Gebieten unserer neuzeitlichen Technik Nichteisenmetalle gebraucht. Für den mechanischen Teil der stromerzeugenden und stromverbrauchenden Maschinen verwendet man in großem Umfang Eisen und Stahl und nutzt dabei die magnetischen Eigenschaften dieser beiden Werkstoffe aus; ferner eine Gruppe von Nichteisenmetallen und Legierungen für Lager und sonstige Ausrüstungen der Maschinen. Für die stromführenden Teile verwendet man insbesondere zwei Nichteisenmetalle auf Grund ihrer hohen elektrischen Leitfähigkeit, nämlich Kupfer und Aluminium.

Der Verbrauch dieser beiden Metalle ist im letzten halben Jahrhundert so außerordentlich stark gewachsen, daß dadurch die Gesamtgewinnung und Entwicklung der Nichteisenmetalle und ihrer Legierungen nachhaltig beeinflußt worden ist. An dieser Entwicklung sind außer den elektrischen Maschinen und Apparaten hauptsächlich die elektrischen Fernleitungen über und unter der Erde beteiligt gewesen. Eine Übersicht über die grundlegende Eigenschaft, nämlich die elektrische Leitfähigkeit, der Nichteisenmetalle, gibt die Zahlentafel 1.

Zahlentafel 1

Metall	elektrische Leitfähigkeit $\frac{m}{\Omega\, mm^2}$ bei 20°C
Silber	61,4
Kupfer	58,0
Gold	41,3
Aluminium	34,5
Magnesium	22,0
Wolfram	17
Zink	16,5
Kadmium	13,2
Platin	9,0
Zinn	8,82
Nickel	8,5
Tantal	6,85
Blei	4,8

Aus Zahlentafel 1 ersieht man, daß Silber die höchste Leitfähigkeit hat, allerdings kommt es wegen seines hohen Preises für weitgehenden Gebrauch in der Elektrotechnik nicht in Frage. Kupfer steht dem Silber an Leitfähigkeit wenig nach; Aluminium folgt an vierter Stelle. Sämtliche übrigen Metalle zeigen eine bedeutend geringere Leitfähigkeit und scheiden daher für Leitungszwecke aus.

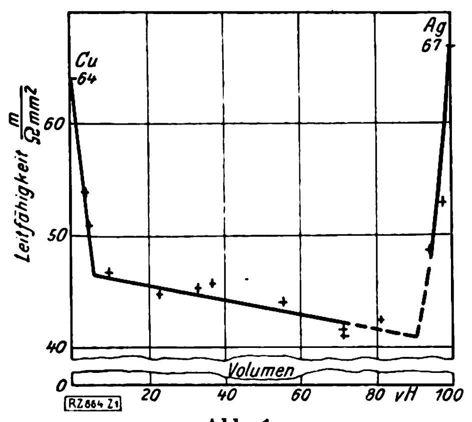


Abb. 1
Abhängigkeit der Leitfähigkeit von der Volumenkonzentration bei Cu—Ag (nach Gürtler, $t = 0$ °C)

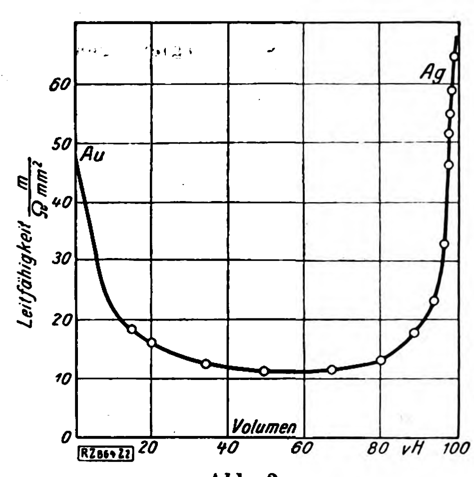


Abb. 2
Abhängigkeit der Leitfähigkeit von der Volumenkonzentration bei Au—Ag (nach Gürtler, $t = 0$ °C)

Während man bei unseren Werkstoffen in der Lage ist, durch Zusätze zu den Grundmetallen, also durch Legieren, Werkstoffe von höheren Festigkeitseigenschaften zu gewinnen, ist eine Verbesserung der Leitfähigkeit auf diesem Wege leider nicht möglich; im Gegenteil wird die Leitfähigkeit des Silbers durch Zusatz des ebenfalls hochleitfähigen Kupfers eigenartigerweise stark beeinträchtigt, Abb. 1. Die Leitfähigkeit beträgt bereits bei einem Zusatz von etwa 5 vH Kupfer 41 m/Ω mm² gegenüber 67 beim reinen Silber. Ebenso sinkt bei Zusatz von einigen vH Silber die Leitfähigkeit des Kupfers von 62 auf etwa 46 m/Ω mm². Schon die in den Grundmetallen vorhandenen Verunreinigungen bewirken eine starke Erniedrigung der Leitfähigkeit. Beim Kupfer genügen einige Zehntel vH von jenen Metallen, die unter Bildung von homogenen Mischkristallen aufgenommen werden, wie z. B. Gold, Abb. 2.

Unter der Bildung homogener Mischkristalle versteht man das vollkommene Lösen zweier Bestandteile ineinander, wie z. B. von Gold und Silber. Sind die beiden Bestandteile im festen Zustand nicht in der soeben beschriebenen Weise gelöst, sondern bilden sie, wie z. B. Zinn und Kadmium, ein heterogenes Gemenge (d. h. beide Metalle liegen getrennt nebeneinander), so ändert sich die elektrische Leitfähigkeit linear in dem Maße, wie die Bestandteile der Menge nach in der Legierung vorhanden sind, Abb. 3. Hieraus ergibt sich die wichtige Tatsache,

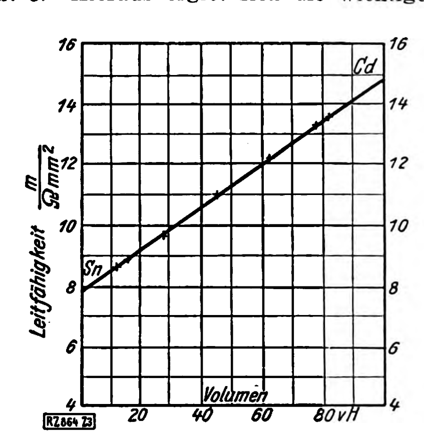


Abb. 3
Abhängigkeit der Leitfähigkeit von der Volumenkonzentration bei Sn—Cd (nach Gürtler)



daß es unmöglich ist, durch Mengen zweier oder mehrerer Bestandteile eine Legierung zu erhalten, die eine höhere Leitfähigkeit hat als die Ausgangsmetalle.

Im folgenden werden die Verwendungsgebiete für die einzelnen Nichteisenmetalle und ihre Legierungen in der Elektrotechnik auf Grund ihrer Leitfähigkeit und ihrer übrigen Eigenschaften näher beschrieben.

Kupfer und seine Legierungen

Kupfer[1]) ist das Metall, das in der Elektrotechnik bei weitem am meisten gebraucht wird. Reines Kupfer verwendet man überall dort, wo es sich darum handelt, die Leitfähigkeit des Metalls möglichst auszunutzen. Für solche Fälle kommt daher nicht Hüttenkupfer, das durch Eisen, Blei, Zinn, Zink, Antimon und Sauerstoff verunreinigt ist, sondern Elektrolytkupfer in Frage, das aus Hütten- oder Altkupfer auf elektrischem Wege besonders rein hergestellt wird.

Der Reingehalt des Elektrolytkupfers beträgt etwa 99,95 vH. Das in der Elektrolyse hergestellte sogenannte Kathodenkupfer muß noch umgeschmolzen werden, da es sich in dieser Form nicht verarbeiten läßt. Dieses umgeschmolzene Elektrolytkupfer enthält stets Sauerstoff in Form von Kupferoxydul, und zwar schwankt der Gehalt in den Grenzen von 0,5 bis 1,2 vH. Das Kupferoxydul ist nicht im Kupfer gelöst, sondern als selbständiger Bestandteil darin vorhanden. Abb. 4 zeigt das Gefügebild eines 0,5 vH Kupferoxydul enthaltenden Kupfers. Auf einer hochglanzpolierten Schlifffläche sind die Kupferoxydulkristalle als blaugraue Einschlüsse im Kupfer sichtbar. Man erkennt die Einschlüsse als dunklere rundliche Gebilde, *a* in Abb. 4. Wichtig ist, daß die Kupferoxydulkristallite möglichst fein und gleichmäßig im Kupfer verteilt sind und nicht als örtlich angereicherte Inseln, da diese sonst eine Kerbwirkung hervorrufen und die Festigkeit ungünstig beeinflussen würden. Die Leitfähigkeit des Kupfers wird durch diese Gehalte an Kupferoxydul nur in geringem Maß beeinflußt.

Für Gußstücke kommt Kupfer wenig in Betracht, da es sich nur unter Anwendung von Desoxydationsmitteln einigermaßen porenfrei gießen läßt. Diese Mittel wie Phosphor, Zinn, Magnesium und andere bleiben teilweise gelöst im Kupfer, sie beeinflussen aber die Leitfähigkeit unter Umständen recht erheblich, Abb. 5. Die Festigkeit des Gusses beträgt etwa 12 kg/mm² bei 2 vH Dehnung und die Leitfähigkeit etwa 48 statt 58 m/Ω mm². Eines der wenigen Verwendungsgebiete für gegossenes Kupfer ist z. B. das der Herstellung von Haltern für elektrische Schweißmaschinen.

Im Gegensatz dazu ist die Verwendung des gewalzten und gezogenen Elektrolytkupfers sehr groß. Durch das Kneten, Walzen, Pressen und Ziehen der Gußbarren werden die Festigkeit und Dehnung erhöht und die beim gegossenen Kupfer so ungünstig wirkende Porosität auf ein Mindestmaß gebracht.

[1]) Z. Bd. 71 (1927) S. 873.

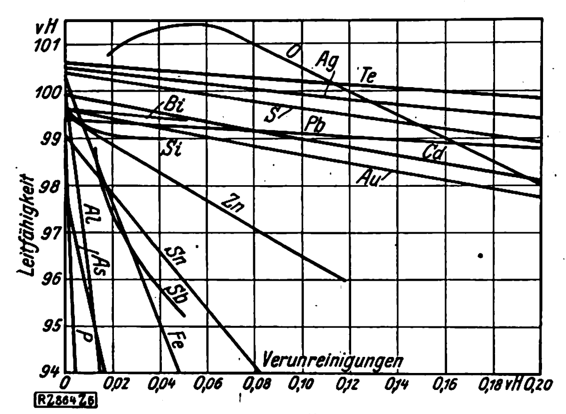


Abb. 5
Einfluß von Verunreinigungen auf die elektrische Leitfähigkeit des Kupfers (nach Addicks, $58 \frac{m}{\Omega\,mm^2} = 100$ vH)

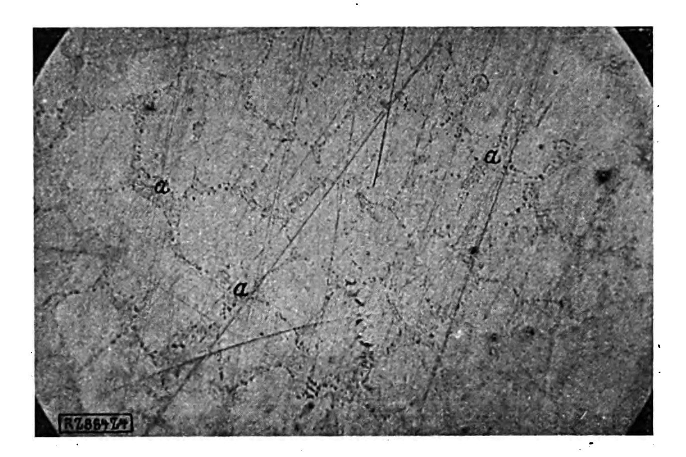


Abb. 4
Kupfer mit 0,5 vH Kupferoxydul
a Kupferoxydulkristalle

Die für die Vorarbeiten erforderlichen Barren und Platten werden durch Umschmelzen des Kathodenkupfers in großen Flammenöfen und Gießen in entsprechende Formen erzeugt, wobei Desoxydationsmittel nicht erforderlich sind. Vor dem Guß wird das flüssige Bad durch das sogenannte Polen, d. h. durch Eintauchen von frischen Holzstämmen, von den beim Niederschmelzen aufgenommenen Gasen und Sauerstoffmengen befreit. Die Barren und Platten werden anfangs bei Temperaturen von etwa 800 °, später durch Kaltwalzen oder Kaltziehen verarbeitet, wobei infolge der Bildsamkeit des Elektrolytkupfers bei Raumtemperatur die Querschnittverminderung bis auf 96 vH, bezogen auf den Ausgangsquerschnitt, getrieben werden kann. Durch diese Kaltbehandlung wird die Festigkeit bis auf 45 kg/mm² erhöht, während die Dehnung auf 1 bis 2 vH fällt. Die Leitfähigkeit sinkt dabei auf etwa 55 m/Ω mm². Durch Glühen des hartgewalzten Kupfers bei 500 ° erhält man weichgeglühtes Kupfer mit 21 bis etwa 26 kg/mm² Festigkeit und einer Dehnung von 40 vH. Die Härte des kaltgewalzten Kupfers steigt nach dem Grade der Kaltbehandlung auf 80 bis 90 kg/mm². Die Härte des weichgeglühten Kupfers beträgt dagegen nur 35 kg/mm².

Elektrolytkupfer eignet sich infolge seiner hohen Leitfähigkeit und der gleichzeitig guten Festigkeit ausgezeichnet für stromführende Teile wie Hoch- und Niederspannungs-Freileitungen, ferner für Fahrdrähte von Straßen- und Schnellbahnen, Kollektorlamellen und dergl. In Form weichgeglühter Flachdrähte wird es für Wicklungen von Dynamos, Motoren und Transformatoren benutzt. Für die Herstellung von Hochspannungs- und Schwachstromkabeln wird ebenfalls weichgeglühtes Elektrolytkupfer verarbeitet, da die Drähte im Kabel nicht auf Zug beansprucht werden. Im schwachgezogenen Zustand mit etwa 28 kg/mm² Festigkeit werden Leitungsschienen für Schalträume, wo die Schienen vielfach gebogen verwendet werden müssen, benutzt. Isolierte Leitungen werden teils als Einzeldrähte, z. B. für Klingelleitungen, teils als Seile und Litzen hergestellt, wobei man für die Seile zunächst dünne Seile aus Drähten kleinen Durchmessers verfertigt und diese dann wiederum zu Seilen schlägt. Die auf diese Weise hergestellten biegsamen Seile können z. B. aus 17 640 ($7 \times 12 \times 7 \times 30$) Drähten von 0,05 mm Dicke bestehen. Neben diesem großen Verwendungsgebiet seien von den andern zahlreichen Verwendungsarten die elektrischen Koch- und Heizgeräte im Haushalt erwähnt, deren Hauptbaustoff Kupferblech und Kupferbänder bilden.

Der Verbrauch an Kupfer für Leitungen ist mit der Zunahme der Überlandleitungen ganz außerordentlich stark angewachsen. Man rechnet, daß etwa 80 vH des Kupferverbrauchs der Welt auf dieses Verwendungsgebiet entfallen. Die 100 kV-Fernleitungen werden teils als volle Seile, teils in neuerer Zeit als Hohlseile verlegt[2]).

Von den Kupferlegierungen kommen in der Elektrotechnik hauptsächlich die Zink- und die Zinn-Kupferlegierungen in Frage.

[2]) Z. Bd. 71 (1927) S. 28 u. 1014

Messing (Zink-Kupferlegierungen) wird in Form von Stangen, Rohren, Drähten, Blechen und Bändern und als Guß für Bauteile zur Herstellung elektrischer Maschinen und Geräte verwendet. Für Leitungszwecke kommt es wegen seiner geringen Leitfähigkeit (etwa 20 m/Ω mm²) kaum in Betracht. In starkem Umfange werden Preßteile aus Messing mit 58 bis 61 vH Kupfer angefertigt, die zur Ausrüstung von Fahrdrähten für elektrische Straßen- und Schnellbahnen und für Hochspannungs-Fernleitungen dienen, Abb. 6. Die Preßteile haben sich in 25jähriger Praxis sehr gut bewährt, namentlich auch gegenüber dem Einfluß der Witterung. Sie zeichnen sich gegossenen Teilen gegenüber durch erhöhte Festigkeit aus. In Zahlentafel 2 sind die mechanischen Eigenschaften einiger Preßmessinglegierungen sowie ihre Verwendung in der Elektrotechnik angegeben.

Nickel- und Kontaktrollen-Messing gehören schon zu den sogenannten Sondermessingen, die neben Zn und Cu noch vergütende Bestandteile wie Ni, Mn, Al, Fe, Pb, Sn enthalten. Diese Sondermessinge weisen teilweise stahlähnliche Eigenschaften auf und werden deshalb für hochbeanspruchte Teile benutzt. Messinge mit mehr als 62 vH Kupfer, die sich gut kaltziehen und -drücken lassen, dienen u. a. als Werkstoffe für Lampenfassungen und elektrische Haushaltungsgegenstände.

Verhältnismäßig gering ist der Verbrauch von Messingguß in der Elektrotechnik. Während sich das Preßverfahren besonders für die Herstellung größerer Massen eignet, greift man zu Messingguß dort, wo es sich um eine geringe Anzahl von Stücken handelt. Man benutzt dabei ein Messing von 33 vH Zink und 67 vH Kupfer mit einer Festigkeit von 18 kg/mm² bei einer Dehnung von 3 vH gegenüber 45 kg/mm² und 25 vH Dehnung bei Preßmessing. Gußmessing wird zur Herstellung von Teilen für elektrische Maschinen wie Segmenthalter, Kontaktfingerböcke, Dosen und dergleichen verwendet.

Wesentlich höhere Bedeutung unter den Kupferlegierungen haben die Bronzen, und zwar überall dort, wo stromführende Leitungen mehr als gewöhnlich auf Festigkeit beansprucht werden, wie z. B. bei großen Spannweiten (Fluß- und Talüberquerungen), in Rauhreifgebieten usw. Als Bronzen kommen Zinn-, Magnesium-, Kadmium-, Zinn-Kadmium-Legierungen u. a. m. in Frage. Man stellt aus diesen Bronzen Drähte von 70 bis 80 kg/mm² Festigkeit her.

Unsre oberirdischen Fernsprechleitungen außerhalb der Städte bestehen in Gebirgsgegenden aus Magnesiumbronze mit etwa 1 vH Magnesium oder bis 1,2 vH Zinn. Man erhält die höhere Festigkeit auf Kosten der Leitfähigkeit. Z. B. hat die Magnesiumbronze mit 1 vH Mg eine Festigkeit von 70 kg/mm² bei einer Leitfähigkeit von 36 m/Ωmm² und die Zinnbronze mit 1,2 vH Sn eine Festigkeit von etwa 75 kg/mm² und eine Leitfähigkeit von nur 18 m/Ωmm². Als Hochspannungs-Armaturteile, die in der Nähe der Seeküste verwendet werden, wo es mehr auf Beständigkeit gegen Anfressungen ankommt, werden teilweise Preßteile aus Phosphorbronze verwendet. Bronzeguß wird in der Elektrotechnik sehr wenig gebraucht, dagegen benutzt man Sn-Zn-Cu-Legierungen (Rotguß) für Teile von elektrischen Motoren, wie Bürstenhalter, Kohlentaschen, Lager usw.

Aus Bronzeblechen und -bändern stellt man auch vielfach Kontaktfedern her, die beim Gebrauch von Schaltern starken Beanspruchungen durch Hin- und Herbiegen ausgesetzt sind.

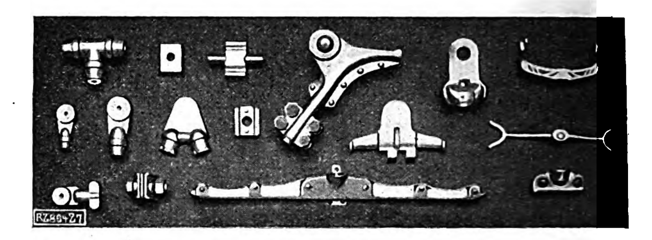


Abb. 6
Preßteile aus Messing

Aluminium und seine Legierungen[3])

Aluminium kommt ebenso wie Kupfer wegen seiner hohen elektrischen Leitfähigkeit, die nach Zahlentafel 1 nur gegen Silber und Kupfer zurücksteht, und wegen der guten mechanischen Eigenschaften seiner Legierungen für die Elektrotechnik in Frage. Dazu tritt beim Aluminium der Vorteil des geringen Eigengewichtes. Das gebrauchte Aluminium muß einen Reingehalt von 99 vH und mehr haben mit Rücksicht auf die Anfressungsgefahr unter der Einwirkung der Witterung.

Reinaluminium. Die elektrische Leitfähigkeit des Reinaluminiums vom Reingehalt 99,5 vH beträgt nach Zahlentafel 1 34,5 m/Ω mm², d. h. 59 vH derjenigen des Elektrolytkupfers. Die Bearbeitbarkeit des Reinaluminiums durch Walzen, Pressen und Ziehen ist ausgezeichnet. Die Festigkeit beträgt etwa die Hälfte derjenigen des Kupfers, nämlich im weichgeglühten Zustand 9 bis 11 kg/mm² bei 30 vH und mehr Dehnung und hartgewalzt oder -gezogen 18 bis 25 kg/mm² bei 1 bis 2 vH Dehnung.

Als wesentlicher Verwendungszweck in der Elektrotechnik ist das Gebiet der Fernleitung zu bezeichnen. Nicht so sehr in Deutschland wie in Amerika hat man Aluminiumleitungen in großem Umfang verlegt. Während man bei Kupfer, wie oben erwähnt, Einzeldrähte verwendet, benutzt man bei Aluminium ausschließlich Seile. Den Kupferseilen gegenüber haben Reinaluminiumseile wegen ihres größeren Durchmessers und der sich daraus ergebenden geringen Koronaverluste gewisse Vorteile. Bei großen Spannweiten sucht man die geringe Festigkeit des Aluminiums durch die sogenannten Stahl-Aluminium-Seile auszugleichen, deren Bruchsicherheit sehr günstig ist. Eine Umfrage bei den deutschen Elektrizitätswerken, die vor einigen Jahren von der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde[4]) ausgegangen ist, ergab, daß sich die Aluminiumleitungen recht gut bewährt haben, so daß technisch grundsätzliche Bedenken ihrer weiteren Verbreitung nicht entgegenstehen.

Schwierigkeiten machte aber hier und da die Befestigung der Seile an den Masten und die Verbindung der Seile untereinander. Aber auch hier ist die Frage durch die Konstruktion geeigneter Klemmen aus Reinaluminium entschieden worden, Abb. 7.

Vorteile bietet das Reinaluminium auch für die Feldwicklung von Bahnmotoren. Durch die Bildung einer künstlich erzeugten isolierenden Oxydschicht kann man in vielen Fällen Aluminiumdraht ohne Faserisolierung verwenden. Daraus ergibt sich Gewicht- und Raumersparnis, die z. B. bei Lasthebemagneten, Kranbremsspulen usw. wesentlich ist. Das leichte Gewicht ist ferner von

[3]) Z. f. Metallk. Bd. 19 (1927) S. 36.
[4]) Z. f. Metallk. Bd. 13 (1921) S. 126.

Zahlentafel 2
Eigenschaften von Preßmessingen

Werkstoff	Kurzzeichen	DIN	Politurfarbe	Festigkeit kg/mm²	Dehnung vH	Härte 5/250/30 kg/mm²	Verwendungszweck
Schmiedemessing	Ms 60	1709	ockergelb	35	30	70	Freileitungsarmaturen, Schraubenmuttern
Schraubenmessing	Ms 58	„	„	40	25	80	Kontakte, Armaturteile, Schraubenmuttern
Spreemetall	Mn Ms 1,4	„	braungelb	45	25	100	Lagerbüchsen
Nickelmessing	Ni Ms 10	„	gelblichweiß	40	30	100	Beschlagteile
Kontaktrollenmessing	Mn Ms 3	„	ockergelb	30	1	140	Kontaktrollen

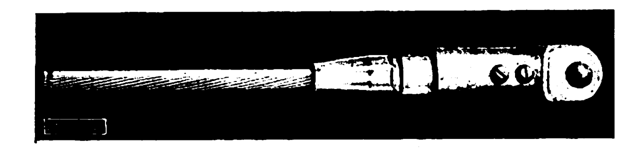


Abb. 7
Abspannklemme für Stahl-Aluminium-Seile

Wichtigkeit für den Bau von tragbaren Meßgeräten, für Teile von elektrischen Fahrzeugen und dergleichen.

Auch in der Form von Blechen und Bändern hat sich das Reinaluminium beim Bau von Apparaten und Geräten gut bewährt.

Aluminiumlegierungen. Mit dem Aufkommen der Aluminiumgußlegierungen sind für die Konstruktion von Motoren und Apparaten, die geringes Gewicht haben müssen, ganz neue Möglichkeiten geschaffen worden. Hierbei sind bereits die deutsche (2 bis 3,5 vH Cu, 8 bis 12 vH Zn, Rest Al) und die amerikanische Legierung (8 vH Cu, Rest Al) verwendet worden. Seit etwa 6 Jahren ist zu diesen Legierungen eine sogenannte veredelbare Gußlegierung, das Silumin, getreten. Silumin wird hauptsächlich dort verwendet, wo leichte Gießbarkeit, Dichtheit und gute Biegefähigkeit verlangt werden. In Zahlentafel 3 ist eine Übersicht über diese drei Legierungen und deren Eigenschaften gegeben. Auch für Spritzgußteile lassen sich die Legierungen mit Vorteil verwenden[5]).

Neuerdings ist es gelungen, gewissen Gußlegierungen durch eine Wärmebehandlung nach Art der Duralumin-Vergütung höhere Festigkeitseigenschaften zu verleihen, nämlich 25 bis 35 kg/mm², damit ist die Festigkeit des Gußeisens erreicht, wenn nicht übertroffen worden. Diese Legierungen befinden sich noch in der Entwicklung[6]).

Durch die Erfindung des Duralumins ist eine magnesiumhaltige Aluminiumlegierung geschaffen worden, die dem früheren Mangel des Reinaluminiums, nämlich seiner verhältnismäßig geringen Festigkeit, abgeholfen hat. Dem Duralumin sind eine Reihe ähnlicher Legierungen, wie Aeron und Lautal (etwa 2 vH Si, 4 vH Cu, Rest Al), Skleron (etwa 0,1 vH Li, 0,6 vH Mn, 3 vH Cu, 12 vH Zn, Rest Al), Aludur (etwa 0,5 vH Mg, Rest Al), Constructal Nr. 2 (1,5 vH Mg_2Si, 1,2 vH Cu, 0,5 vH Ti, Rest Al), Constructal Nr. 8 (7 bis 9 vH $MgZn_2$, 0,5 bis 1 vH Mn, Rest Al) gefolgt. Ihre Vergütung[7]) beruht z. B. auf dem Zusatz auch andrer Bestandteile wie Kupfer, Silizium, Lithium, Kalzium, Zink und Mangan. Zahlentafel 4 gibt eine Übersicht über die Eigenschaften dieser Legierungen. Während die Vorteile, die diese Legierungen bieten, mehr den rein konstruktiven Aufgaben, namentlich im Verkehrswesen zuteil geworden sind, sind nur einige von ihnen auch für die Entwicklung der Elektrotechnik bisher von Bedeutung gewesen, und zwar für die Ausgestaltung der Fernleitungen. Der Fortschritt besteht hier in der höheren Festigkeit, die diese gegenüber den Leitungen aus Reinaluminium aufweisen. Zur Zeit befindet sich die Verwendung dieser Leitungen aus vergütbaren Aluminiumlegierungen noch in der Entwicklung. Veröffentlichungen in diesem Sinne sind über die Legierungen Duralumin, Aludur, Montegal und Aldrey erschienen[8]). Die Festigkeiten dieser Leitungslegierungen betrugen etwa 28 bis 35 kg/mm² bei einer Leitfähigkeit von 28 bis 32 m/Ωmm².

[5]) AWF: Der Spritzguß und seine Legierungen, Berlin 1927 S. 20.
[6]) Z. f. Metallk. Bd. 19 (1927) S. 390.
[7]) Z. Bd. 70 (1926) S. 891.

Zahlentafel 3
Eigenschaften von Aluminium-Gußlegierungen

Legierung	spez. Gewicht	Festigkeit kg/mm²	Dehnung vH	Brinellhärte 10/500/30 kg/mm²	Verwendungszweck
Deutsche	2,9 bis 2,95	12 bis 18	1 bis 3	55	Sand- und Kokillenguß
Amerikanische	2,85 „ 2,9	12 „ 16	1 „ 2	60	Sand-, Kokillen- und Spritzguß
Silumin	2,5 „ 2,65	16 „ 22	5 „ 10	55	desgl.

Zahlentafel 4
Eigenschaften der vergütbaren Aluminiumlegierungen

Legierung	spez. Gewicht	Festigkeit kg/mm²	Dehnung vH	Brinellhärte 10/500/30 kg/mm²	Verwendungszweck
Duralumin 681 B	2,8	43 bis 36	15 bis 12	125	Stangen, Profile, Preßteile, Bleche, Drähte
„ Z	„	44 „ 47	14 „ 10	128	
Aeron und Lautal	2,75	38 „ 42	25 „ 18	90 bis 120	desgl.
Aludur 533	2,7	25 „ 36	18 „ 8	70 „ 100	„
„ 570	„	38 „ 46	22 „ 10	90 „ 130	„
Skleron	3	40 „ 50	15 „ 10	120	„
Constructal 2	2,8	36 „ 52	28 „ 12	80 bis 120	„
„ 8	3	38 „ 52	20 „ 8	130 „ 170	„

Magnesium und seine Legierungen[8a])

Reinmagnesium kommt als Werkstoff nicht in Frage, wohl aber seine Legierungen, die sogen. Elektronmetalle. Sie sind noch um ein Drittel leichter als die Aluminiumlegierungen. Vereinzelt werden sie als Gußlegierungen verwendet. Zahlentafel 5 zeigt die Eigenschaften der Elektron-Gußmetalle.

Zahlentafel 5
Eigenschaften der Elektron-Gußmetalle

Legierung	spez. Gewicht	Festigkeit kg/mm²	Dehnung vH	Brinellhärte kg/mm²
AZF	1,8 bis 1,83	18 bis 22	6 bis 10	43 bis 47
AZG	1,8 bis 1,83	17 „ 20	4 „ 6	53 „ 57

Andre Metalle

Zink verwendet man z. B. für galvanische Elemente. Es bildet den Grundstoff für Spritzgußteile im Apparate- und Gerätebau[9]).

Blei wendet man in großem Umfang für die Ummantelung der Hoch- und Niederspannungskabel an, auch Bleilegierungen wie Sb-Pb, Sn-Pb, Cd-Pb und Mg-Pb werden wegen der höheren Festigkeit vielfach an Stelle von Reinblei mit 99,95 vH Reingehalt gebraucht. Man benutzt es ferner zu den Bleiplatten für Akkumulatoren. Ebenso wie Zink wird es in Spritzgußteilen für wenig beanspruchte Teile verwendet[10]). Nicht zu vergessen sind die Bleilagermetalle, die vielfach an Stelle der teuren zinnhaltigen Lagermetalle getreten sind.

Zinn. Reinzinn dient als Schutzüberzug für Kupferdrähte, die dann mit Gummi isoliert werden; hierdurch wird die unmittelbare Berührung des Kupfers mit dem schwefelhaltigen Gummi vermieden und der schädliche Einfluß des Schwefels auf das Kupfer unmöglich gemacht. Zinn bildet ferner einen Grundstoff der Spritzgußlegierungen[11]) und der hochwertigen Lagermetalle.

Man braucht ferner Zinn zum Löten von Drähten, die nicht auf Zug beansprucht werden.

Mit dem Nickel kommen wir zu dem Gebiet der Widerstandlegierungen, die in der Elektrotechnik eine große Rolle spielen. Es handelt sich dabei um Legierungen des Nickels mit Kupfer, Chrom und Eisen. Diese Legierungen zeichnen sich ihrem Zweck entsprechend durch hohe Hitzebeständigkeit aus. Zahlentafel 6 gibt die gebräuchlichsten Legierungen mit ihren Eigenschaften wieder.

[8]) Z. f. Metallk. Bd. 19 (1927) S. 12, 21, 45, 97; Bd. 16 (1924) S. 433.
[8a]) Z. f. Metallk. Bd. 16 (1924) S. 236.
[9]) AWF: Der Spritzguß und seine Legierungen, Berlin 1927. S. 16.
[10]) Desgl. S. 15.
[11]) Desgl.

Zahlentafel 6
Eigenschaften der Widerstand-Legierungen

Legierung	Zusammensetzung	Spez. Widerstand Ω mm²/m	Temperatur-koeffizient
Konstantan . .	57 vH Cu, 43 vH Ni	rd. 0,5	± 0,0005
Chromnickel .	85 „ Ni, 15 „ Cr	0,85	+ 0,03
Cekas	Ni, Cr, Fe	1	+ 0,025
Kruppin . . .	Fe, Ni	0,85	+ 0,07

Zahlentafel 7
Eigenschaften der leicht schmelzenden Legierungen

Benennung	Zusammensetzung Bi vH	Pb vH	Sn vH	Cd vH	Schmelz-temperatur
Woodmetall	50	25	12,5	12,5	etwa 60,5°
Lipowitzmetall . .	50	26,7	13,3	10	„ 70°
Lichtenbergmetall .	50	30	20	—	„ 92°
Rosemetall	50	25	25	—	„ 94°

Die verschiedene Wärmeausdehnung der Nickellegierungen und des Stahles wird zur Herstellung der sogenannten Bimetalle benutzt. Diese werden so gewonnen, daß man zwei Bleche, wovon das eine aus Stahl und das andre aus einer Nickel-Eisen-Legierung besteht, zusammenschweißt und aus diesen Blechen Streifen schneidet. Die Streifen biegen sich, wenn sie erwärmt werden, durch und können so als Kontakte verwendet werden. Sie vermögen den Kontakt bei einer bestimmten Erwärmung, die etwa vermieden werden soll, herzustellen.

Reinnickel wird schließlich als Schutzüberzug für Stahl, Kupfer und Messing und Aluminiumspritzguß usw. benutzt.

Tantal, Osmium, Wolfram werden seit geraumer Zeit in der Glühlampenindustrie mit Vorteil verwendet und haben die Kohlenfaden- sowie Bogenlampen völlig verdrängt. Tantal wird ferner als Anodenmetall von Sende- und Gleichreglerröhren infolge seiner hervorragenden Eigenschaften in der Luftleere benutzt.

Silber und Platin. Die Verwendung der beiden Metalle ist wegen ihres hohen Preises sehr beschränkt. Silber ist unentbehrlich beim Verbinden von kupfernen Leitungsdrähten, da es allein hinreichende Leitfähigkeit und Festigkeit gewährleistet. Auch benutzt man es für Schmelzsicherungen dort, wo starke Erwärmung der Sicherung vorkommt.

Für Kontakte, die möglichst wenig oxydieren sollen, verwendet man Platin, desgleichen braucht man Platindrähte für bestimmte elektrische Lampen (Verstärkerlampen).

Wismut. Für leichtschmelzende Sicherungen kommen die niedrigschmelzenden Wismutlegierungen in großem Umfang in Frage. Zahlentafel 7 zeigt eine Anzahl derartiger Legierungen.

Aus der kurzen Übersicht ist zu entnehmen, daß die größte Bedeutung in der Elektrotechnik zweifellos dem Kupfer zukommt. Ihm am nächsten stehen offenbar die Leichtmetalle, die infolge ihres geringen spezifischen Gewichtes ihm gegenüber mancherlei Vorteile aufweisen. Da sich das Wissen von den Eigenschaften der Leichtmetalle und ihrer Beherrschungsmöglichkeit noch in der ersten Entwicklung befinden, haben wir in der Zukunft sicherlich noch mancherlei Fortschritte zu erwarten. [B 864]

BÜCHERSCHAU

Archiv für das Eisenhüttenwesen. Fachberichte. Herausgeg. vom Verein Deutscher Eisenhüttenleute, Düsseldorf. 1. Jg. 1. und 2. H. 1927. Düsseldorf 1927, Verlag Stahleisen. Preis jährlich 50 *M*.

In den letzten Jahren ist das Eisenhüttenwesen in steigendem Maße zum Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchung gemacht worden. Nur die immer weiter gehende theoretische Erforschung hat es möglich gemacht, daß die Eisen-, Stahl- und Graugußerzeugung den gesteigerten und vielseitiger gewordenen Anforderungen der Verbraucher folgen konnte. Eine unvermeidliche Begleiterscheinung dieser wissenschaftlichen Vertiefung ist das große Anschwellen der technisch-wissenschaftlichen Literatur auf dem Gebiete des Eisenhüttenwesens. Um diesen Stoffandrang bewältigen zu können, hat sich der Verein deutscher Eisenhüttenleute entschlossen, neben der bekannten Zeitschrift „Stahl und Eisen" nunmehr eine zweite technisch-wissenschaftliche Zeitschrift des Eisenhüttenwesens herauszugeben, nämlich das „Archiv für das Eisenhüttenwesen". Die Zeitschrift „Stahl und Eisen" soll „die großen Linien der allgemeinen Entwicklung des gesamten Eisenhüttenwesens zeichnen", während das Archiv, monatlich erscheinend, fortlaufend und umfassend über die Tätigkeit der einzelnen Fachausschüsse des Vereins, über die Ergebnisse der Versuchsanstalten und die wissenschaftlichen Arbeiten des einzelnen Fachmannes oder Forschers berichten soll.

In der neuen Zeitschrift wird zum erstenmal ein neuer Weg versucht, den Stoff je nach den Bedürfnissen des Lesers teilbar zu machen. Jeder im Archiv behandelte Fachbericht beginnt auf einer rechten Seite, ist für sich geheftet und im Gesamtheft nur locker befestigt. Es werden zwei Seitenzählungen und zwar innerhalb des Jahrganges und innerhalb der einzelnen Berichte durchgeführt. Durch diese Maßnahmen wird ermöglicht:

1. Das Gesamtarchiv kann jahrgangweise gesammelt und gebunden werden;
2. das Archiv kann jahrgangweise nach Gruppen gesammelt und gebunden werden;
3. die einzelnen Aufsätze können aus dem Heft herausgenommen und in Ringbüchern oder Sammelmappen entweder nach den vorgesehenen Gruppen oder nach andern Gesichtspunkten entsprechend dem Arbeits- und Fachgebiet des Beziehers gesammelt werden.

[E 913] H. Hanemann

Vorlesungen über Technische Mechanik. Von Aug. Föppl. 3. Bd.: Festigkeitslehre. 10. Aufl. Berlin 1927, B. G. Teubner. 451 S. m. 114 Abb. Preis 16,60 *M*.

Wenn ein Lehrbuch in rd. 30 Jahren die 10. Auflage erlebt, so würde sein Verschwinden vom Büchermarkt eine große Lücke bedeuten. Es ist daher zu begrüßen, daß das Lebenswerk August Föppls nach dessen Tode fortgeführt wird. O. Föppl hat, dem Wunsch des Vaters folgend, die „Festigkeitslehre", die auch die Grundlagen der Elastizitätslehre und die Anwendung auf das St. Venantsche Problem enthält, neu bearbeitet. Die Vorzüge der „Vorlesungen", die flüssige lebendige Darstellung, das klare Herausarbeiten des Wesentlichen und weiter Gesichtspunkte vor Beginn der mathematischen Formulierungen, die Erziehung zur Selbständigkeit, die geschickte Einführung der mathematisch geometrischen Hilfsmittel, Beispiele zu ihrer Einübung, Gebrauch der Vektorrechnung, technische Anwendungen, sind bekannt und anerkannt. Die frühere Auflage ist zum größten Teil unverändert geblieben. Im theoretischen Teil hat der Bearbeiter die Winkler-Grashofsche Theorie der Biegung stark gekrümmter Stäbe mit Beispielen neu aufgenommen, auch eine Reihe kürzerer Änderungen oder Einführungen vorgenommen, die für den Studierenden wertvoll sind. Aus eigenem schöpft der auf dem Gebiet des Versuches selbst tätige Bearbeiter in den Abschnitten, die die Versuchsgrundlagen der Festigkeitslehre betreffen. Der Weiterausbau in dieser Richtung liegt sicher im Sinne des Werkes. Der Bearbeiter hebt eindringlich die Wichtigkeit der Dauerversuche hervor, die Fließgrenze ist dagegen nur kurz erwähnt. Nachdem die Frage der Dauerversuche in den letzten Jahren von vielen Seiten aufs neue in Angriff genommen ist, wären gerade in einem Lehrbuch auch die Arbeiten andrer mitzuberücksichtigen oder eigene umstrittene Meinungen wegzulassen gewesen (S. 60 Abb. 12, S. 62 oben, S. 73 unten, S. 74 Mitte). [E 880]

Esslingen Enßlin



Porzellan als Werkstoff

Von H. Handrek, Hermsdorf, Thüringen

Kennzeichnung, Zusammensetzung und Herstellung des Porzellans. Werkstoffprüfung. Beeinflussung der Werkstoffeigenschaften durch Masse, Glasur und Herstellverfahren. Chemische und physikalische Eigenschaften, Anwendung des Werkstoffes

Mit Porzellan bezeichnet man durch Brennen von Porzellanerde (Kaolin) unter Zusatz von Quarz und Feldspat hergestellte Erzeugnisse, die sich durch rein weiße Farbe, durchscheinenden, völlig dicht gesinterten Scherben, große Härte, elektrische, chemische und mechanische Widerstandfähigkeit auszeichnen.

Schon äußerlich unterscheidet der gesinterte Scherben das Porzellan vom porösen Steingut, die durch reinste Rohstoffe erreichte weiße Farbe unterscheidet es von Steinzeug und Steatit.

Für technische Zwecke kommt allein das bei Temperaturen von ungefähr 1400 °C gebrannte Hartporzellan in Frage. Seine Zusammensetzung liegt etwa innerhalb der durch Abb. 1 veranschaulichten Grenzen.

Da Porzellan für die meisten Verwendungsarten mit einer durchsichtigen oder farbigen Glasur überzogen wird, kann es weder chemisch noch physikalisch als einheitlicher Stoff angesehen werden. Die verschiedene Zusammensetzung und Art der Rohstoffe, die abweichenden Herstell- und Brennverfahren bedingen zum Teil weitgehende Verschiedenheiten in den Eigenschaften der fertigen Erzeugnisse.

Für die Formgebung, die wegen der außerordentlichen Härte des Porzellans nur vor dem Brand erfolgen kann, was in gewisser Beziehung ein Nachteil dieses Werkstoffes ist, sind hauptsächlich drei Arbeitsverfahren in Gebrauch: Das Drehen auf der Drehscheibe, das Gießen in Gipsformen und das Pressen in Stahlmatrizen (oft fälschlich Stanzen genannt). Hierbei ist Kaolin der bildsame Bestandteil, Quarz und Feldspat wirken als Magerungs- und Flußmittel. Nach dem Formen und Trocknen werden die rohen oder (bei dünnwandiger Ware) vorgebrannten Stücke durch Eintauchen in ein Glasurbad mit einer Glasurschicht überzogen, zum Schutze gegen Verrauchen in runde Brennkapseln eingesetzt und bei etwa 1400° im Rund- oder Tunnelofen[1]) gar gebrannt. In diesem Gar- oder Glattbrand erfährt das Porzellan die ihm eigentümliche Schwindung von etwa 15 vH, wodurch die für technisches Porzellan allgemein gültige Toleranz von 5 vH in den Abmessungen bedingt ist. Eine Nachbearbeitung der gebrannten Ware durch Schleifen oder Polieren ist nur in geringem Umfange möglich. Abb. 2 gibt einen Überblick über den gesamten Herstellungsgang.

[1]) Z. Bd. 70 (1926) S. 1186.

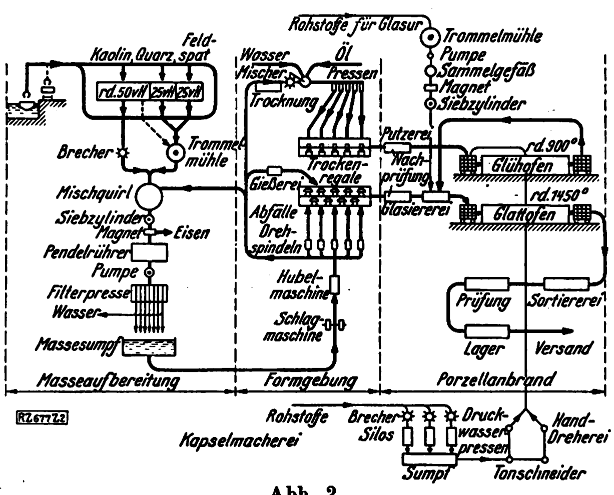


Abb. 2
Herstellungsgang von Porzellan[1a])

Vergleich des Porzellans mit den metallischen Werkstoffen

Das physikalische und chemische Verhalten des Porzellans wird gekennzeichnet durch folgende Haupteigenschaften, die es von den metallischen Werkstoffen grundlegend unterscheiden:

a) Chemisch. Porzellan ist im Gegensatz zu den Metallen weitgehend unangreifbar und gegen die Einwirkung von Säuren und Laugen äußerst widerstandfähig.

b) Elektrisch. Porzellan gehört zu den besten Nichtleitern (Isolatoren), die Metalle sind die besten Leiter.

c) Mechanisch. Porzellan hat kein plastisches Formänderungsvermögen wie die Metalle. Die Bruchgrenze fällt vielmehr eng mit der Elastizitätsgrenze zusammen. Kennzeichnend für Porzellan ist ferner eine bedeutend höhere Empfindlichkeit gegen schlag- und stoßartige (dynamische) Einwirkungen als gegen langsam eintretende (statische) Beanspruchungen. Die statische Festigkeit (besonders Druckfestigkeit) von Porzellan reicht teil-

[1a]) Keram. Rundschau 1924 Heft 38.

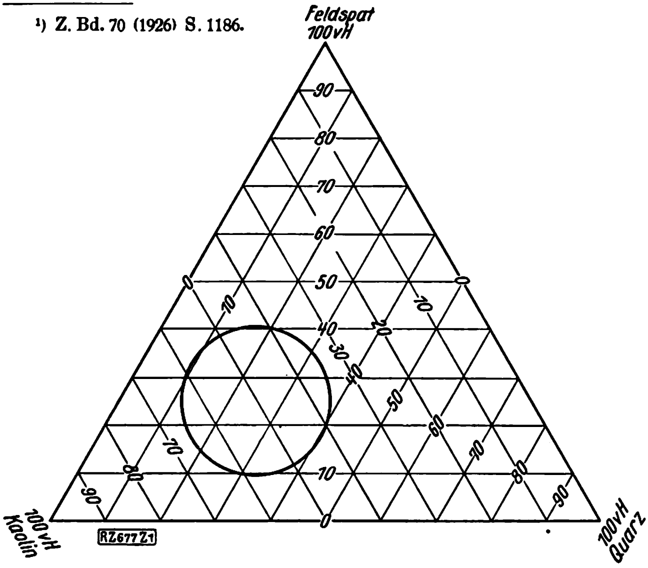


Abb. 1
Zusammensetzung von Porzellan
Die Mengenverhältnisse zur Erzeugung von Hartporzellan liegen innerhalb des eingezeichneten Kreises

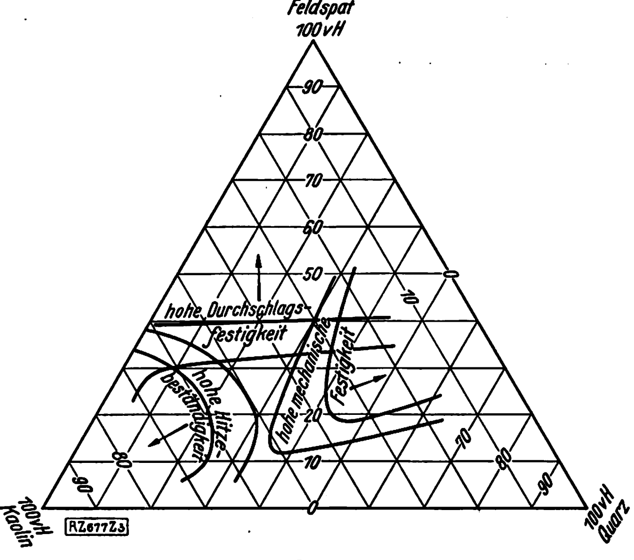


Abb. 3
Einfluß von Feldspat, Quarz und Kaolin auf die mechanischen, thermischen und elektrischen Eigenschaften von Porzellan



tiger Punkte, wie Zweckmäßigkeit der Konstruktion, Festigkeit der Armaturen, Güte von Kittung und Ausguß. Solche Prüfungen werden insbesondere an Freileitungs-Isolatoren nach den verschiedenen Richtungen hin vorgenommen. Will man dagegen das Verhalten des Werkstoffes möglichst rein von störenden Einflüssen erforschen, so empfiehlt sich die Untersuchung einfacher, leicht herzustellender Prüfkörper.

Chemische Eigenschaften

Porzellan zeichnet sich durch außerordentlich hohe Widerstandfähigkeit gegen die meisten chemischen Angriffe, besonders die der stärksten Säuren aus. Weder die Atmosphärilien noch die bei elektrischen Entladungen entstehenden Stickoxyde und Ozon vermögen im geringsten einzuwirken, so daß eine Verwitterung selbst nach langen Jahren ausgeschlossen ist. Laugen lösen erst bei starker Konzentration und hoher Temperatur geringe Mengen von Kieselsäure. Dagegen greifen Fluor und Flußsäure, mehrere Oxyde unedler Metalle (Bleioxyd), Phosphorsäure bei Glühtemperatur sowie alkalische Schmelzen Porzellan an. Als zahlenmäßiger Anhalt mag dienen, daß Porzellanringe von 45 cm^2 Oberfläche nach 18stündigem Kochen mit Natronlauge (6,5 vH) je nach Zusammensetzung 0 bis 0,5 vH Gewichtsverlust erlitten. Natronlauge (3 bis 4 vH) löste nach einer 40 min währenden Behandlung bei 80 °C (Oberfläche 34 cm^2) etwas über 0,01 vH, während unter denselben Verhältnissen Schwefelsäure mit 70 vH Monohydrat- und 10 vH Kaliumbichromatgehalt einen Gewichtverlust von 0,03 vH hervorrief.

Physikalische Eigenschaften

Die physikalischen Eigenschaften[9]) des Porzellans sind in Zahlentafel 1 zusammengestellt. Die Werte für glasiertes Porzellan gelten bei Anwendung günstiger Glasuren.

Die für Güte und Lebensdauer eines Porzellans praktisch wichtigsten Werkstoffeigenschaften sind Zugfestigkeit, Biegefestigkeit, Zähigkeit und Temperaturwechselbeständigkeit in mechanischer und thermischer, Durchschlagfestigkeit in elektrischer Hinsicht.

Die höchste Festigkeit hat Porzellan gegen Druck. Seine Druckfestigkeit nimmt, wie alle übrigen mechanischen Festigkeitseigenschaften, mit wachsender Scherbendicke ab, Abb. 11 und 12.

Während man früher Zug- und Biegebeanspruchungen eines Porzellans bei allen Konstruktionen möglichst ausschloß, da die Zug- und Biegefestigkeit nur etwa den zehnten Teil der Druckfestigkeit beträgt, haben diese Eigenschaften in neuerer Zeit größere Bedeutung erlangt, seitdem eine besondere Bauart von Isolatoren (Knüppel-, Motor-, Bahn-Isolatoren) durchgebildet wurde, bei denen der Porzellankörper rein auf Zug und Biegung beansprucht wird. Die Abhängigkeit der Zugfestigkeit vom Querschnitt für zylindrische glasierte und unglasierte Stäbe und Isolatoren geht aus Abb. 13 hervor. Für die Zug- und Biegefestigkeit, die bei Porzellan weitgehend parallel verlaufen, spielt nicht nur

[9]) R. M. Friese. Das Porzellan, Hermsdorf 1904. F. Singer und E. Rosenthal, Die physikalischen Eigenschaften des Porzellans, Ber. d. Deutschen Keram. Ges. 1920 Heft 3 S. 47. F. Singer, Die Keramik im Dienste von Industrie und Volkswirtschaft, Braunschweig 1923.

Zahlentafel 1

Übersicht über die physikalischen Eigenschaften des Porzellans

Spezifisches Gewicht	2,3 bis 2,5	bestimmt an pulverisiertem Porzellan
Raumgewicht	2,2 „ 2,4	bestimmt an ganzen Porzellanstücken
Porenraum . . . vH	2 „ 5	im Scherben eingeschlossene mikrosk. Gasbläschen
Scheinbare Porosität (Wasseraufnahmevermögen) „	0	Scherben völlig dicht
Porosität unter Druck (Fuchsinprüfung) 150 at 4 h „	0	„ „ „
Gasdichtigkeit	—	„ „ „ bis 1300 °C
Härte . . . Mohssche Skala		Sklerometerzahlen:
unglasiertes Porzellan	7	550 bis 650
Oberflächenschicht der Glasur	8	950 „ 1000
Inneres der Glasur	6,3	350 „ 400
Abnutzbarkeit, Verlust:		
normales Porzellan . . . cm^3	3,3	
Spezialporzellan . . . „	1,7	
Druckfestigkeit unglasiert . . . t/cm^2	4,0 bis 4,5	Zylinder von 16 mm Dmr. und Höhe
„ glasiert . . . „	4,5 „ 5,5	„ „ „ „ „ „ „
Zugfestigkeit unglasiert . . . kg/cm^2	240 „ 320	Umdrehungskörper in Achterform
„ glasiert . . . „	400 „ 520	„ „ „
Biegefestigkeit unglasiert . . . „	400 „ 650	
„ glasiert . . . „	700 „ 900	
Elastizitätsmodul unglasiert . . . „	7500 „ 8000	Sondermassen unter 6000 und über 15 000
„ glasiert . . . „	6800 „ 7100	
Schallgeschwindigkeit unglasiert . . . m/s	5500	} stimmt gut überein mit der Formel $u = \sqrt{\frac{E}{s}}$
„ glasiert . . . „	5300	
Kugeldruckfestigkeit . . . kg/cm^2	684 bis 1384	
Verdrehungsfestigkeit unglasiert . . . „	180 „ 250	
„ glasiert . . . „	250 „ 400	
Räumliche Zusammendrückbarkeit:		
quarzreiche Massen	$1{,}4 \cdot 10^{-6}$	
feldspatreiche Massen	$1{,}8 \cdot 10^{-6}$	
Schlagbiegefestigkeit unglasiert . . . $cmkg/cm^2$	1,8 bis 2,1	} Stäbe von 16 mm Dmr. und 120 mm Länge
„ glasiert . . . „	1,8 „ 2,3	
Schlagdruckfestigkeit . . . kg/cm^2	98 „ 116	Sondermasse 140 kg/cm^2
Lineare Ausdehnungszahl zwischen 20 und 100 °C	2,5 bis $4{,}5 \cdot 10^{-6}$	nimmt mit der Temperatur langsam zu
„ „ von Glasuren . . . „	2,9 „ $5{,}3 \cdot 10^{-6}$	
Spezifische Wärme zwischen 20 und 100 °C	0,20 bis 0,25	
Wärmeleitfähigkeit . . . gcal/cm s °C	0,0019 „ 0,0025	
Garbrandtemperatur . . . °C	1300 „ 1500	= Segerkegel 10 bis 16
Erweichungstemperatur . . . „	1530 „ 1700	= „ 20 „ 32
Oberflächenwiderstand . . . Ωcm	20 bis $40 \cdot 10^{12}$	bei 30 vH Luftfeuchtigkeit
Isolationswiderstand bei 20 °C . . . „	10^{14} bis 10^{15}	
Durchschlagfestigkeit . . . kV/mm	23 „ 38	an 2 mm dicken Platten (Abb. 18)
Dielektrizitätskonstante	5,5 „ 6,5	
Verlustwinkel bei 50 Hertz tg d	0,015 „ 0,03	
„ „ 800 „ „ „	0,01 „ 0,015	
„ „ 10^5 „ „ „	etwa 0,009	

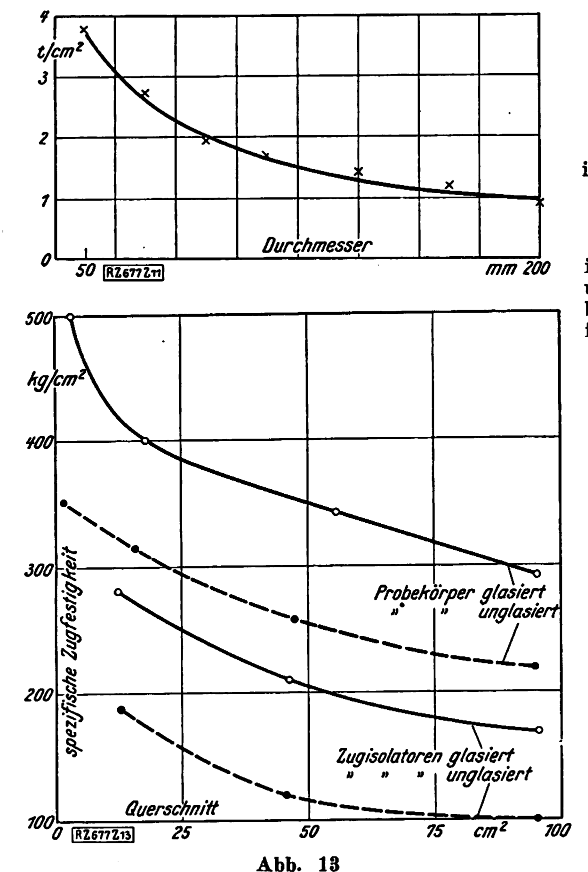


Abb. 13
Spezifische Zugfestigkeit von Porzellan in Abhängigkeit vom Querschnitt

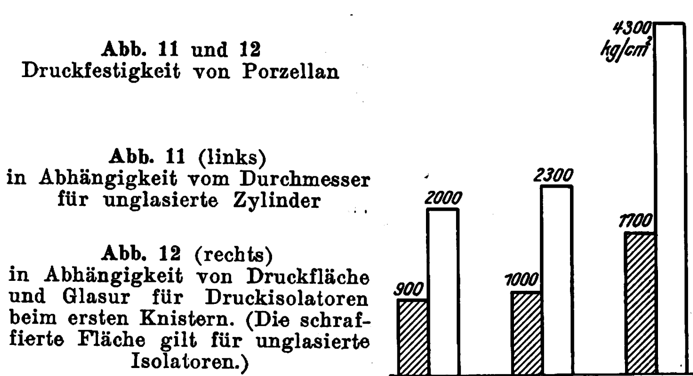


Abb. 11 und 12
Druckfestigkeit von Porzellan

Abb. 11 (links)
in Abhängigkeit vom Durchmesser für unglasierte Zylinder

Abb. 12 (rechts)
in Abhängigkeit von Druckfläche und Glasur für Druckisolatoren beim ersten Knistern. (Die schraffierte Fläche gilt für unglasierte Isolatoren.)

die Scherbendicke eine Rolle, auch Form und Ausbildung des Stückes sind von Einfluß. Daher haben Isolatoren mit mehreren keramischen Schirmen geringere Zug- und Biegefestigkeit als entsprechende schirmlose Porzellanknüppel gleicher Schaftabmessungen. Auch mit der Länge des Porzellankörpers sinkt die Festigkeit.

Bemerkenswert sind folgende vom schwedischen staatlichen Materialprüfungsamt angestellten Biegeversuche an Stäben von $10 \times 20 \times 75$ mm³, die aus den Schirmen großer Isolatoren herausgeschnitten waren. Auch hier zeigte sich der Einfluß der Glasur. Ferner konnte auf Grund von vorliegenden Betriebserfahrungen der Nachweis erbracht werden, daß sich das Porzellan mit der höchsten Biegefestigkeit im Betrieb am besten bewährt hatte. Die an zehn in- und ausländischen Erzeugnissen auf diese Weise ermittelten Biegefestigkeiten lagen bei Dehnung der glasierten Seite zwischen 200 und 830, bei Dehnung der unglasierten Schnittfläche zwischen 220 und 600 kg/cm².

An Zugisolatoren von 45 cm² Querschnitt und 30 cm Länge verschiedener fabrikationsmäßig hergestellter Porzellanmassen ergaben sich Festigkeiten von 380, 590 und 700 kg/cm². Die für die verschiedenartigen Verwendungsmöglichkeiten des Werkstoffes Porzellan wichtigsten mechanischen Eigenschaften, Druck-, Zug-, Biege- und Verdrehungsfestigkeit, sind in Abhängigkeit vom Querschnitt in Abb. 14 bis 17 zusammengefaßt.

Zur Bestimmung der dynamischen Festigkeit wird außer dem Schlagbiegeversuch mit gutem Erfolg die bereits erwähnte Kugelfallprüfung benutzt. Die mittlere Fallhöhe, bei der Porzellankugeln von 30 mm Dmr. zerspringen, gibt ein Maß für ihre Zähigkeit. Die Rücksprunghöhe ermöglicht einen Vergleich ihrer Elasti-

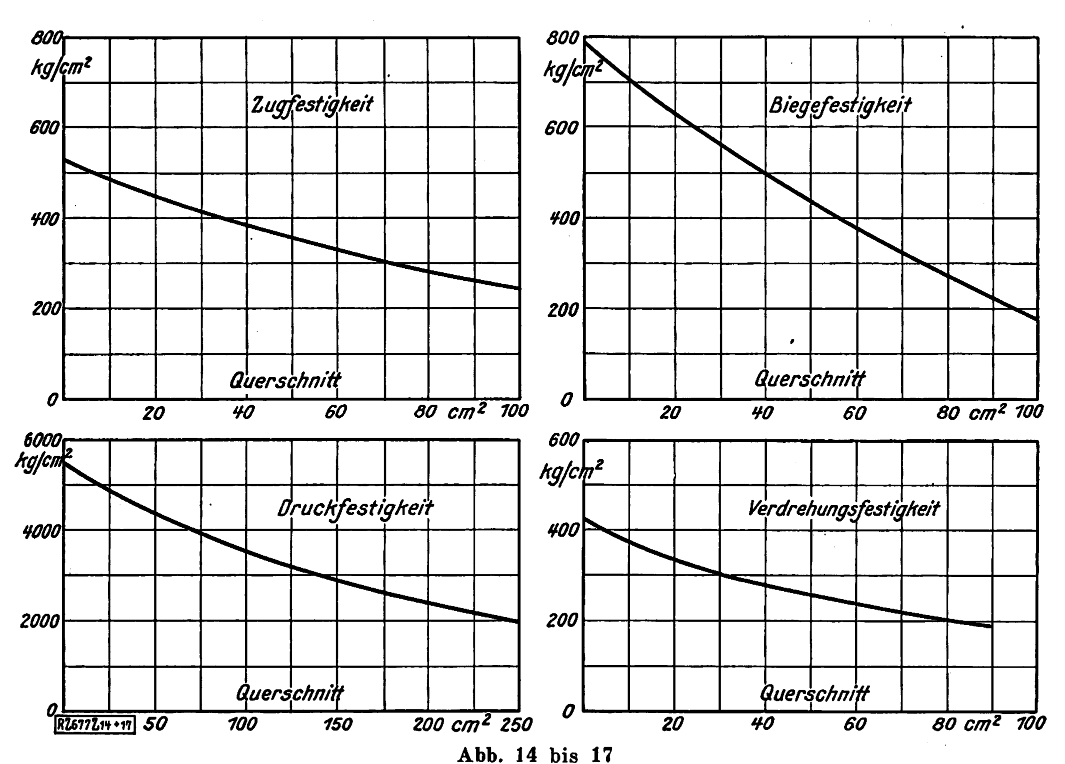


Abb. 14 bis 17
Mechanische Eigenschaften guten Hartporzellans mit hochwertiger Glasur in Abhängigkeit vom Querschnitt für glatte massive Versuchskörper

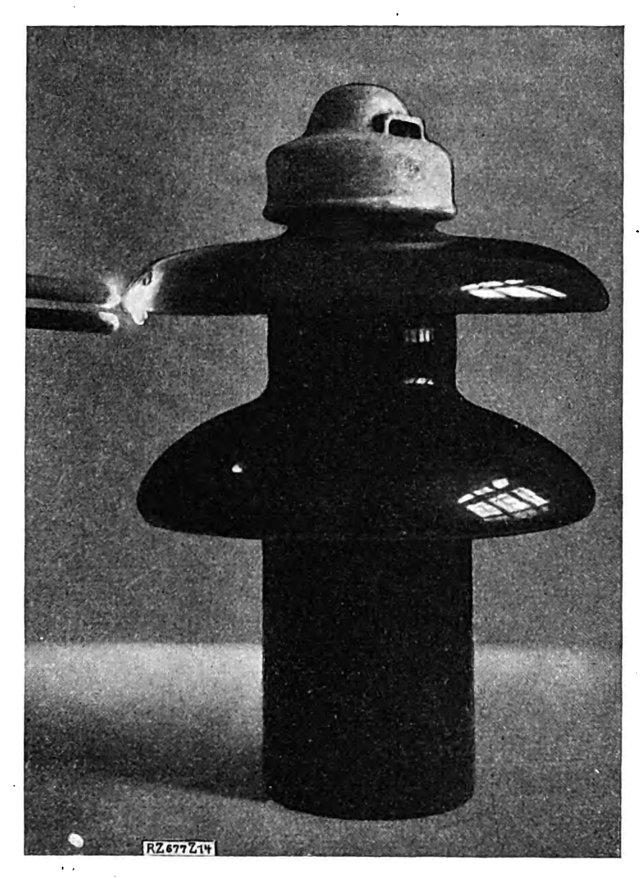


Abb. 18
Schmelzen des Porzellans im Lichtbogen einer Bogenlampe

zität. Für gebräuchliche Porzellanmassen treten beim Fall aus 40 bis 150 cm Höhe die ersten Oberflächenverletzungen, beim Fall aus 4 bis 8 m Höhe die ersten Vollbrüche ein.

Für die Widerstandfähigkeit gegen Temperatureinflüsse ist die Ausdehnungszahl der Glasur im Verhältnis zu dem des Scherbens wichtig, den größten Einfluß hat jedoch die Zugfestigkeit der Glasur. Gute Abrundungen und gleichmäßige Scherbendicken gewährleisten bessere Widerstandfähigkeit gegen plötzliche Temperaturwechsel als eckige Umrisse und unvermittelte Übergänge. Dünne Scherben ertragen Temperaturwechsel besser als dicke, Abschrecken ist gefährlicher als plötzliche Erhitzung.

Innere Spannungen sind bei einwandfrei hergestelltem Porzellan nicht vorhanden. Sie werden bei älteren Erzeugnissen bisweilen vorgetäuscht durch schlechtes Zusammenpassen von Masse und Glasur, das in besonders krassen Fällen bis zur Haarrissigkeit oder Abblättern der Glasur führen kann. Das Fehlen innerer Spannungen wird am besten bewiesen durch die Möglichkeit, Porzellan bei punktförmiger Beanspruchung mit den außerordentlich hohen Temperaturen des Kohlelichtbogens so weit zu erhitzen, daß flüssige weißglühende Glasur und Porzellanmasse herabtropft, Abb. 18.

Die Beständigkeit gegenüber Temperaturwechseln ist von großer Bedeutung bei der Befestigung von Armaturen, die bei neuzeitlichen Isolatoren meist durch Bleiausguß erfolgt. Ein guter Isolator muß den hierbei auftretenden hohen Beanspruchungen ohne weiteres gewachsen sein. Es

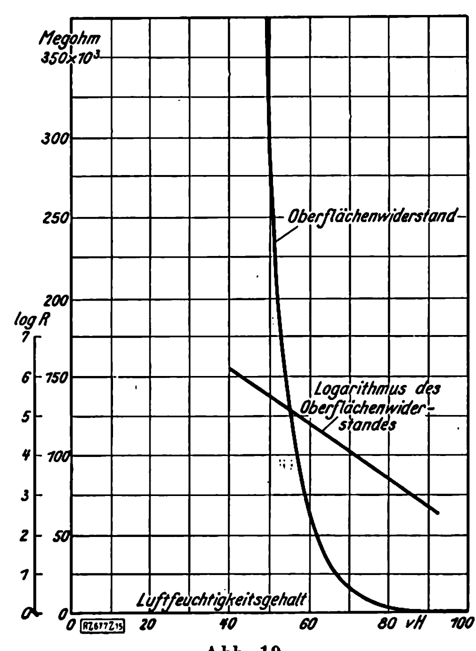


Abb. 19
Oberflächenwiderstand von Porzellan in Abhängigkeit von der Luftfeuchtigkeit (Reichspostmodell Nr. 1)

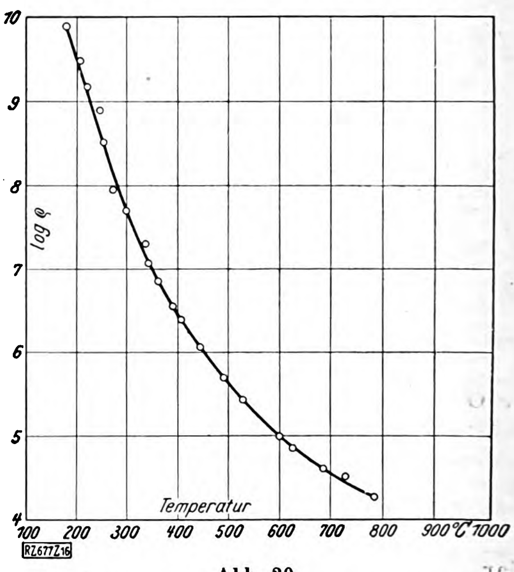


Abb. 20
Spezifischer Widerstand (Durchgangswiderstand) von Porzellan in Abhängigkeit von der Temperatur (ϱ in Ω cm)

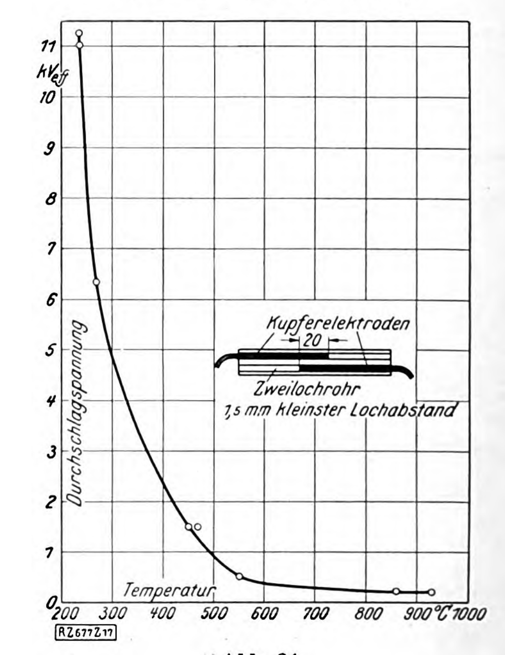


Abb. 21
Durchschlagspannung von Porzellanrohren in Abhängigkeit von der Temperatur

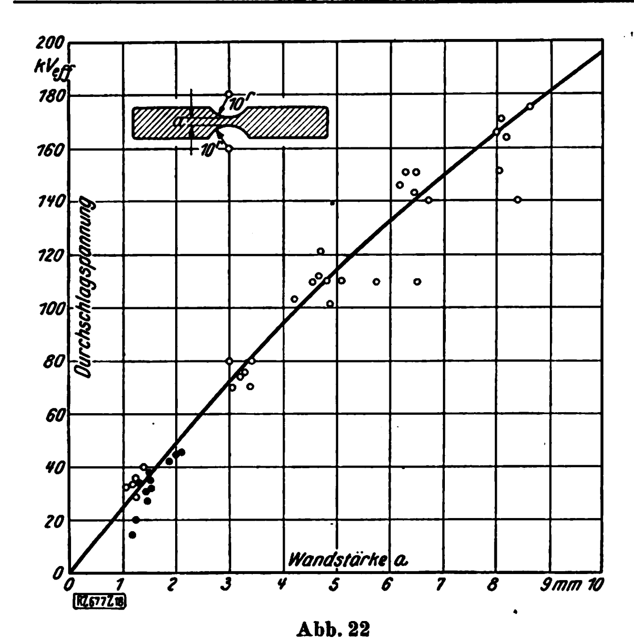


Abb. 22
Abhängigkeit der Durchschlagspannung von der Schichtdicke

ist bei Porzellan sogar möglich, eine keramisch so schwierige Form, wie sie ein Zugisolator mit zwei Porzellanschirmen darstellt, in ein Bleibad von 400 °C einzutauchen, ohne daß der Isolator geschädigt wird.

Dem thermischen Widerstandsbeiwert, der nach einer von Winkelmann und Schott für Glas aufgestellten Formel bisweilen für glasiertes Porzellan theoretisch berechnet wird, kommt praktisch keine Bedeutung zu.

Der Oberflächenwiderstand ist keine Konstante des Werkstoffes, sondern hängt von seiner Oberflächenbeschaffenheit und der Feuchtigkeit der umgebenden Luft ab, Abb. 19. Glasiertes Porzellan hat kaum einen höheren Widerstand als unglasiertes.

Abb. 20 stellt den spezifischen Widerstand (Durchgangswiderstand) in Abhängigkeit von der Temperatur dar. Die Leitfähigkeit von Porzellan ist im wesentlichen elektrolytischer Natur.

Die Durchschlagfestigkeit ist ebenso wie der spezifische Widerstand von der Temperatur, Abb. 21, ferner von der Ausbildung des elektrischen Feldes (Elektrodenform) und der Scherbendicke abhängig. In verschiedenen Stoffen und in Luft erhält man nur bei richtiger Wahl der Elektroden übereinstimmende Ergebnisse. Bewährt haben sich Probeplatten, Abb. 22. In Abb. 22 sind weiter die an solchen Platten bei verschiedener Wanddicke erhaltenen Durchschlagwerte nach Messungen von Weicker und Schwaiger[10]) aufgeführt. Die Vertiefungen der Platten werden vor dem Versuch verkupfert. Das Verhältnis der kleinsten zur größten Wanddicke darf ein Fünftel nicht überschreiten, weil sonst bisweilen trotz des großen Unterschiedes Durchschläge am Rand des Kupferbelages, also durch den dicken Scherben hindurch stattfinden und falsche Ergebnisse verursachen, ein Umstand, der die Verwendung ebener Platten wegen der hier stets vorkommenden Randdurchschläge ausschließt. Vorbedingung für hohe Durchschlagfestigkeit ist ein völlig dichter Scherben ohne Einschlüsse größerer Luftblasen. Die Glasur hat ihrer geringen Dicke wegen auf die Durchschlagfestigkeit gebräuchlicher Isolatoren keinen Einfluß.

Platten nach Abb. 23 können gleichzeitig zur Bestimmung der Dielektrizitätskonstante, der dielektrischen Verluste und der Durchschlagfestigkeit benutzt werden. Unmittelbar vor dem Durchschlag ist bei Porzellan ein Ansteigen der Verluste nicht zu beobachten, der Durchschlag ist demnach bei gewöhnlicher Temperatur kein Wärmedurchschlag; denn jede Temperaturerhöhung macht

[10]) A. Schwaiger, Elektr. Festigkeitslehre, Berlin 1925.

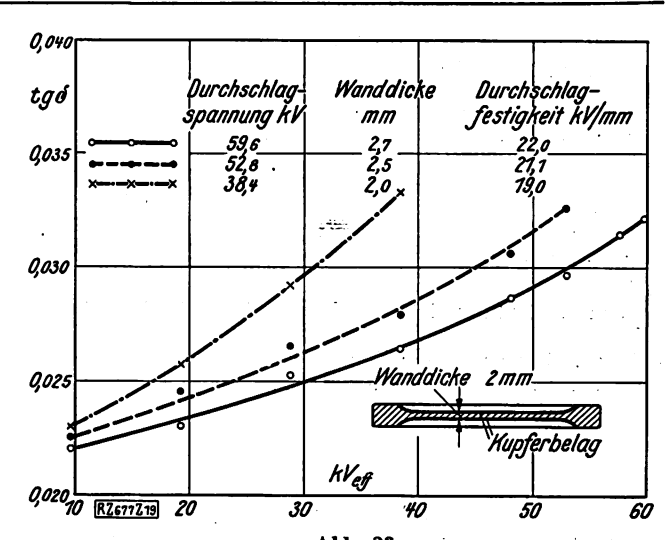


Abb. 23
Verlustwinkel und Durchschlagfestigkeit von Platten in Abhängigkeit von der Spannung

sich durch Vergrößerung des Verlustwinkels deutlich bemerkbar. Im übrigen ist der Verlustwinkel keine die Güte des Porzellans kennzeichnende Eigenschaft, selbst nicht in rein elektrischer Beziehung[11]).

Verwendung des Werkstoffes

Neben seiner ursprünglichen Verwendung für Gebrauchsgeräte aller Art im Haushalt, für Luxus- und künstlerische Zwecke, hat Porzellan in der chemischen Technik und in der Elektrotechnik ein sehr ausgedehntes Anwendungsgebiet. Viele Laboratoriumsgeräte des Chemikers und Keramikers bestehen aus Porzellan. In der chemischen Technik gehört Porzellan als Apparatebestandteil, als Gefäß- und Auskleidungswerkstoff und für viele andre Verwendungszwecke zum unentbehrlichen Rüstzeug. Die Photographie und die Färbereitechnik, die Kakao- und Grießmüllerei verwenden Walzen aus Porzellan.

Für Thermoelemente zum Messen hoher Temperaturen sind Pyrometerschutzrohre aus Sonderporzellan verbreitet. Besondere Bedeutung kommt dem Werkstoff in jüngster Zeit für die Kunstseidenindustrie zu, seitdem es gelungen ist, Porzellanspinndüsen mit bis zu 1000 auf einer Fläche von etwa 2 cm^2 gleichmäßig verteilten Löchern so sauber und genau herzustellen, daß eine Maßhaltigkeit der Bohrungen von $^1/_{100}$ mm gewährleistet werden kann.

In äußerst mannigfachen Ausführungsformen verwendet man Niederspannungsporzellan in der Fernmelde- und Installationstechnik. Für Zündkerzen in Verbrennungsmotoren wird gleichfalls Porzellan in Sonderzusammensetzung mit gutem Erfolg benutzt.

Die höchsten Anforderungen an den Werkstoff stellt jedoch die Hochspannungs-Isolationstechnik, besonders bei Verwendung als Freileitungsisolator[12]). Die außerordentlich hohen Beanspruchungen, denen das Porzellan hierbei standhalten muß, und gleichzeitig die Fortschritte der letzten Jahre auf diesem Gebiete zeigen folgende Zahlen: Für einen normalen Kappenisolator von 280 mm Schirm-Dmr. und 185 mm Bauhöhe (Scherbendicke 20 mm) wird eine mechanische Bruchfestigkeit von 6500 kg gewährleistet. Der wahre Bruchwert liegt noch wesentlich höher, im Mittel bei 10 000 kg, wobei meist nicht Bruch des Porzellans, sondern des eisernen Klöppels eintritt. Eine größere Ausführungsform, die besonders für die erste 220 000 V-Leitung in Deutschland ausgebildet worden ist, hat sogar eine mittlere Bruchfestigkeit von 20 000 kg.

Einer für die normale Bauart gewährleisteten elektrischen Durchschlagspannung von 130 000 V steht eine

[11]) K. Draeger, Über Verlustwinkel- und Kapazitätsmessungen an Porzellan, Mitteilungen der Porzellanfabrik Ph. Rosenthal & Co., A.-G., 1925 Heft 7 S. 33.
[12]) W. Weicker, Hochspannungs-Isolatoren aus Porzellan, Z. Bd. 70 (1926) S. 1183.

wirklich erreichte mittlere Durchschlagspannung von 200 000 bis 250 000 V gegenüber.

Motorisolatoren mit zwei Porzellanschirmen erreichen bei etwa 45 cm² Einspannquerschnitt trotz ihrer keramisch besonders ungünstigen Form eine mittlere Bruchfestigkeit von 8000 bis 9000 kg, während ein elektrischer Durchschlag durch den dicken Porzellanstrunk überhaupt nicht in Frage kommt. Bei Ausführung ohne Schirm als Stabisolator ergeben sich bei gleichem Querschnitt noch wesentlich höhere Zerreißwerte, etwa 9000 bis 11 000 kg.

Von Bedeutung ist die Verwendung hochwertigen Elektroporzellans für Isolationszwecke von Großfunkstationen. So werden zur Fundamentisolierung der Funktürme massive Druckstücke benutzt, die bei 10 cm Höhe und 22 cm größtem Dmr. erst unter Belastungen von etwa 700 000 kg entsprechend rd. 5000 kg/cm² Vollbruch erleiden. Hohle Knüppelisolatoren zum Abspannen der Antennen von 120 cm Länge, 60 mm innerem und 110 mm äußerem Dmr. im Einspannquerschnitt weisen eine Zerreißfestigkeit zwischen 15 000 und 18 000 kg entsprechend einer spez. Zugbelastung von 225 bis 275 kg/cm² auf.

Die hohen Leistungen, die sich in diesen Zahlenwerten widerspiegeln, sind zu einem wesentlichen Teile wissenschaftlicher Forschung und der Nutzbarmachung ihrer Ergebnisse für die Praxis zu verdanken. Das enge Zusammenwirken beider berechtigt zu der Erwartung weiterer Verbesserungen der Eigenschaften des Porzellans für die Zukunft. [B 677]

Steinzeug

Die Anwendung des Steinzeuges als Isolierstoff für die Elektrotechnik ist erst in jüngster Zeit in Aufnahme gekommen; der Baustoff ist dem Elektrokonstrukteur also noch verhältnismäßig fremd und in seinen Eigenschaften unbekannt; dennoch stellt gerade das Steinzeug den ältesten Baustoff der Gruppe keramische Erzeugnisse dar. Die Ursache liegt in der Entwicklung der Technik, die erst jetzt vielfach Konstruktionen verlangt, die in den Abmessungen von der Feinkeramik nicht mehr leicht erfüllt werden können.

Die Schwachstrom- und die Niederspannungstechnik stellten in bezug auf Isolation und mechanische Leistungen nur geringe Anforderungen, das leicht formbare Porzellan erfüllte alle Notwendigkeiten. Mit der Entwicklung der Fernstromversorgung traten neue Gesichtspunkte auf, die elektrische Beanspruchung stieg, bedeutende mechanische Festigkeiten wurden verlangt, die Formgebung wurde schwieriger, ganz besonders wuchsen die Abmessungen. Der Hersteller von Porzellan verstand es, die Fertigung zu verbessern; sie ist im ganzen den Forderungen der Konstrukteure gefolgt, soweit es mit der feinkeramischen Masse möglich war. Die höchsten Ansprüche an die Fertigung stellen die Durchführungen für die Kraftwerke. Hier fordert der Konstrukteur schon mehr, als derzeit in Porzellan mit Sicherheit und ohne großen Ausschuß geleistet werden kann. Die Teile sollen möglichst einscherbig ohne Kittstellen und ohne Garnierfugen geliefert werden.

Mit dem Steatit und dem Specksteinporzellan (Melalith) ist ein sehr beachtenswerter Baustoff in die Praxis eingeführt, der der keramischen Fertigung bei der Eigenheit seiner Rohstoffe manche Vorteile bringt, die sich ganz besonders bei größeren, elektrisch und mechanisch stark beanspruchten, schwerer formbaren Stücken auswirken. Die Steatitteile haben sich daher für hochwertige Isolatoren gut eingeführt, die Masse gestattet eine Anpassung an die schwierigsten Konstruktionsfälle.

Neben dem Steatit ist das Steinzeug geeignet, die Forderungen nach Herstellung ganz großer Stücke in einem Teil, also ohne Kittstellen und Garnierfugen, zu erfüllen. Seine Anwendung dürfte sich im wesentlichen auf die großen unter den keramischen Isolierteilen der Elektrotechnik beschränken; im übrigen wird es nicht mit Porzellan in Wettbewerb treten. Dem Konstrukteur bieten sich hier neue Möglichkeiten.

Die Verarbeitung ist im wesentlichen die der übrigen keramischen Stoffe [Porzellan[1]) und Steatit[2])], es wird genügen, die Abweichungen zu kennzeichnen, Zahlentafel 1.

Berlin-Friedrichshagen [N 904] W. Demuth

[1]) Handrek, Porzellan, dieses Heft S. 1553.
[2]) Demuth, Steatit, dieses Heft S. 1566.

Zahlentafel 1

Übersicht über die Eigenschaften von Steinzeugmassen für die Elektrotechnik

I. Herkommen: Naturerzeugnis, durch Verarbeitung ähnlich wie Porzellan und Steatit verformt und gebrannt.

II. Rationelle Zusammensetzung:

Allgemein { Tonsubstanz 30 bis 70 vH; Quarz 30 „ 60 „; Feldspat 5 „ 25 „;

dazu kommen bei größeren Stücken vorgebrannte, grobkörnige Scherben.

III. Fertigung: Aufbereitung der Masse und Verarbeitung im Naßverfahren wie bei Porzellan, jedoch hier nur ein Brand bei etwa 1250°. Einsatz der Stücke in die Öfen ohne Kapsel und unglasiert; die Glasur wird kurz vor Beendigung des Brandes durch Einstreuen von Kochsalz in die Feuerungen aufgetragen. Durch Verdampfen folgt chemische Zersetzung und Umsetzung mit der Steinzeugoberfläche zu einer dünnen geschmolzenen Salzglasur. Für bestimmte Formen Anwendung des Gießverfahrens. Verarbeitung von Preßmassen wie bei Porzellan ist bei Steinzeug nicht gebräuchlich.

IV. Lieferungsform: Für die Elektrotechnik nur in Form großer und langer Rohre oder Durchführungen oder nicht auf Zug beanspruchter Teile, im übrigen beliefert die Steinzeugindustrie nur ihre bekannten, der Elektrotechnik fernliegenden Arbeitsgebiete: Kanalisationsrohre und Geräte, Gefäße und Maschinen für die chemische Industrie. Werkstücke bis 8 m Länge möglich.

V. Farbe: Bruch gesteinartig, grau, braun bis gelb, Oberfläche glatt braun, gelblich bis grau.

VI. Glasur: Salzglasur.

VII. Mechanische und physikalische Eigenschaften:

Zugfestigkeit: glasiert und unglasiert 160 bis 250 kg/cm²,
Druckfestigkeit 5500 bis 7900 kg/cm²,
Biegefestigkeit, glasiert und unglasiert, 600 bis 950 kg/cm²,
Schlagbiegefestigkeit 1,8 bis 2,5 cmkg/cm²,
Kugeldruckhärte 800 bis 1000,
Härte nach Mohs unglasiert 7,1 bis 7,5,
Verdrehungsfestigkeit 210 bis 230 kg/cm²,
Temperaturwechselbeständigkeit wie bei Porzellan,
Frostbeständigkeit vollkommen, da nicht hygroskopisch, Scherben, glasiert und unglasiert, völlig dicht,
Wasseraufnahme 0,
Feuersicherheit beständig,
Säurefestigkeit außer gegen Flußsäure beständig,
Wetterbeständigkeit wie bei Porzellan,
Ausdehnungskoeffizient 3,5 bis $4{,}9 \cdot 10^{-6}$,
spezifisches Gewicht 2,4 bis 2,6,
Raumgewicht 2,2 bis 2,4,
Wärmeleitfähigkeit 1 bis 1,25 $\frac{\text{kcal}}{\text{m h °C}}$,
Genauigkeit Schwindung 10 bis 14 vH, durch Schleifen auf 0,002 mm bearbeitbar.

VIII. Elektrische Eigenschaften:

Durchschlagfestigkeit 5 bis 10 vH geringer als bei Porzellan,
Dielektrizitätskonstante 5,1 bis 5,2.

Die festen Isolierstoffe der Elektrotechnik

Von W. Demuth, beratendem Ingenieur, Berlin-Friedrichshagen

Übersicht der wichtigsten festen Isolierstoffe nach Herkommen, Verarbeitung und Eigenschaften — Naturstoffe: Glimmer, Holz, Kautschuk, Marmor, Schiefer — Kunststoffe: Asbest, Glimmerwaren, keramische Stoffe, gummifreie Schichtstoffe, gummifreie Preßstoffe, gummihaltige Preßstoffe

Die hier behandelten Stoffe haben für die Elektrotechnik als Isolierstoffe in erster Linie Bedeutung, doch haben die so bezeichneten Stoffe heute zum großen Teil erheblich weitere Anwendung gefunden. Die guten mechanischen Eigenschaften, die neben der Isolierfähigkeit erreicht werden, haben vielfach Anlaß gegeben, die Stoffe auch für reine Aufbauzwecke zu verwenden. Eine bis ins einzelne gehende Behandlung ist hier nicht möglich; verwandte Stoffe sind in Gruppen zusammengefaßt, oder es ist nur auf sie hingewiesen, ebenso auf einzelne besonders wichtige Stoffe, über die bereits an dieser Stelle ausführlichere Aufsätze vorausgegangen sind. Die Arbeit umschließt auch nur die festen und selbständigen Isolierstoffe, soweit sie im allgemeinen für den verarbeitenden Konstrukteur von Wert sind; Papiere, Seiden und Weichgummimassen für Sonderzwecke, wie die Kabelfabrikation und ähnliche Gebiete, sind hier nicht näher behandelt, ebenso nicht die Vergußmassen (Compound) als Übergangstoffe zu den flüssigen Isolierstoffen.

Naturstoffe

Die Anwendung reiner Naturstoffe ist infolge der fortschreitenden Ausbildung der Kunststoffe erheblich zurückgegangen, nur die höchstwertigen verwendet man noch im Urzustande, die meisten werden durch Nachbearbeitung, Tränken oder Lackieren erst zu brauchbaren Isolatoren. Soweit die Naturstoffe nur als Grundlage für Kunstharzerzeugnisse dienen, werden Vorkommen, Verarbeitung und Eigenschaften erst dort gebracht.

In die Gruppe Naturstoffe fallen Glimmer, Holz, Kautschuk, Marmor und Schiefer.

Glimmer

Im Glimmer haben wir den für die Elektrotechnik höchstwertigen, ältesten und durch keines der heute zur Verfügung stehenden Kunsterzeugnisse ersetzbaren Naturstoff. Seine Eigenschaften sind hervorragend und seine Anwendung für alle Zweige des elektrotechnischen Gerätebaues ist äußerst vielseitig.

Glimmer, im Auslande meist unter der englischen Bezeichnung „Mica" gehandelt, ist ein Mineral, das in den verschiedensten Weltgegenden gefunden wird, die einzelnen Sorten haben sehr verschiedenen Wert. Im heutigen Deutschland gibt es keine Glimmervorkommen, früher verfügten wir in Deutsch-Ostafrika über eine ganz vorzügliche Ware, die mit dem besten indischen Glimmer in Wettbewerb stand. Als uns nächstliegendes Einfuhrland kommt jetzt Österreich in Frage, doch sind die dortigen Vorkommen noch nicht in ihrem ganzen Umfang und in ihrer Wertigkeit untersucht und erschlossen. Es sei auf die Berichte von Prof. Mohr hingewiesen[1]).

Die für die Elektrotechnik meist benutzten Glimmerarten sind der Kaliglimmer oder Muskowit und der Magnesiaglimmer oder Biotit Der Muskowit zeigt die für die vorliegenden Anforderungen besten Eigenschaften, große Platten bis zu 300 cm² von guter Ebenheit, klarer Durchsicht bei 0,2 mm Dicke mit nur leichter Tönung und höchster Spaltbarkeit. Die Farbe ist leicht gelblich, rötlich oder schwach grün ohne Flecken, von andern Fundstellen auch mit Beimengungen von Eisen, Magnesium und Kalzium. Der Biotit-Glimmer ist selten ganz rein, in der Farbe dunkler, meist grün, oft nur durchscheinend bis undurchsichtig. Andre Glimmersorten, wie Magnesia oder Bernsteinglimmer (Phlogopit) von gelber bis brauner Farbe, Lepidomelan dunkelgrün bis schwarz mit starkem Eisengehalt, sind für elektrotechnische Zwecke wegen ihrer schlechten Spaltfähigkeit und hohen Dämpfung wenig geeignet, Natronglimmer und Lithionglimmer scheiden für diesen Gebrauch ganz aus.

[1]) Prof. Dr. Hans Mohr. Die Versorgung Mitteleuropas mit Nutzglimmer, „Internationale Bergwirtschaft" Bd. 1 (1925/26), S. 134.

Die Unterscheidung von Muskowit und Biotit ist durch die Schwefelsäureprobe möglich, Muskowit wird nicht angegriffen, Biotit zersetzt. Weitere Merkmale gibt die Prüfung im polarisierten Licht.

Glimmer findet sich nie rein in großen Lagern oder Blöcken, sondern stets fest eingebettet in Nestern oder Gängen im Gebirge in Gemeinschaft von Feldspat, Quarz, Glimmerschiefer in Pegmatitgängen. Der Gewinn der rohen Pakete ist mühsam, sie werden durch Sprengung und Hacke im Tagebau gelöst, an Ort und Stelle auf etwa 10 mm Dicke roh gespalten und nach Größen und Ebenheit sortiert. Verschiebungen im Gebirge ergeben Faltungen in den Glimmerschichten, die ihren Wert stark beeinträchtigen. Der Gewinn an Glimmer aus dem gelösten Stein ist sehr gering, etwa 10 vH des gebrochenen Gesteins.

Die Anforderungen der Elektrotechnik sind im allgemeinen in bezug auf die Größe der Platten wesentlich zurückgegangen. Nachdem die Funktechnik nur noch in älteren Anlagen mit tönenden Löschfunken arbeitet, besteht der Hauptverbrauch in der Verarbeitung für Kleinisolationen, zu Spaltglimmer für Mikanit oder zu Pulver als Füllstoff für Kunststoffe; ein an Plattengröße höhere Ansprüche stellendes Gebiet ist der Bau von Kondensatoren. Nur geübte Sonderfachleute sind befähigt, die Auswahl der einzelnen Glimmersorten und Abstufungen nach Reinheit und Fleckenhaltigkeit zu treffen.

Eigenschaften des Glimmers[2]):

Spaltbarkeit bis auf $^1/_{100}$ mm herunter;
Härte 2 bis 3 nach Mohs;
Wärmebeständigkeit je nach Sorte: zwischen 400° und 600° unverändert, bei 900 bis 1000° wird Glimmer spröde, weiß und pulverisierbar, bei 1200 bis 1300° schmelzbar;
Wasseraufnahme nur durch Kapillarwirkung zwischen den Schichten, in der Fläche null;
Säurebeständigkeit: Muskowit gegen Schwefel- und Salzsäure beständig, Biotit nicht;
Ölbeständigkeit (Transformatorenöl) gut;
Wärmeleitfähigkeit sehr gering;
Wärmedurchlässigkeit gegen Strahlung wie 6 : 10 im Vergleich mit Fensterglas;
Spezifisches Gewicht 2,65;
Durchschlagfestigkeit[3]):

Glimmersorte	Dicke	in Luft		unter Öl	
	cm	gemessen kV	kV/mm	gemessen kV	kV/mm
	0,055	10,5	191	4,9	89
	0,12			5,3	44
Ia Ruby, klar	0,28			7,6	27
	0,4			9,5	24
	1,0			13,5	13,5
Kalkutta, schwer rotfleckig	0,11	70	64	67	60
Kalkutta, schwarzfleckig, streifig	0,11	52	47	60	54,3
Madras, schwarz, rundfleckig	0,10	68	68	63	63

Spezifischer Widerstand nach Dr. Bärtling: Ostafrikanischer Glimmer 900 bis 980 Mill. Megohm, kanadischer Glimmer 700 bis 900 Mill. Megohm, bester indischer Ruby-Glimmer 1200 Mill. Megohm;
der Oberflächenwiderstand schwankt nach der Luftfeuchtigkeit wie nach der Güte der Ware und der Art der Beimengungen;
die Dielektrizitätskonstante schwankt ebenfalls nach der Art sehr, und zwar zwischen 3 und 8, für gute Ware liegt sie etwa bei 5;

[2]) Vergl. Demuth, Die Materialprüfung der Isolierstoffe der Elektrotechnik II, Berlin 1923.
[3]) Vergl. Schering-Schröder, Die Isolierstoffe der Elektrotechnik, Berlin 1923, S. 83.



der Verlustwert ist gleichfalls von den Einlagerungen stark abhängig; tg δ nach Messungen von Schröder $2 \cdot 10^{-4}$ bis $10 \cdot 10^{-4}$;

Verarbeitung und Werte von Mikanit folgen unter den Kunststoffen.

Holz

Holz ist, während man es früher in der Elektrotechnik viel angewandt hatte, von den VDE-Vorschriften als Isolierstoff fast vollständig ausgeschlossen, nur in getränktem Zustand ist es für einzelne Geräte noch zugelassen; es wird fast nur noch unter Öl benutzt, ist aber auch hier schon von höherwertigen Stoffen, wie Hartpapierleisten und Hartpapierformstücken, fast völlig verdrängt. Die Verlegung von Leitungen in Holz ist nur noch in Straßenbahnwagen und ähnlichen Fahrzeugen gestattet. Eine besondere Anwendung findet das Holz in den Verbundisolator-Konstruktionen, bei denen es auf Zug beansprucht wird und gleichzeitig die Isolation übernimmt; gegen Witterungseinflüsse sind die Holzteile hierbei zumeist durch Porzellan, Glas oder andre Umkleidungen geschützt.

Kautschuk

verwendet man nur in verarbeitetem Zustande. Näheres ist unter den Kunsterzeugnissen bei Hartgummi angegeben.

Marmor

ist ein in der Starkstromtechnik, ganz besonders im Schalttafelbau, gern benutzter Baustoff. Er wurde eine Zeitlang durch Kunstharzplatten verdrängt, die an sich erheblich bessere elektrisch-isolierende Eigenschaften haben. Diese Verdrängung ist nicht von Bestand gewesen; in allen größeren Schaltanlagen herrscht Marmor wieder vor, rein architektonische Gründe geben hier den Ausschlag.

Marmor ist eine Abart des Kalksteines; der Bruch zeigt je nach der Fundstelle verschieden große Körnung. Als deutsche Vorkommen seien genannt: Kunzendorf i. Schl., das Fichtelgebirge und unsre uns heute gesperrte Kolonie Südwest-Afrika. Von den weiteren europäischen Vorkommen seien Griechenland und Karrara in Italien als Lieferer vorzüglicher Ware angeführt.

Man gewinnt das Gestein in großen Blöcken, die dann in Platten verschiedener Dicke geschnitten werden. Die Bearbeitung ist leicht durch Sägen, Fräsen, Feilen, Bohren, Schleifen und Polieren auszuführen. Der Verband Deutscher Elektrotechniker verlangt, weil Marmor zur Aufnahme von Feuchtigkeit neigt, besondere Behandlung, nach der der Marmor tatsächlich weniger als Isolier-, mehr als Bau- und Konstruktionsstoff benutzt wird; dennoch wird auch eine sorgfältige Messung auf Isolationsfähigkeit durchgeführt, da der Stein mit leitenden Adern durchsetzt ist.

Marmor ist nicht säurebeständig, dagegen ölfest, Ölflecke sind jedoch aus Schalttafeln nicht wieder herauszubringen.

Schiefer

Die Verwendung von Schiefer ist erheblich zurückgegangen; sie beschränkt sich nur auf Kleintafeln für den Gerätebau. Die VDE-Vorschriften geben hierfür noch weiter einengende Regeln als für Marmor. Die Isolationsfähigkeit ist infolge vielfacher Eiseneinlagerungen noch geringer, nur in einem Punkt ist Schiefer höherwertig als Marmor: er weist neben Ölbeständigkeit auch gute Säurebeständigkeit auf.

Über Schiefervorkommen verfügen wir in Thüringen und im Rheinland, die Verarbeitung der deutschen Schiefergesteine ist etwas schwieriger als die solcher fremder Herkunft.

Kunststoffe

Asbest

Der handelsübliche Rohasbest stellt eine weiße bis gelbe, flockenartige Faser dar; er wird an vielen Stellen der Erde gefunden, die wertvollsten Vorkommen liegen in Kanada, Sibirien und Südafrika. Man gewinnt ihn bergmännisch im Tagebau; die Ausbeute an brauchbarer Ware ist im Vergleich zum bewegten Gestein sehr gering,

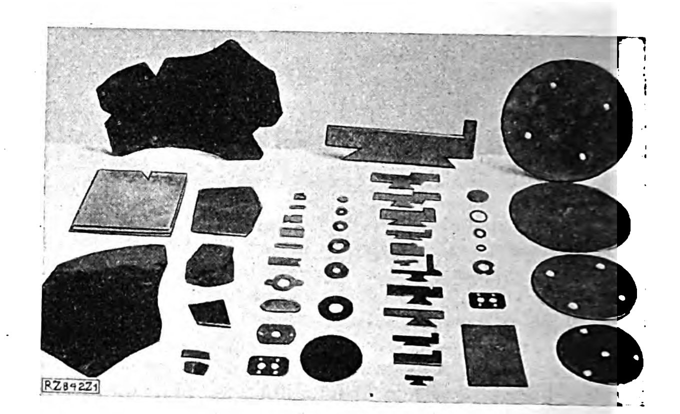


Abb. 1
Rohglimmerstücke sowie Stanzteile aus Reinglimmer und Mikanit

sie beträgt höchstens 10 vH. Die Härte beträgt 5 bis 6 nach der Mohsschen Reihe, die Wichte[3a]) 2,5 bis 3,3. Asbest läßt sich nach Lösung und Reinigung der Adern vom Gestein vermahlen oder zu Fäden, Geweben und Platten verarbeiten. Die Eigenschaften sind technisch äußerst wertvoll, Asbest ist unentflammbar, hitzebeständig, säurefest, nicht elektrisch und schlecht wärmeleitend, ungünstig ist die starke Wasseraufnahmefähigkeit.

Deutsche Asbestvorkommen liefern nur eine sehr kurze Ware, die eine Verarbeitung für technische Zwecke in beschränktem Maße lediglich als Füllstoff zuläßt.

Man verwendet Asbest als Nichtleiter von Elektrizität für die Isolation von Kabeln und Drähten, sonst nur noch in beschränktem Umfang in reiner Form für den Widerstandbau, als säurefestes Stopfmittel für ortbewegliche Sammler und in mehr oder weniger fein vermahlenem Zustand als Füllmittel für Preßstoffe, wie Kunstharz, Teermassen u. a., in Verbindung mit Pappen, Schiefermehl oder Kaolin für hochhitzebeständige Trennwände.

Glimmerwaren

Schellack-Mikanit. Der Name deutet darauf hin, daß es sich hier um ein Folgeerzeugnis des oben behandelten Glimmers handelt. Bei der Gewinnung und Verarbeitung des Naturstoffes ergibt sich ein bedeutender Abfall an Schnitt- und Spaltblättchen, der noch in weitem Maße für die Zwecke der Elektrotechnik nutzbar gemacht wird. Der Glimmer wird nach Größe sortiert, zumeist kommen unregelmäßige Blätter von etwa 4×4 bis 5×5 cm² zur Verwendung, die auf etwa 0,02 mm Dicke gespalten und auf eine Fläche schuppenartig übereinandergreifend gelegt werden, darüber kommt eine Spiritus-Schellacklösung und nach Bedarf neue gleichartige Schichten. Die so mit der Hand verklebte Platte wird unter Erwärmung gepreßt, das Lösungsmittel dabei vergast und ausgetrieben und der Schellack gehärtet. Es ergeben sich klangharte, feste Platten, die in Dicken von 0,25 bis 1,5 mm geliefert werden. Die Flächengröße ist mit 1000×500 mm² und 1000×1000 mm² handelsüblich. Die hier benutzten Druckwasserpressen sind die gleichen, die für die Herstellung von Hartpapier benutzt werden und wie eine solche in meinem Aufsatz „Kunstharze als Baustoffe"[4]) abgebildet ist. Der Flächendruck beträgt meist 75 kg/cm², die übereinanderliegenden Platten werden mit Dampf beschickt und nach dem Vergasen der Spirituslösung zum Härten auf Kühlwasser umgestellt.

Die Mikanitarten, alle nach dem geschilderten Vorgang hergestellt, sind untereinander sehr verschieden und lassen sich dem jeweiligen Bedarfsfall bestens anpassen. Als Beispiele für die vielen Einzelheiten und Möglichkeiten seien die folgenden von der AEG gelieferten Sorten angeführt:

Preßmikanit, geschliffen von 0,4 mm an, spez. Gewicht 2,5 bis 2,6, Durchschlagfestigkeit (D) bei 1 mm Dicke in Zimmertemperatur 25 kV; Verarbeitung zu Platten, Streifen und Segmenten für Kollektorbau.

[3a]) = spezifisches Gewicht, Vorschlag Aussch. f. Einh. u. Formelz.
[4]) Z. Bd. 71 (1927) S. 1231.

Preßmikanit, ungeschliffen, von 0,3 mm an, spez. Gew. und Durchschlagfestigkeit wie vorstehend.
Hartbraunmikanit von 0,3 mm an, spez. Gew. 2,2 bis 2,3; $D = 37$ kV, für Scheiben, Ringe, Rohre, Nutenisolation.
Heißmikanit von 0,3 mm an, spez. Gew. 2,5 bis 2,6, $D = 25$ kV; für Widerstände in Heizgeräten.
Ölbeständiges Mikanit von 0,3 mm an, spez. Gewicht 2,5 bis 2,6, $D = 36$ kV, für Transformatoren und Ölschalter.
Biegsames Mikanit ohne Papierauflage von 0,15 mm an, desgl. mit einfacher oder beiderseitiger Papierauflage von 0,4 mm an, spez. Gewicht 2,2, $D = 38$ kV; für Wicklungen.
Mikartafolium 0,15 mm dick, spez. Gew. 1,15 bis 1,5, $D = 3$ kV; nur in Rollen von 800 mm Breite; für Spulen für Maschinen mit offenen Gehäusenuten und zum Wickeln von Rohren.
Mikanit auf Japanpapier, in Rollen von 750 mm Breite oder in Bogen 450 × 600 mm², 0,08 bis 2 mm dick, spez. Gew. 1,1, $D = 6$ kV; Verwendung wie vorstehend.
Mikanitleinen, ein- und zweiseitig belegt, von 0,4 und 0,5 mm an, spez. Gew. 2,2.
Mikanitbatistband von 0,15 mm Dicke in Rollen oder Bändern zum Isolieren von Spulen.
Mikanitseide, von 0,12 bis 0,15 mm Dicke, in Rollen oder Bändern.

Abb. 1 zeigt eine Reihe von Stanzteilen aus Mikanit, wie auch Rohglimmerstücke.

Neben rein flächenartigen Erzeugnissen lassen sich auch ziemlich beliebig gestaltete Formstücke für verschiedene Zwecke, wie Rohre, Kollektorringe, Hülsen, Nutenauskleidungen, Spulenkörper, Kniestücke usw., aus Mikanit herstellen, als Beispiele dienen die Körper in Abb. 2.

Als Ergänzung zu den angegebenen Durchschlagwerten sei noch gesagt, daß Mikanit nicht als feuersicher im Sinne der VDE-Vorschriften gilt, und daß die Wärmebeständigkeit nur bis etwa 80° reicht. Dieser Umstand bereitet für die Verwendung der elektrisch hochwertigen und der Form nach so anpaßfähigen Mikanitteile eine frühe Grenze; man hat darum versucht, mit andern Klebemitteln zu arbeiten. Das sonst so vielseitige Bakelit, das als nächstes Mittel in Frage kam, hat wohl erheblich höhere Wärmebeständigkeit, es haftet aber an der Glimmerfläche nicht und wird dazu völlig hart, ist also auch nicht im nötigen Maß verformbar.

Es sei daher auf einen ganz neuen Stoff aufmerksam gemacht, der eigentlich in das Gebiet der Kunstharze fällt, aber gerade im Zusammenhang mit Glimmer ein verbessertes Erzeugnis, das Kunstharz-Mikanit ergibt. Es handelt sich um die Verwendung eines in Amerika bei der General Electric Co. entwickelten Kunstharzes (Glyptal).

Das Glyptal hat die Eigenschaft, vorzüglich auf glatten Flächen zu haften, so auf Glas, Glimmer, glasiertem Porzellan, poliertem Metall u. a. Für die Verwendung, besonders für die Mikanitfertigung ist weiter wichtig, eine hohe Klebefestigkeit, eine hohe Druckfestigkeit, eine Härte, die sich der Abnutzung der Kupferlamellen und der Kohlenbürsten an Kollektoren gut anpaßt, Vermeidung jeder Art von Gasbildung oder Verkohlung unter der Betriebserwärmung, hohe Durchschlagfestigkeit, hohe Wärmebeständigkeit (etwa 120 bis 150°), Beständigkeit gegen Mineralöle und Feuchtigkeit, Beständigkeit gegen schroffe Temperaturwechsel, Gleichmäßigkeit der dielektrischen Werte bei verschiedenen Temperaturen. Die genannten Eigenschaften machen Glyptal-Mikanit für alle Bedarfsfälle in der Elektrotechnik geeignet, so für Hochspannungsgeräte, Widerstandbau, Heizgeräte, Funkgeräte, Kondensatoren u. a.

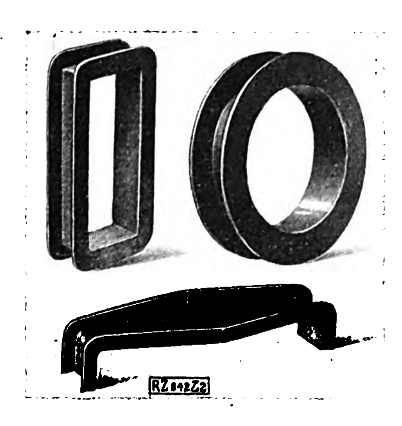


Abb. 2
Gepreßte Formstücke aus Mikanit (Spulenkörper, Brücke)

Vergleichende Versuche an Schellack-Mikanit und an Glyptal-Mikanit haben mindestens die Gleichwertigkeit des neuen Bindemittels erwiesen. Glyptal verkohlt nur schwer, die verkohlte Bahn nach Einwirkung eines Lichtbogens ist geringer als bei Schellack oder Phenolharz. Die Herstellung, Verarbeitung und Anwendung ist für Glyptal-Mikanit fast dieselbe wie für Schellack-Masse.

Keramische Stoffe

Porzellan. Diesem hochwertigen Isolierstoff ist mit Rücksicht auf seine Wichtigkeit für Hochspannungsisolatoren bereits ein selbständiger Aufsatz[5]) gewidmet, ebenso dem Steatit[6]), einem Speckstein-Erzeugnis von außerordentlich hoher Fähigkeit, sich den Bedürfnissen der Elektrotechnik und andrer wichtiger Industrien anzupassen.

Ein weiteres keramisches Erzeugnis, das für die Elektrotechnik Wichtigkeit erlangt hat, ist das Steinzeug[7]), und zwar ein zwischen dem Feinsteinzeug und dem Porzellan liegendes Erzeugnis Sillimanit der Deutschen Ton- und Steinzeugwerke. Es wird in ähnlicher Weise wie das Porzellan verarbeitet mit dem Vorteil, daß selbst große Stücke, wie Hochspannungsdurchführungen, aus einem Teil ohne Kitt- oder Garnierfugen angefertigt werden, die Masse ist ihrer Art nach aber nur zur Erzeugung solcher Teile geeignet, die in Porzellan nur schwer herstellbar sind, also von Isolatoren der größten Abmessungen.

Glas ist ein Schmelzfluß aus Kieselsäure, Natron, Kali, Kalk, Bleioxyd und je nach Anforderung andern Zusätzen, es ist leicht formbar und den verschiedensten Zwecken anzupassen[8]).

Das Glas hat in der Elektrotechnik als Isolator, als Dielektrikum für Kondensatoren, teilweise auch für Schalttafeln oder Durchführungsstützwände vielfach Anwendung gefunden, ist jedoch für diese Zwecke in Deutschland fast völlig wieder verlassen. Als Ursache sind das Vorkommen von inneren Spannungen als Folge der Herstellung und die daher unzuverlässige Festigkeit insbesondere bei Temperaturschwankungen sowie eine verhältnismäßig geringe Beständigkeit der Oberfläche gegen den Einfluß der Atmosphäre und der Rauchgase zu nennen. Jedenfalls ist Glas als Baustoff für Freileitungsisolatoren in Deutschland durch die besseren Eigenschaften von Porzellan, Steatit und Steinzeug völlig verdrängt, während in Amerika noch viele Strecken damit gebaut sind; hier ist wohl ausschlaggebend, daß das amerikanische Porzellan nicht die Güte der deutschen Ware erreicht.

Als Dielektrikum für den Kondensatorenbau großer Abmessungen wird Glas in stark bleihaltiger Zusammensetzung noch unter Öl benutzt; für die Kleinkondensatoren, in denen es während des Krieges in Ermangelung von Glimmer verwendet wurde, ist es jetzt nach Wiedererlangung dieses Stoffes mit Rücksicht auf Raum und Gewicht wieder verschwunden. Gleichwohl ist das Glas für die Elektrotechnik ein besonders wichtiger Werkstoff, wenn auch nicht als eigentlicher Isolierstoff für Elektrizität. Als Baustoff für die Lampenbirnen ist es unersetzlich, und für die Gefäße der Quecksilberdampf-Gleichrichter, Röntgenröhren u. a., spielt es noch immer eine große Rolle.

Ein ganz neues glasartiges Erzeugnis bringt die AEG jetzt dagegen auf den Markt, das Mikalex, einen durch Zusatz verschiedener Mineralstoffe hergestellten Glasfluß, der mit Glimmerstaub oder andern mineralischen Stoffen vermengt wird. Mikalex ist in Wärme plastisch und läßt sich unter der Presse formen, das Einpressen von Metall-

[5]) Handrek, Porzellan als Werkstoff, dieses Heft S. 1553.
[6]) W. Demuth, Steatit, dieses Heft S. 1566.
[7]) Dr. F. Singer, Das Steinzeug, Z. Bd. 71 (1927) S. 122; vergl. W. Demuth, Steinzeug S. 1560 dieses Heftes.
[8]) Z. Bd. 67 (1923) Heft 21, Bd. 70 (1926) S. 37 u. f.



teilen ist möglich, ebenso das Umpressen um Kontaktschienen, Bolzen, Griffe u. ä. Teile. Die Temperaturbeständigkeit geht bis über 450 °; die Wärmeausdehnung entspricht annähernd der des Metalles, so daß die Isolierüberzüge nicht reißen, abplatzen oder ähnlichen Schaden nehmen. Die Werte entsprechen im allgemeinen der Güte der Stoffe nach Klasse I der gummifreien Isolierstoffe, die elektrischen Eigenschaften übertreffen die Werte der Sonderklasse X.

Gummifreie Stoffe (geschichtet)

Preßspan-Hartpappe wurde in den Entwicklungsjahren der Elektrotechnik viel benutzt, heute ist dieser Baustoff aus seinen Hauptanwendungsgebieten durch Kunstharz-Hartpapiere und -Gewebe stark verdrängt. Die Benutzung beschränkt sich jetzt zumeist auf Schutzgehäuse, Spulenkörper, Nutenisolation, Induktorspulen, Feldspulen-Zwischenlagen, Wicklungsversteifungen und -umkleidungen, die fast sämtlich noch einer nachträglichen Tränkung als Feuchtigkeitsschutz unterzogen werden.

Preßspan wird gelb und schwarz geliefert, roh, matt und glänzend, geölt, lackiert, in Tafeln von 0,2 bis 5 mm Dicke und in Größen bis 1000 × 1200 mm², und zwar ungeölt und geölt. Die Durchschlagfestigkeit von Edelpreßspan unter Öl von 75 ° C nach den gemeinsamen Bedingungen der SSW und der AEG ist zu folgenden Werten festgestellt:

0,2	0,3	0,5	0,7	1	1,5	2 mm
10	15	23	29	37	48	56 kV.

Preßspan läßt im Vergleich zu den vielseitigen Anforderungen der Elektrotechnik nur eine beschränkte Anwendung zu, wie auch das Vulkanfiber, das aus Papierfaser, die vorher mit Schwefelsäure und Chlorzink behandelt ist, unter hohem Druck hergestellt wird. Die Lieferungsform in Platten, Rohren und Stangen läßt eine mannigfaltigere Anwendung als Preßspan zu, die Bearbeitung ist leicht, die Wärmebeständigkeit ausreichend, doch zeigt es große Feuchtigkeitsaufnahme, die den Verband Deutscher Elektrotechniker zu eng begrenzenden Vorschriften veranlaßt hat.

Der Werkstoff ist darum aus der Elektrotechnik wieder mehr verdrängt und durch die weitaus höherwertigen Hartpapiere ersetzt. Der Aufbau vollzieht sich hier unter Verwendung von Papieren oder auch andren Stoffen, die mit Bakelit getränkt und unter Druck und Hitze zu einem geschichteten, annähernd gleichförmigen Körper verarbeitet werden. Die Lieferungsform in Platten, Rohren, Stäben und Formstücken ermöglicht eine umfangreiche Anwendung im Bau von Hoch- und Niederspannungsgeräten. Ausführlicheres über Einzelheiten ist bereits in zwei Arbeiten in dieser Zeitschrift gesagt[9]).

Webstoffe. Den festen geschichteten Isolierstoffen schließen sich die Webstoffe an, die in Bändern oder in Breiten bis 1200 mm handelsüblich sind und hauptsächlich zu Isolationszwecken im Maschinen- und Gerätebau gebraucht werden. Die Auswahl ist hier außerordentlich groß. Als Tragkörper dienen Seide, Leinen, Batist, Köper, Segelleinen, Papier, die durch Tränken mit Iolierlacken zu hochdurchschlagfesten, wickelfähigen Isolierstoffen verarbeitet werden und sehr wertvolle Bauteile für Spulen, Ankerwicklungen u. dergl. ergeben.

Einige Beispiele aus der Reihe der AEG-Webstoffe lassen die Isolationsgüte erkennen:

Isolier-webstoffe	Dicke mm	Durchschlagfestigkeit bei Zimmertemperatur je nach Dicke kV
Isolierseide	0,1 bis 0,25	4 bis 20
„ batist	0,15 „ 0,25	3 „ 7
„ leinen	0,12 „ 0,30	3 „ 18
„ köper	0,5 „ 0,7	4,5
Renforcé	0,25 „ 0,30	6
Isoliersegelleinen	0,7 „ 0,8	8 bis 10
„ papier	0,05 „ 0,1	3 „ 6

[9]) Vergl. [4]), ferner Oehler, Papier als Werkstoff, Z. Bd. 71 (1927) S. 545.

Den Bahnen und Bändern schließen sich die Isolierschläuche aus Eisengarn und Baumwolle an, die mit 1 bis 14 mm l. W. und 1 m Länge geliefert werden; die Wanddicke beträgt 0,5 und 1 mm, die Durchschlagfestigkeit 3 bis 8 kV. Verwendung finden die Schläuche im Gerätebau, in der Funktechnik, im Kraftwagenbau an Zünderleitungen u. dergl. Stellen.

Gummifreie Preßmassen

In diese Gruppe gehören die Teer-, Asphalt-, Zellon-, Wasserglas-, Gips-Zementmassen, trocknende Öle und Kunstharz-Preßstoffe; die ersteren sind zwar noch in Gebrauch, soweit nicht hohe Ansprüche an Wärmebeständigkeit gestellt werden, doch stehen wir in einem Übergang, der sich vollkommen den hochwertigen Kunstharzerzeugnissen zuneigen dürfte.

Man verarbeitet diese Massen nach Mischung mit Füllstoffen entweder nach dem Kaltpreß-, dem Spritz- oder dem Heißpreßverfahren in Matrizen. Die Vorteile der Kaltpreß- und Spritzmassen liegen im billigen Preis und, als Folge ihrer niedrigen Wärmegrenze und Wiedererweichung, in dem erneuten Nutzbarmachen von Abfällen und Ausschuß, während die Kunstharzerzeugnisse an sich teurer sind und nach der Endverarbeitung nicht zurückgewonnen werden können. Kunstharze haben je nach den Füllstoffen eine Wärmebeständigkeit bis 200 °, nach Angaben der Bakelite-Ges. auch bis 300 °C und sind nicht wieder schmelzbar, über der Grenztemperatur tritt langsame Verkohlung ein.

Für die Beurteilung der Stoffgüten sind vom Zentralverband der Deutschen Elektrotechnischen Industrie und dem Material-Prüfungsamt Untersuchungsverfahren und eine Gütestaffel, Zahlentafel 1, festgelegt.

Die einzelnen Preßwerke mischen und verarbeiten die Grundstoffe vielfach nach Sondererfahrungen; die Namen sind ebenfalls sehr vielartig, so daß eine Gesamtaufzählung hier nicht möglich ist. Die Kennzeichnung durch das amtliche Klassenzeichen ist ein einwandfreies Merkmal[10]).

[10]) Vergl. a. W. Demuth, Kunstharze als Baustoffe, Z. Bd. 71 (1927) S. 1231.

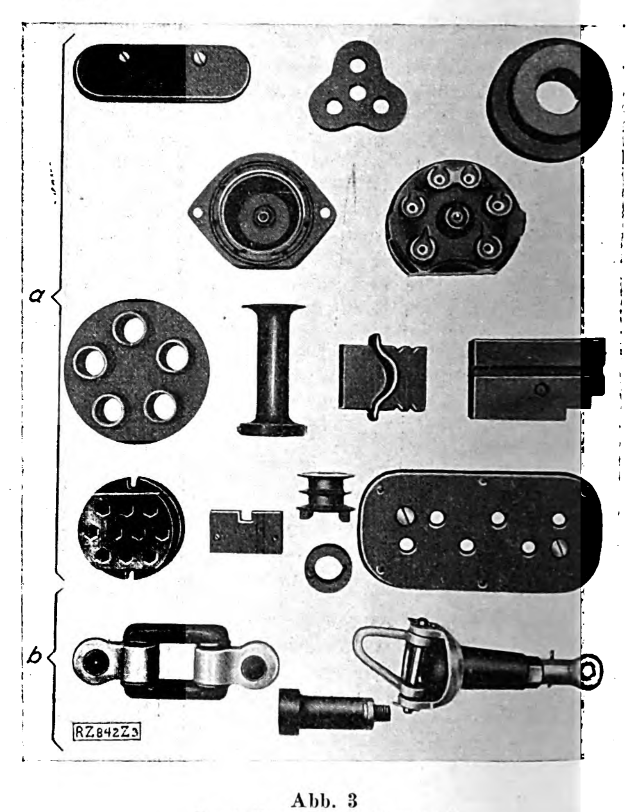


Abb. 3
Bauteile aus Hartgummi

a Preßteile als Brücken, Verteilerschieber, Klemmleisten, Spulenkörper, Deckel usw.
b Abspannisolatoren für Straßenbahnen



Demuth: Steatit

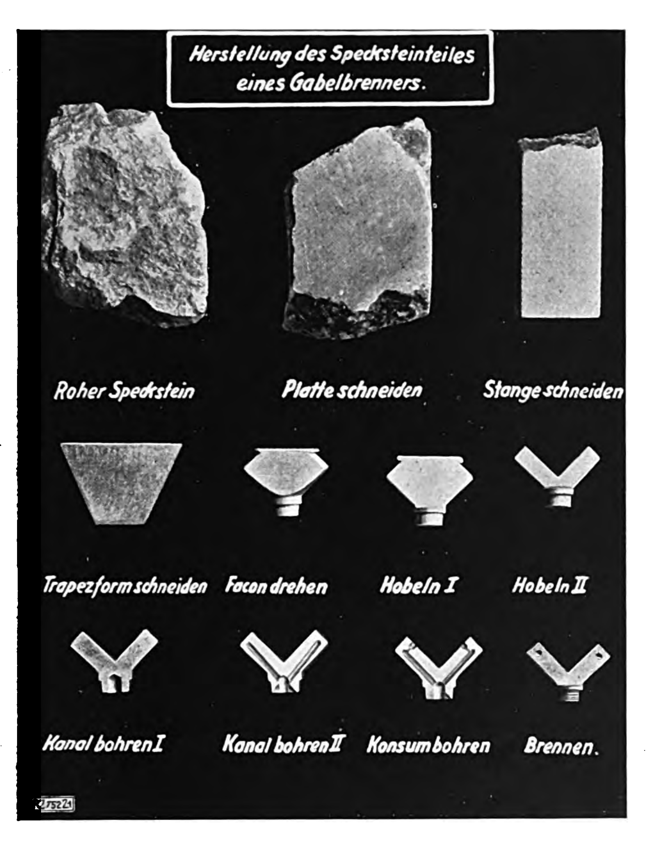


Abb. 1
Verarbeitung von Naturspeckstein vom Findling bis zum brennfertigen Stück

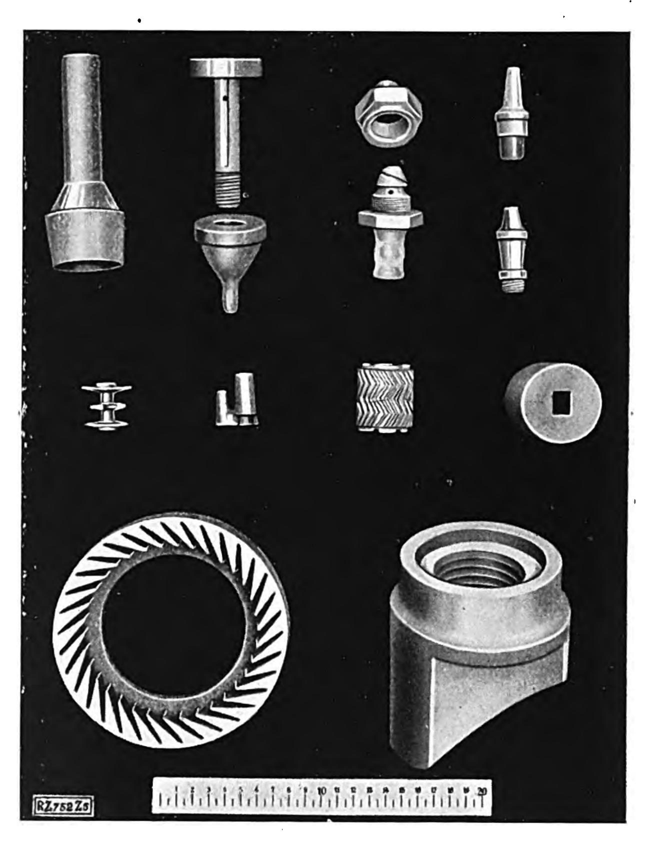


Abb. 5
Düsen, Fadenführer, Treibräder und Mahlsteine aus Steatit

Abb. 2
Teile aus Naturspeckstein

Zahlentafel 1

Eigenschaften von gummifreien Preßmassen

Klasse	Wärmebeständigkeit nach Martens °C	Biegefestigkeit kg/cm²
I	mindestens 150	mindestens 500
II	„ 150	„ 350
III	„ 150	„ 200
IV	„ 150	„ 150
V	„ 150	unter 150
VI	„ 100	mindestens 350
VII	„ 65	„ 250
VIII	„ 45	„ 125
IX	unter 45	„ 125
X	funkensichere Stoffe	

Gummihaltige Isolierstoffe

Die Benutzung der mittels Kautschuks[11]) hergestellten gummiartigen Stoffe ist in der Elektrotechnik im letzten Jahrzehnt wegen der geringen Wärmebeständigkeit wesentlich zurückgegangen, und andre Kunstmassen sind an ihre Stelle getreten. Den Anforderungen entsprechend haben auch hier die Gummifabriken Sondermischungen unter eigenen Namen geschaffen.

Die Lieferungsformen umfassen Platten, Rohre, Stangen und die verschiedensten Preßteile mit und ohne Metalleinlage. Der Hauptvorteil der Gummistoffe liegt in einer guten Eignung für Bauteile, die betrieblich dauernd feinen Stößen ausgesetzt sind, denen gegenüber Ersatzstoffe zu spröde sind. Zur Darstellung der Gesamteigenschaften diene Zahlentafel 2, die ein Auszug aus der AEG-Liste ist; damit ist eine Vergleichsmöglichkeit mit den gummifreien Preßstoffen möglich. Abb. 3 zeigt einige Bauteile.

Ein für die mannigfachsten Zweige der Technik wichtiges Gebiet der Hartgummiverarbeitung ist die Herstellung von Bauteilen aus säurefestem Ebonit oder die Auskleidung von Gefäßen, Kesseln, Misch- und Rührtrommeln mit der Masse, wofür in Abb. 4 und 5 einige Beispiele gegeben sind.

Hier müssen auch noch die Isolierbänder erwähnt werden, die in verschiedenen Dicken, Farben, Breiten und Gütegraden, ein- oder zweiseitig gummiert, geliefert werden.

[B 842]

[11]) Z. Bd. 71 (1927) S. 553.

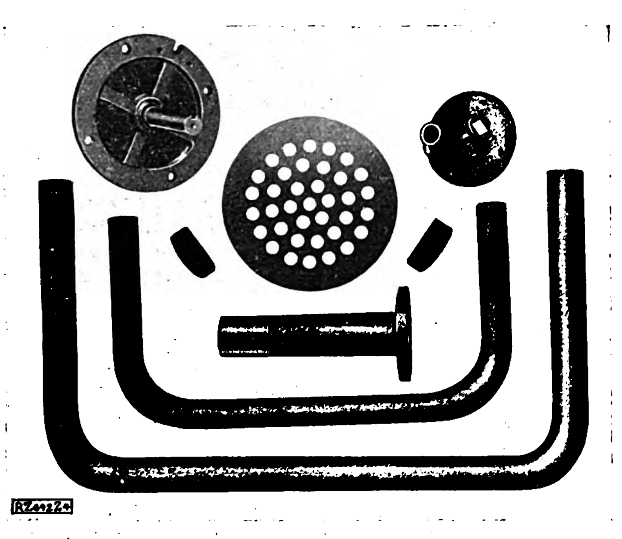


Abb. 4
Säurefeste Bauteile aus Ebonit

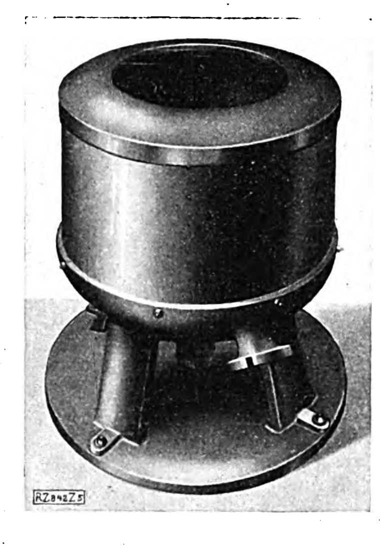


Abb. 5
Mit Ebonit säurefest umkleideter Mischbottich

Zahlentafel 2

Eigenschaften einiger gummihaltiger Isolierstoffe nach Angaben der AEG.

Bezeichnung	Farbe an der Oberfläche	Spezifisches Gewicht	Zerreißfestigkeit kg/cm²	Biegefestigkeit kg/cm²	Schlagbiegefestigkeit cm kg/cm²	Härtezahl nach Brinell $P = 50$ kg $D = 5$ mm kg/cm²	Wärmebeständigkeit nach Martens, Absinken um 3 mm bei °C	Wärmebeständigkeit nach Vicat, Temperatursteigerung 50° in 1 h, Nadel 1 mm², runder Auflagequerschnitt Belastung 5 kg, Einsinken um 1 mm bei °C	Wasseraufnahme in 96 h etwa vH	Lichtbogensicherheit, Gütegrad	Oberflächenwiderstand Megohm × 10⁶ cm²	Durchschlagfestigkeit kV/mm	Kleinste Wanddicke mm
Hartgummi 26 769	schwarz	1,24	340	900	9	1500	65	105	0,018	3	1,84	9,7	0,2
Braunstabilit 5640	braun	1,56	290	675	9	2100	60	165	0,03	3	2,1	7,3 bis 10,5	2
Eisengummi 26 755	grau	1,7	210	600	7	2000	80	170	0,09	3	2,1	10 bis 11	2
Vulkanasbest 5730	braunschwarz	1,9	120	350	5	1500	90	über 230	1,53	3	0,75	2,5	2

Steatit

Von W. Demuth, beratendem Ingenieur, Berlin-Friedrichshagen

Übersicht über die Verarbeitung und Verwendung von Speckstein, Steatit, Melalith und verwandten Baustoffen. Tafel der Eigenschaften von Steatitmassen.

Hierzu Textblatt 19 und 20

Das Steatit wird oft von den Verbrauchern als ein dem Porzellan wesensgleicher Stoff angesehen, tatsächlich ergeben sich bei näherer Betrachtung ganz erhebliche Unterschiede, grundsätzliche Abweichungen und vielseitigere Anwendungsmöglichkeiten. Das Steatit läßt einmal eine weitaus sorgfältigere Anpassung an die verschiedenen Erfordernisse der Verbraucherkreise unter Voranstellung der einen oder andern physikalischen oder chemischen Eigenschaft durch besondere Zusammensetzung oder Behandlung zu, anderseits ist bei Verwendung von Naturspeckstein eine Bearbeitung möglich, die an Feinmechanik erinnert; selbst bei Benutzung gepulverter Massen in den verschiedenen Mischungen wird noch eine Sauberkeit und Maßhaltigkeit erreicht, die die des Porzellans erheblich übertrifft. Hinzu kommen noch die außerordentlich hohen Festigkeits- und elektrischen Eigenschaften. Das Steatit gestattet in vorzüglicher Weise die weiteste Anwendung der neuzeitlichen Bandfertigung und unbedingte Austauschbarkeit, Eigenschaften, die in einem wirtschaftlich arbeitenden Betriebe höchste Wertung genießen.

Vorkommen und Erzeugungsstätten

Das Steatit und seine Folgeerzeugnisse werden ausschließlich in Deutschland gewonnen und verarbeitet; keines der fremden Industrieländer ist in der Lage, dem ein gleichwertiges Erzeugnis entgegenzustellen, da der Urstoff, der Speckstein, in dieser Güte und Eigenart nur in deutschem Boden gefunden wird. Aus volkswirtschaftlichen Gründen ist es daher von großer Bedeutung, dem in technischer Beziehung so hochwertigen Baustoff immer weitere Anwendungsmöglichkeiten zu erschließen und nicht nur auf dem Inlandmarkte zu verwenden, vielmehr noch ergibt sich hier für die Fertigung ein wertvolles Ausfuhrgut, das geeignet ist, zur Verbesserung unsrer stark passiven Handelsbilanz beizutragen.

Der Naturspeckstein ist ein monoklin kristallisierendes Mineral vom spezifischen Gewicht 2,6 bis 2,8 und der Härte 1 nach der Mohsschen Reihe, er läßt sich leicht verarbeiten, durch folgenden Ofenbrand wird die Härte 6 erreicht. In chemischer Beziehung ist der Speckstein dem Talk gleich, unterscheidet sich aber in seinem geologischen Vorkommen und seinen physikalischen Eigenschaften wesentlich von diesem. Der Rohstoff findet sich in derben Massen, in Stücken bis Faust- oder Kinderkopfgröße in Nestern im Kalk, Granit, Serpentin und Glimmerschiefer. Die Farbe ist weiß, gelblich bis graugrün; der Stoff ist fettig und nicht hygroskopisch.

Das deutsche Vorkommen bei Göpfersgrün im Fichtelgebirge hat eine Mächtigkeit von mehr als 5 km Länge bei fast 1 km Breite und erheblicher Tiefe. Den Rohstoff baut man rein bergmännisch teils im Tage- teils im Tiefbau ab. Das in Deutschland gewonnene Gestein zeigt so hervorragende Besonderheiten, daß der vom Ausland versuchte Wettbewerb durch Ausbeutung von Vorkommen in Spanien, Frankreich, Rumänien und Amerika nicht dagegen aufzukommen vermochte; auch der in Ostasien anzutreffende, für Schnitzereien vielfach benutzte Rohstoff zeigt wohl ähnliche Eigenschaften, weicht jedoch so erheblich ab, daß man ihn für technische Zwecke nicht verwenden kann. Der Speckstein ist durch den Einfluß kiesel- und kohlensäurehaltiger, magnesiareicher Wasseradern entstanden, die die Kalkschichten umbildeten. Der in der Grube gewonnene Rohstoff wird gewaschen, ausgelesen und getrocknet.

Die Vorkommen wie die Verarbeitung lagen bis vor einigen Jahren noch in der Hand verschiedener Firmen; sie sind jetzt zusammengefaßt in der Steatit-Magnesia-A.-G., Berlin, die die Ausnutzung und Verwertung mit allen wissenschaftlichen Mitteln neuzeitlicher Technik unter Beschäftigung von Geologen und Chemikern in Gewinnung und Vorbereitung, Elektroingenieuren, Keramikern und Betriebsbeamten als Sonderfachleuten betreibt. Die Fertigung liegt in Erzeugungsstätten in Berlin-Pankow, Berlin-Tempelhof, Holenbrunn und Lauf a. d. Pegnitz, getrennt nach den Verbrauchzweigen und den dafür nötigen Sonderstoffen. Einige wenige noch selbständige Betriebe beziehen den Rohstoff von der Hauptgesellschaft.

Verarbeitung und Verwendung des Naturspecksteins

Die rohen Natursteine lassen sich ohne Schwierigkeit und infolge der Fettigkeit des Stoffes fast ohne Staubbildung in Scheiben oder sonst beliebige flache oder kantige Formstücke, Abb. 1[1]), mit der Kreissäge schneiden. Die gewonnenen Teile lassen sich drehen, bohren, fräsen, mit feinstem Gewinde versehen, die Lochdurchmesser bis auf 0,08 mm herstellen. Die Erzeugnisse, die zumeist in der Gasindustrie verwendet werden, vielfach aber auch als feinste Spritzdüsen für die Kunstseidenfertigung, als Zerstäuberdüsen für verschiedene Flüssigkeiten benutzt werden, werden auf Sondermaschinen, die trotz der Kleinheit der erzeugten Gegenstände oft 4 bis 6 Arbeitsgänge ausführen, ohne Umspannen hergestellt. Abb. 2 zeigt solche Stücke, in der ersten Reihe Brenner für Gas, teils ganz aus Speckstein, teils sind die Brennerköpfe in Metalleinsätze eingesetzt. Wenn auch in Deutschland die Gasbeleuchtung zum Teil der Elektrizität hat weichen müssen, so finden die Stücke aus Naturspeckstein doch noch für den Auslandmarkt bedeutenden Absatz, auch für Azetylenbrenner für die Kraftwagen- und Fahrradindustrie, für Grubenlampen, Streckenbaulampen, für Bojen und Leuchtfeuer, für Vergaserdüsen an Kochgeräten, Matrizen für Bleistiftminen, für die optische Industrie, für Schweiß- und Schneidbrenner usw. Die untere Reihe auf dem Bilde zeigt u. a. mehrere Spritzdüseneinsätze, die kaum noch die Feinheit und Vielheit der sehr kleinen Löcher erkennen lassen; unten ist ein rund gedrehter, mit feinem Gewinde versehener und nutenförmig ausgefräster Widerstandskörper für elektrische Zwecke dargestellt.

Die mechanisch fertig bearbeiteten Stücke werden unglasiert einem einmaligen Brande unterworfen, wodurch die Härte 6 erreicht wird. Eine Glasierung läßt sich auf dem Naturstein nicht anbringen, doch erhält man auch so eine sehr glatte Oberfläche. Die Schwindung beträgt nur 0,25 vH, wodurch eine außerordentlich hohe Maßhaltigkeit erreicht wird. Die Feuerbeständigkeit ist durch keinen andern Baustoff zu übertreffen.

Erwähnt sei, daß der Naturspeckstein infolge seiner leichten Bearbeitbarkeit vielfach zur Fertigung von Versuchsteilen für Laboratorien, für die Elektrotechnik und andere Zweige vorzüglich verwendbar ist, um für die Massenfertigung vorgesehene, aber noch nicht genügend durchgebildete Körper herzustellen und die geeigneten Formen zu erproben. Durch dieses Hilfsmittel lassen sich oft teure Formen und Werkzeugänderungen ersparen und viel Zeit gewinnen; die Gelegenheit zu solchen Vorstudien sollte im Bau elektrischer, physikalischer und optischer Geräte zur Ersparnis von Ausfällen, die sich in wirtschaftlicher Beziehung oft schwer auswirken, weit mehr ausgenutzt werden.

Die Schnittabfälle und das Sägemehl aus der Verarbeitung von Naturspeckstein leiden in ihrer Güte nicht, sie finden für die in den folgenden Abschnitten behandelten Pulverpreßmassen noch volle Ausnutzung.

[1]) Abb. 1, 2 und 5 auf Textbl. 19, Abb. 3, 4 und 6 bis 8 auf Textbl. 20 (hinter S. 1564).



Verarbeitung von Preßmassen für die Elektroinstallation

Fein vermahlener Speckstein wird für die Industrie, vorzüglich für die Elektrotechnik, im großen Umfange unter Verwendung keramischer Zusätze verarbeitet. Die Arbeitsform ist in ihren Grundzügen hier aus der Preßporzellanherstellung übernommen, das vermahlene Gut wird in Stahlmatrizen verpreßt; doch ist der Ausfall der Teile und ihre allgemeine Wertigkeit weit überlegen.

Ein grundsätzlicher Unterschied gegenüber Porzellan liegt vor allem darin, daß die Specksteinmasse zumeist bis auf Teile besonders gearteter Formen ohne jeden Preßöl- oder Petroleumzusatz auf Grund der eigenen Plastizität vollkommen trocken verpreßt werden kann. Dieser Umstand gestattet die Anwendung sehr wirtschaftlicher Arbeitsverfahren, bedeutende Steigerung der stündlichen Maschinenleistungen, saubere Pressung und damit Verringerung des lästigen Verputzens, große Dichte, verkürzte Lieferzeit, da infolge Fehlens der Zusatzflüssigkeit die Ware vom Preßtisch, sofern es sich nicht um sehr dicke Teile handelt, fast ohne Trockenzeit dem Ofen zugeführt werden kann; weiter ergibt sich bei der Trockenpressung wesentlich geringere Schwindung und damit viel größere Genauigkeit des fertigen Stückes. Hervorzuheben ist außerdem, daß der Steatit-Scherben sich kaum beim Brennen verzieht; die Teile kommen gerade und eben aus der Kapsel, zusammenzubauende Teile, wie Steckerhälften und dergl. liegen fest und schließend aufeinander an; Schalterplatten, Sicherungssockel liegen gerade auf ihrer Unterlage auf. Ein Ausschuß durch Springen beim Einbau ist bei der hohen Festigkeit nicht zu befürchten; durch Gewinde miteinander zu verbindende Teile kann man sicher zusammenschrauben.

Neben den rein elektrotechnischen Teilen werden auch viele Gegenstände andrer Industrien, die hohe Festigkeit, große Härte oder hohe Hitzebeständigkeit, oft verbunden mit großer Durchschlagfestigkeit verlangen, aus Preßsteatit gefertigt, so Zündkerzen für Gaskraftmaschinen, Fadenführer und Garnspulen für die Textilindustrie, Matrizen für die Bleistifterzeugung, Formen für Kohlepuppen zu Trockenbatterien usw.

Abb. 3 zeigt einige häufig vorkommende Preßteile, wie Schalt- und Sicherungssockel, mit den verschiedensten Aussparungen als Rund- und Langlöcher, Vertiefungen, Rippen, Nuten und dergl., Klemmleisten, Schalträder für Drehschalter, Sicherungseinsätze mehrerer Arten und Größen, Fassungsringe und -einsätze. In Abb. 4 sind besonders große Preßstücke dargestellt, für die sich Steatit der geforderten Härte und Ebenheit wegen, die z. B. für Mahlzwecke unbedingt erforderlich ist, besonders gut eignet. In Abb. 5 sind verschiedene Teile für Sonderzwecke wie Zündkerzen, Düsen, Mahlsteine, Walzen, Fadenführer usw. gezeigt; sie lassen die vielgestaltige Form und Anwendung von Steatitmassen erkennen.

Der Scherben von Preßsteatit zeigt unglasiert außen eine gelbliche Färbung, während der Bruch rein weiß bis grau ist. Der Scherben ist auch unglasiert völlig dicht und unhygroskopisch, er läßt sich nach Wunsch ganz oder teilweise mit Glasur überziehen; die meist gebräuchlichen Arten sind farblos, schwarz oder weiß. Bezüglich der für den Brand notwendig unglasiert bleibenden Stellen gilt das gleiche wie bei Porzellan, die in der Kapsel aufruhenden Flächen müssen zur Verhinderung des Festbrennens glasurfrei bleiben. Die Teile werden hauptsächlich, sogar auch bei großen Stücken gepreßter Ausführung, nur in einem Gang gebrannt; das Verglühen fällt fort, da die Rohmasse kein Wasser enthält. Kleine Massenteile werden zur besseren Ausnutzung des Brennraumes im Ofen vielfach gemuffelt. Die Eigenart des Steatits gestattet auch bei diesem Arbeitsgang eine sehr weitgehende Mechanisierung und Ausscheidung von Handarbeit und Arbeitzeit, die sich in Gleichmäßigkeit und Güte des Erzeugnisses wie in verkürzter Lieferzeit auswirkt.

Die Festigkeitseigenschaften sind zugleich mit den Werten für die Hochspannungsmasse in Zahlentafel 1 zusammengestellt.

Sondermassen für Wärmegeräte

In ähnlicher Weise werden die Sondermassen Magnesolith und Thermolith für außergewöhnlich hohe Anforderungen hergestellt, z. B. für Elektrowärmegeräte, Gas-Heizkörper, chemische und Laboratoriumgeräte.

Abb. 6 zeigt Teile für hochhitzebeständige Widerstandskörper, für Wärmestrahler und ähnliche Geräte sowie Flachkörper für Heizwiderstände, in die die Heizdrähte einglasiert werden können, Abb. 7 Einsätze für Gasöfen von z. T. außerordentlich schwieriger Gestaltung. Die Stücke lassen einerseits erkennen, welchen hohen Ansprüchen an Konstruktionsgedanken man mit dem Baustoff bei gleichzeitig höchster Temperaturbeanspruchung nachkommen kann, anderseits aber auch, über welche hohe Erfahrung im Matrizenbau und in der Pressereitechnik das Werk verfügt, um solche Ansprüche erfüllen zu können. Anschließend an die Teile für Gasheizung seien hier die Erzeugnisse für Glühlichtbrenner wie Gabeln für stehende Strümpfe und Ringe für Hängestrümpfe erwähnt. Abb. 8 gibt einige Kleinteile für die chemische Industrie wieder; es ließen sich hier noch Teile wie Ölfeuerungsdüsen, Geräte für Flammenbogenuntersuchung nach Prof. Wedekind, säure- und hitzebeständige Teile für die chemische und metallurgische Industrie, Pyrometerrohre u. a. anschließen.

Widerstände für drahtlose Nachrichtenübermittlung

Für die drahtlose Nachrichtenübermittlung wendet man sehr hohe Widerstände bestimmter, diesem Zwecke angepaßter Konstruktion und Verarbeitung an, die ebenfalls auf keramischen Massen aufgebaut sind.

Hochspannungsisolatoren aus Steatit und Melalith

Neben dem Steatit, das sich infolge seiner außerordentlich hohen mechanischen Festigkeit besonders für solche Isolatoren eignet, die auf reinen Zug beansprucht werden, wie z. B. die Motorisolatoren, Stabisolatoren für Bahnzwecke und ähnliche Konstruktionen, wurde unter dem Namen Melalith eine Masse durchgebildet, die sich in der Hauptsache aus den Porzellanrohstoffen unter Beigabe von Speckstein als Flußmittel zusammensetzt. Damit wurde eine Verbesserung der Masse und ihrer Festigkeitswerte erreicht. Der Baustoff hat einen hervorragenden Stand im Arbeitsgang (d. h. während des Formens und Brennens); er läßt sich gut garnieren (Zusammensetzen von Einzelteilen, die, fertig gebrannt, ein Stück ergeben), er ist vorzüglich geeignet zur Fertigung von Teilen großer Abmessungen, die sonst keramisch schwer herstellbar sind.

Aus Melalith werden alle Isolatorenformen gefertigt, ferner Ketten-Freileitungsisolatoren, Hochspannungsdurchführungen bis zu den größten Abmessungen, Stützer, Deltaglocken, Weitschirmisolatoren und die durchschlagsicheren Konstruktionen.

Die Bruchwerte, die jetzt an Steatit- und Melalith-Isolatoren der verschiedenen Formen erreicht werden, hätte man noch vor nicht langer Zeit für unmöglich erachtet. Die vom V. D. E. vorgeschriebenen Prüfungen und Werte werden sämtlich erfüllt, teils noch übertroffen.

Als Beispiele seien hier nur zwei ausgewählt, und zwar in Abb. 9 eine in einem Stück hergestellte Hochspannungsdurchführung für 200 000 V und in Abb. 10 ein Steatit-Hängeisolator der Motorkonstruktion, der während der mechanischen Zugbelastung Beschußproben ausgesetzt war, ohne daß er irgendwie zersprang. Vielfach sind nämlich auf den nicht dauernd überwachten Hochspannungs-Fernstrecken Störungen der Übertragung durch Zerschießen der Isolatoren versucht worden.

Steatit und Melalith verarbeitet man unter sorgfältiger Beobachtung der Massenzusammensetzung in gleicher Weise wie Porzellan nach dem Naßverfahren aus Hubel oder Strang, ebenso schließen sich Trocknung, Glasierung und Brand an, so daß der Konstrukteur bei seinen Entwürfen von den gleichen Gesichtspunkten ausgehen kann.

Die bisher ermittelten Werte für Speckstein- und Steatitmassen sind in Zahlentafel 1 zusammengestellt. Weitere Einzelheiten und Wiedergabe von Versuchsreihen über die verschiedenen Massen, insbesondere über Steatit



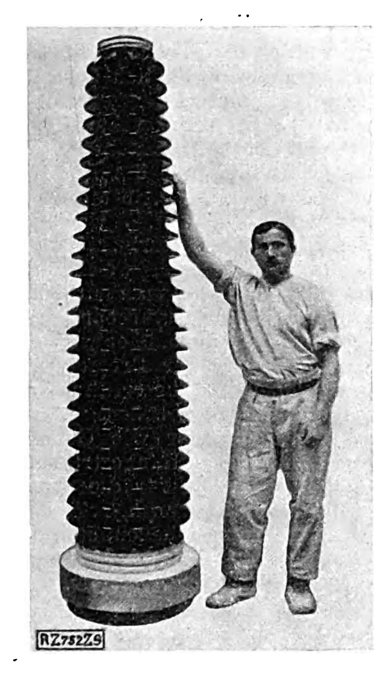


Abb. 9
200 000 V-Hochspannungsdurchführung aus Melalith in einem Stück

und Melalith und Isolatorenformen und die vielgestaltigen Erfahrungen im Zusammenbau ließen sich im Rahmen der Arbeit nicht unterbringen; sie müssen Sonderaufsätzen vorbehalten bleiben, hier war lediglich die Aufgabe gestellt, in das Gebiet der Steatitmassen allgemein einzuführen, um so anläßlich der Werkstoffschau schon einen Überblick über die Anwendungen dieses Stoffes zu geben.



Abb. 10
Motor-Isolator aus Steatit, unter Zuglast beschossen

Zahlentafel 1

Eigenschaften von Steatitmassen

I. Herkommen: Naturerzeugnis, durch Verarbeitung verformt, durch Zusätze für Sonderzwecke angepaßt und veredelt.

II. Zusammensetzung: Magnesium-Silikat aus Naturspeckstein mit Flußmitteln.

III. Fertigung:
a) Naturstein: trocken schneiden, drehen, bohren, fräsen, Gewinde schneiden, garbrennen bei 1400 °C;
b) Pulvermassen: trocken vermahlen, pressen, glasieren, (ohne Verglühbrand) garbrennen bei 1400 °C;
c) Pulvermassen: vermahlen, naß aufbereiten mit Zusätzen naß drehen, pressen oder gießen, trocknen (ohne Verglühbrand), garbrennen bei 1400 °C.

IV. Lieferungsform: Als Fertigkörper für verschiedene Industriegebiete. Nachbearbeitung nur durch Schleifen und Bohren.

V. Anwendung: Für alle Zwecke der Elektrotechnik: Schwachstrom, Starkstrom, Hochspannung, Hochfrequenz, für die Gasindustrie, chemische Industrie, Mahlwerke, Textilmaschinen, Bleistiftindustrie usw.

VI. Farbe: Scherben außen leicht gelblich bis leicht bräunlich, Bruch rein weiß bis grau, muschelig-körnig.

VII. Glasur: Naturstein nur unglasiert, Farbe leicht gelb-rötlich. Preß-, Gieß- und Drehteile unglasiert und beliebig glasiert lieferbar, Hauptfarben schwarz, weiß, braun. Scherben auch unglasiert dicht.

VIII. Mechanische und physikalische Eigenschaften:
1. Zugfestigkeit je nach Versatz 550 bis 750 kg/cm².
2. Druckfestigkeit 8000 bis 9200 kg/cm².
3. Biegefestigkeit 950 bis 1200 kg/cm².
4. Schlagbiegefestigkeit 2,3 bis 2,8 cmkg/cm².
5. Kugeldruckhärte 1300 bis 1800 kg/cm².
6. Härte nach Mohs { Naturstein (gebrannt) 6; Steatit 7 bis 8
7. Verdrehungsfestigkeit 500 kg/cm².
8. Wärmebeständigkeit bis Schmelzpunkt 1400 °C.
9. Temperaturwechselbeständigkeit: V. D. E. - Vorschrift von + 10 ° bis + 95 °C übertreffend.
10. Frostbeständigkeit vollkommen, da nicht hygroskopisch.
11. Wasseraufnahme 0.
12. Feuersicherheit beständig.
13. Säurefestigkeit, außer gegen Flußsäure beständig.
14. Wetterfestigkeit (glasiert u. unglasiert) beständig.
15. Ausdehnungszahl 4,1 bis $8{,}3 \cdot 10^{-6}$.
16. Spezifisches Gewicht je nach Versatz 2,7 bis 2,8.
17. Raumgewicht je nach Versatz 2,6 bis 2,7.
18. Wärmeleitfähigkeit 2,3 bis 2,4 kcal/m h °C.

IX. Elektrische Eigenschaften:
1. Durchschlagfestigkeit kV/cm { geringe Wanddicken bis 150, größere Wanddicken 80 bis 100.
2. Oberflächenwiderstand: zahlenmäßig nicht anzugeben, da von Luftfeuchtigkeit abhängig.
3. Durchgangswiderstand 10^{14} bis 10^{15} Ω/cm.
4. Dielelektrizitätskonstante etwa 4,1 bis 5.
5. Dämpfverluste bezogen auf Luft $\operatorname{tg} \delta = 0{,}005$ bis 0,01 bei 800 Per./s.

[B 752]

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

Bd. 71 SONNABEND, 5. NOVEMBER 1927 Nr. 45

Die Rolle des Sauerstoffes für die Metallurgie und die Qualität des Stahls

Von P. Oberhoffer †

Nach Notizen des Verstorbenen bearbeitet von W. Hessenbruch und H. Esser, Aachen

Die Entwicklung der Sauerstofffrage — Die analytische Bestimmung des Sauerstoffes — Der Einfluß des Sauerstoffes auf die Eigenschaften des Stahls — Die Bindung des Sauerstoffes im Stahl sowie die Beeinflussung der Sauerstoffbindung durch Desoxydationsmittel — Die Untersuchungsverfahren zur Erforschung der Desoxydationsvorgänge.

„Wer das Gesetz der Phänomene kennt, gewinnt damit nicht nur Kenntnisse, er gewinnt auch die Macht, bei geeigneter Gelegenheit in den Lauf der Natur einzugreifen und sie nach seinem Willen und zu seinem Nutzen arbeiten zu lassen."

Helmholtz, Goetherede 1892.

Während die Wissenschaft schon frühzeitig die Fragen nach dem Aufbau des Stahls und nach den metallurgischen Vorgängen bei den verschiedenen Stahlerzeugungsverfahren aufgriff und bearbeitete, hat die Praxis diesen Fragen erst in neuerer Zeit unter dem Druck der parallel laufenden Qualitätsfrage eingehendere Beachtung geschenkt. Es war und ist auch heute noch für manchen Praktiker nicht leicht, die Vorteile zu erkennen, die sich aus einer möglichst eingehenden wissenschaftlichen Bearbeitung der genannten Fragen für die Entwicklung der gesamten Eisenindustrie ergeben haben und weiterhin ergeben werden.

Man erkennt bei genauerem Studium der Geschichte der Metallurgie in ihrem Zusammenhang mit der Entwicklung der reinen Naturwissenschaften deutlich wie die Entwicklung der Anschauungen vom Wesen des Stahls an die Erkenntnisse und Arbeiten einzelner überragender Metallurgen geknüpft ist.

In einem früheren Vortrag von Oberhoffer[1]) wurde gezeigt, wie sich an die Namen Réaumur, Sven Rinman, Karsten und Ledebur eine Entwicklung knüpft, die uns die Entstehung unserer heutigen Vorstellungen veranschaulicht. Der Wert solcher Betrachtungen liegt nicht nur in der Möglichkeit, dem Verbraucher ein Bild von der Länge, sondern auch von der Schwierigkeit des zurückgelegten Weges zu geben und damit sein Verständnis für die Lage der Erzeuger zu wecken und wachzuhalten.

Es ist bewunderungswürdig, wie die Forscher des 18. und 19. Jahrhunderts trotz ihrer verhältnismäßig einfachen Hilfsmittel bereits zutreffende Erkenntnisse gewinnen konnten. Bereits Karsten widmet sein Hauptaugenmerk den Hauptbegleitern des Eisens: Kohlenstoff, Silizium, Mangan, Phosphor und Schwefel. Die analytischen Schwierigkeiten waren jedoch damals noch so groß, daß sie ihn zu der Bemerkung veranlaßten: „Wer mit solchen Analysen bekannt ist, wird die Hoffnung, sie einmal als kontrollierende Probe auf den Eisenhütten eingeführt zu sehen, gerne aufgeben".

Einen besonders starken Sprung macht die Entwicklung in den letzten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts. Die Umgestaltung der naturwissenschaftlichen Anschauungen und die Versuche zur rechnerischen Erfassung der Naturvorgänge, eng verbunden mit Namen wie Robert Mayer, Helmholtz, Guldberg, Waage, Berthelot, Gibbs, van't Hoff usw. machen sich in Ledeburs 3. Auflage des Handbuchs der Eisenhüttenkunde bemerkbar. Was Karsten nicht zu hoffen gewagt hatte, ist inzwischen verwirklicht worden. Die Analyse der verschiedenen Stahl- und Roheisensorten ist die Grundlage der Beurteilung ihrer Güte geworden. Damit erfahren die Zusammenhänge zwischen den Eigenschaften und der Zusammensetzung des Stahls eine wesentliche Klärung.

In diese Entwicklungszeit fällt die Beobachtung, daß der bei wesentlich höheren Temperaturen und zum erstenmal im flüssigen Zustand gefrischte Stahl leicht unbrauchbar wird, wenn nicht durch geeignete Zusätze der hereingebrachte Überschuß an Sauerstoff unschädlich gemacht wird. Diese neue Erscheinung äußerte sich beim Walzen des ersten Bessemerstahls dadurch, daß der Block unter der Walze zerfiel. Sie war bei dem bis dahin in niedriger Temperatur erzeugten Schweißeisen nicht aufgetreten, weil der Sauerstoffträger, das FeO, nach unserer heutigen Kenntnis im festen Zustand weit weniger löslich ist als im flüssigen. Erst durch die Erfindung der Desoxydation mit Mangan durch Mushet erhielt die Flußeisenerzeugung Bedeutung.

Damals erkannte man im Sauerstoff die Ursache dieses Übels; es erhoben sich gleichzeitig die Fragen nach seiner analytischen Bestimmung, seiner Einwirkung auf die Eigenschaften und nach den Mitteln zur Bekämpfung dieses Einflusses.

Gerade Ledebur widmet der Frage der Bestimmung des Sauerstoffes, seiner im Eisen vorliegenden Form und seines Einflusses auf die Eigenschaften einen großen Teil seiner Forschungstätigkeit und entwickelt das Wasserstoff-Reduktionsverfahren, dessen Prinzip die Reduktion der Oxyde zu Metall und Wasser ist. Die Menge des gebildeten Wassers wird bestimmt. Es zeigte sich, daß die maßanalytische Bestimmung des Sauerstoffes mit viel größeren Schwierigkeiten verbunden war als die der übrigen Elemente. Während die Bestimmung dieser Elemente durch eine Analyse wässeriger Lösungen möglich war, ergab sich hier die Notwendigkeit, hohe Temperaturen und starke Reduktionsmittel anzuwenden sowie den Luftsauerstoff auszuschließen. Es lag daher in der Natur der Sache, daß die ersten Ergebnisse dieser Arbeiten nicht sehr befriedigten.

Die Praxis half sich mit der seit jenen Tagen kaum veränderten Rotbruchprobe über diese Schwierigkeiten hinweg und erhielt so einen Anhalt über die Anwesenheit von Sauerstoff im Stahl. Die Beurteilung der übrigen Schmiedeproben gestattete außerdem weitgehende Rückschlüsse auf Temperatur und Zusammensetzung des Schmelzgutes. Die Rotbruchprobe gibt jedoch lediglich einen qualitativen Anhalt über das Vorhandensein von Sauerstoff. Anderseits üben auch geringere, nicht zum Rotbruch führende Sauerstoffgehalte einen schädlichen Einfluß auf einzelne Eigenschaften aus. Es sei nur erwähnt, daß Stähle trotz gleicher Zusammensetzung und Vorbehandlung vollkommen verschiedenes Verhalten bei der Wärmebehandlung (Härten, Anlassen, Vergüten)

[1]) Vorgetragen auf dem Eisenhüttentag, Leoben 1927, vergl. „Stahl und Eisen" Bd. 47 (1927) S. 1512.

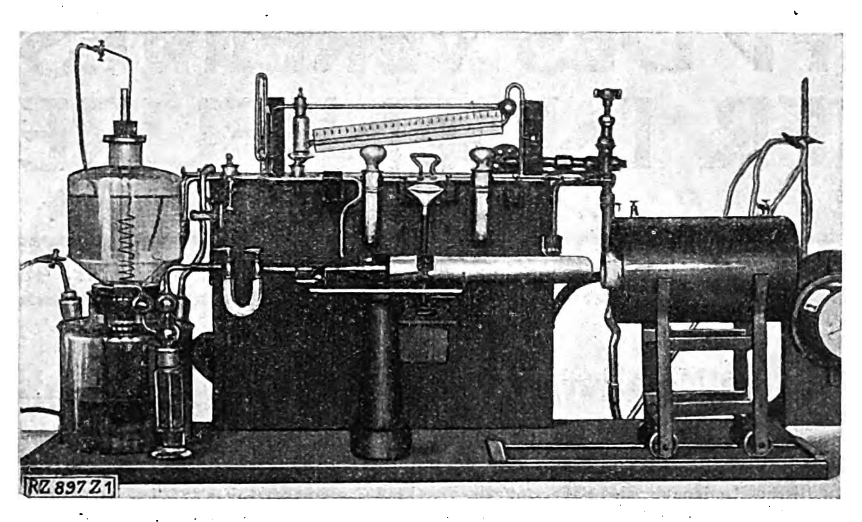


Abb. 1
Geräteanordnung zur Bestimmung des Sauerstoffes nach dem Wasserstoff-Reduktionsverfahren

zeigen können. All diese Fälle bestärkten Oberhoffer in der gefühlsmäßig seit Ledeburs Zeiten in der metallurgischen Fachwelt vorhandenen Auffassung, daß hier die Gegenwart von Oxyden, Sauerstoff, wie man sich kurzweg ausdrückte, eine Rolle spielen. Die Frage nach einem einwandfreien Verfahren zur Sauerstoffbestimmung wurde seither immer dringender.

Die Grundlage der langjährigen Untersuchungen Oberhoffers zur Klärung der Sauerstofffrage im metallurgischen, physikalischen und physikalisch-chemischen Sinne war daher an erster Stelle die Auffindung eines geeigneten Verfahrens zur Bestimmung des Sauerstoffes.

Den Ausgang dieser Arbeiten bildeten Untersuchungen über die Brauchbarkeit und Entwicklungsmöglichkeit des von Ledebur begründeten Wasserstoffverfahrens, bei dem die Eisenprobe in Form von Frässpänen im Wasserstoffstrom von ihren Oxyden befreit und das gebildete Wasser in P_2O_5 aufgefangen und gewogen wird. Obschon der Wasserstoff im festen Eisen bei Temperaturen von 800 bis 900 ° schon merklich diffundiert, erschien eine quantitative Reduktion des Eisens und der Oxyde im festen Zustand aussichtslos. Durch Zusatz von Zinn-Antimon und später Antimon allein gelang es, den Schmelzpunkt des Stahles soweit zu erniedrigen, daß die Reduktion der Sauerstoffverbindungen bei 1100 bis 1200 °C vorgenommen werden konnte. Über die Entwicklung dieses Verfahrens ist mehrfach berichtet worden[2]). Abb. 1 zeigt die zu diesen Untersuchungen verwendete Geräteanordnung.

Das an und für sich elegante Verfahren ist jedoch mit zwei wesentlichen Fehlerquellen behaftet. Die verglichen mit den Temperaturen der metallurgischen Verfahren niedrige Reduktionstemperatur von 1100 ° erlaubt nur die Reduktion der Oxyde des Eisens, Mangans (und teilweise Siliziums). Für legierte Stähle, bei denen ein Teil des Sauerstoffs an die stabile Oxyde bildenden Metalle wie Cr, Al usw. gebunden ist, reicht die Reduktionskraft von H_2 bei 1100 ° nicht aus.

Deshalb wurden Reduktionsversuche mit H_2 bei höheren Temperaturen ausgeführt. Hierbei tritt ebenso wie bei dem Heißextraktionsverfahren mit steigender Temperatur eine steigende Reduktion des Tiegelbaustoffes ein, die den Leerwert beträchtlich erhöht.

Ein weiterer Nachteil ist die Tatsache, daß der vorhandene Kohlenstoff sich an der Reduktion der Oxyde beteiligt. Die dadurch hervorgerufene Bildung von CO wird durch steigende Temperatur und steigenden Kohlenstoffgehalt begünstigt. Es ist daher bisher nicht möglich, Stähle mit mehr als 0,20 vH C nach dem H_2-Verfahren zu untersuchen. Schon 1922 machte Oberhoffer gemeinsam mit Pfeiffer-Schießl[3]) den Versuch, das bei der Reduktion sich bildende CO zu bestimmen. Das hierzu verwendete Verfahren ergab jedoch derartige Schwierigkeiten mit den Geräten, daß dieser Weg für eine praktische Durchführung von Betriebsanalysen als aussichtslos erschien und verlassen wurde. Neuerdings wird die Frage, die gebildeten Sauerstoffverbindungen des Kohlenstoffes zu erfassen, im Eisenhüttenmännischen Institut, Aachen, von Petersen nach einem neuartigen, erfolgversprechenden Verfahren wiederum bearbeitet.

Aussichtsreicher als die Reduktion mit Wasserstoff erschien die Reduktion der Metall-Sauerstoff-Verbindungen mit Kohlenstoff, der bei Temperaturen oberhalb 1100 bis 1200 ° eine wesentlich stärkere Reduktionskraft hat als der Wasserstoff. Da zur Reduktion der meisten Oxyde die Anwendung höherer Temperaturen notwendig ist, lag die Benutzung des Kohlenstoffs als Reduktionsmittel nahe.

Das im Prinzip zuerst von Tucker 1881 angewandte Verfahren wurde von Goerens, Walker und Patrick[4]) ausgebaut. Eine wesentliche Vereinfachung der zur Durchführung der Reduktionen erforderlichen Geräte bedeutet die von Oberhoffer mit Beutell geschaffene selbsttätige Quecksilber-Tropfpumpe. Im Laufe der letzten drei Jahre entwickelte sich diese Geräteanordnung[5]) zu einem bereits für Betriebsmessungen geeigneten Handwerkzeug.

Die Voraussetzung für die Brauchbarkeit des Verfahrens bildet die mehrfach festgestellte Erscheinung[6]), daß CO und CO_2 im festen Eisen unlöslich sind und daher die bei der Extraktion gefundenen Gase aus der Reduktion der Oxyde stammen. Es ergab sich jedoch eine weitere störende CO-Quelle in den Oxyden des Schiffchen-Werkstoffes (MgO, Al_2O_3, SiO_2 usw.) die bei Temperaturen oberhalb 1200 ° in Anwesenheit von Eisen im Vakuum bereits namhaft reduziert werden. Es wurden deshalb umfangreiche Versuche, zum Teil unter Leitung von Privatdozent Dr. H. Salmang in der Silikatchemischen Abteilung des Eisenhüttenmännischen Instituts, Aachen, unternommen, die Fehlerquellen durch Herstellung eines hochschmelzenden, porenfreien und chemisch wenig aktiven feuerfesten Gefäßes zu beheben.

Da vermutet wurde, daß die Bildung von Kohlenoxyd auf die Anwesenheit von SiO_2 als Bindemittel zurückzuführen sei, wurde möglichst reine Magnesia zur Herstellung der Schiffchen benutzt. Nach sorgfältigen Versuchen zeigte sich jedoch, daß oxydhaltige Tiegelbaustoffe oberhalb 1200 ° für diese Zwecke unbrauchbar sind. Nun wurde Grafit als Tiegelwerkstoff verwendet. Die dadurch sich ergebenden Schwierigkeiten der Gasabsorption usw. konnten behoben werden.

In längerer Gemeinschaftsarbeit mit der Staatlichen Porzellanmanufaktur, Berlin, gelang es außerdem, ein bis 1500 °C gegenüber der umgebenden Atmosphäre gasdichtes Porzellan zu finden, das zudem noch ziemlich widerstandfähig gegen Temperaturwechsel ist. Dieses Porzellan wird seit langem im Institut für Eisenhüttenkunde zur Herstellung der Vakuumrohre benutzt. Die Rohre haben gegenüber gleichen Rohren aus Quarz die Vorteile der größeren Dichte, des höheren Erweichungspunktes und der größeren Lebensdauer, da sie nicht wie Quarz entglasen.

---

[2]) Oberhoffer und v. Keil, „Stahl und Eisen" Bd. 40 (1920) S. 812, Bd. 41 (1921) S. 1449; Oberhoffer und Piwowarsky, Pfeiffer-Schießl, Stein, „Stahl und Eisen" Bd. 44 (1924) S. 113; Keutmann und Oberhoffer, „Stahl und Eisen" Bd. 45 (1925) S. 1557; Oberhoffer, „Stahl und Eisen" Bd. 46 (1926) S. 1045.

[3]) Diss. Pfeiffer-Schießl, Aachen 1922, s. a. „Stahl und Eisen" Bd. 44 (1924) S. 113.

[4]) Genaue geschichtliche Entwicklung s. Diss. Hessenbruch, Aachen 1927.

[5]) „Stahl und Eisen" Bd. 46 (1926) S. 1046.

[6]) Piwowarsky, Dr.-Ing.-Diss. Breslau 1919; Maurer, K. W.-Ges. zur Förderung der Wissensch., Berlin 1921, S. 146; Oberhoffer und Piwowarsky, „Stahl und Eisen" Bd. 42 (1922) S. 801; Oberhoffer, Schreiber und Boppl, „Stahl und Eisen" Bd. 44 (1924) S. 113.

Die im Laufe der letzten Jahre entwickelte Geräteanordnung für die Heißextraktion zeigt Abb. 2. Die im Porzellanrohr aus der Probe (Frässpäne) und entgastem schwedischen Roheisen als Kohlenstoffträger gebildeten Gase werden von der Tropfpumpe abgesaugt und gesammelt. Das Sammelgefäß kann bei laufender Pumpe in beliebigen Zwischenräumen entleert werden, wobei das Gas in den Analysator übergeführt wird. Dort werden CO_2, CO und H_2 bestimmt. Der Gasrest besteht erfahrungsgemäß fast vollkommen aus N_2.

Mit dieser Geräteanordnung ist man imstande, bei Vorrat von entgasten Roheisenreguli als Zusatz eine O_2-Bestimmung in 1 bis 1½ h durchzuführen[7]). Obschon die Temperatur von 1200 ° als niedrig bezeichnet werden muß, und die dadurch bedingte Probenahme in Spanform grundsätzlich falsch ist, lassen sich mit diesem Verfahren bereits verhältnismäßig gut vergleichbare Ergebnisse erreichen. Über eine große Reihe von Untersuchungen an einfachen C- und legierten Stählen wird weiter unten berichtet werden.

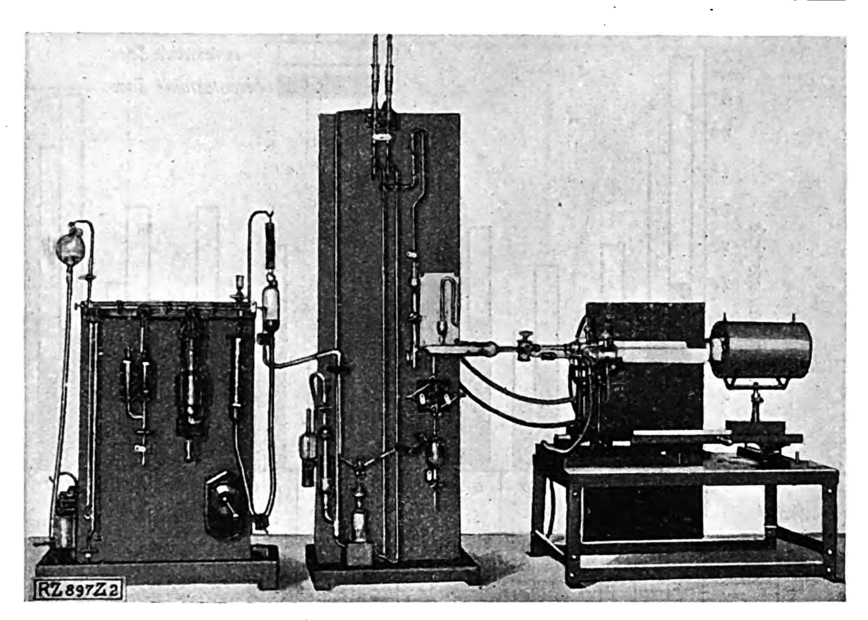


Abb. 2
Geräteanordnung zur Bestimmung des Sauerstoffes nach dem Heißextraktionsverfahren

In Amerika ist man ähnliche Wege gegangen. Im Bureau of Standards wurde 1925 ein Verfahren zur Bestimmung von Sauerstoff ausgebildet[8]), bei dem in einem Hochfrequenzofen die Entgasung eines 50 g schweren Metallzylinders in einem Grafittiegel vorgenommen wird. Die Versuchstemperatur kann bis 1600 ° gesteigert werden, beträgt jedoch normalerweise 1400 bis 1450 °. Die extrahierten Gase bestimmt man auf gewichtsanalytischem Wege. Im ersten Absorptionsrohr wird H_2O durch P_2O_5, im zweiten CO_2 durch mit KOH getränkten Asbest gebunden. H_2 und CO werden dann über Kupferoxyd verbrannt und H_2O und CO_2 wie vorher bestimmt. Für jede Bestimmung müssen also vier Wiegeröhrchen ausgewogen werden. Jede Bestimmung dauert einen Tag. Die mit dem amerikanischen Verfahren erhaltenen Werte sind geringer als die nach unserem Heißextraktionsverfahren gefundenen. Der wesentliche Vorteil dieser Geräteanordnung ist die Benutzung des Hochfrequenzofens. Leider ist es Oberhoffer infolge der Rheinlandbesetzung erst seit kurzem ermöglicht worden, den Hochfrequenzofen in den Dienst der Sauerstoffbestimmung zu stellen. Die Anlage wurde durch die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft zur Verfügung gestellt. Es soll in Kürze ausführlich über Versuche mit dieser von uns entworfenen neuartigen Geräteanordnung für die Heißextraktion berichtet werden[9]).

Das Wasserstoff- und Heißextraktionsverfahren geben günstigenfalls nur die gesamte Menge der vorhandenen Oxyde an. Für die Beurteilung der Vorgänge bei der Desoxydation usw. ist aber neben der quantitativen Erfassung auch die Bindungsform des Sauerstoffes von besonderem Wert. Die an die hier in Frage kommenden Verfahren geknüpften Erwartungen[10]) haben sich im Laufe der Zeit nur teilweise erfüllt. Es ist heute mit Hilfe des Bromverfahrens möglich, nur SiO_2 und Al_2O_3 zuverlässig auch in harten Stählen und Roheisensorten zu bestimmen[11])[12]). Die Bestimmung des MnO ist mit Brom nicht, wahrscheinlich jedoch mit Jod in alkoholischer Lösung unter Ausschluß von Wasser möglich[13]). Bei dem Aufschluß im Chlorstrom, der ebenfalls die Bestimmung der Kieselsäure und der Tonerde gestattet, stößt man bei der Ermittlung der übrigen Oxyde auf erhebliche Schwierigkeiten.

Im Zusammenhang mit den Verfahren der Sauerstoffbestimmung verdient die Ehnsche Zementationsprobe Erwähnung. Nach Versuchen von Ehn[14]) verhält sich ein oxydreicher Stahl bei der Zementation ganz anders als ein oxydarmer. Die Tiefe und das Gefüge der zementierten übereutektoiden Schicht zeigen bei sauerstoffreichen Stählen ein unklares, wirres Zementitnetzwerk, während dies bei sauerstoffarmen Stählen klar und gleichmäßig groß ist. Abb. 3, *a* und *b*, zeigt das Gefüge zweier nahezu gleich zusammengesetzter Stähle mit verschieden hohem Sauerstoffgehalt nach der Zementation und Ätzung mit Natriumpikrat. Man erkennt deutlich das unklare Zementitnetzwerk des stark sauerstoffhaltigen Stahls.

Dieser von mehreren Seiten bestätigte[15]), allerdings in neuerer Zeit auch bekämpfte Versuch hat sich als Mittel zur qualitativen Sauerstoffbestimmung in der amerikanischen Kraftwagenindustrie zu einem ständigen Hilfsmittel für die Beurteilung der Güte entwickelt. Dabei ist die Feststellung bemerkenswert, daß schon Réaumur vor nahezu 200 Jahren in seiner berühmten Schrift über

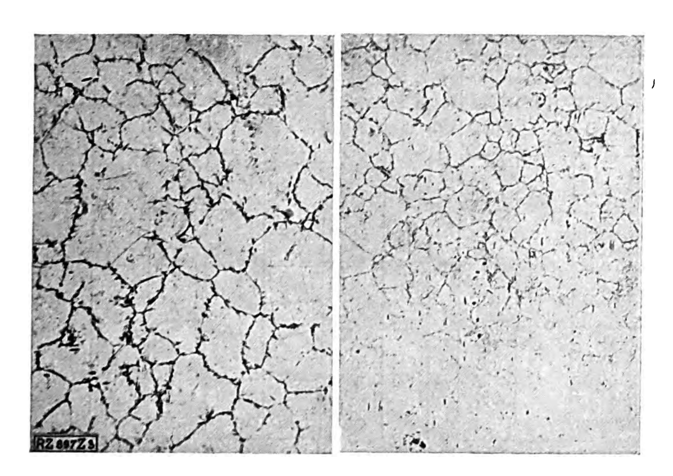
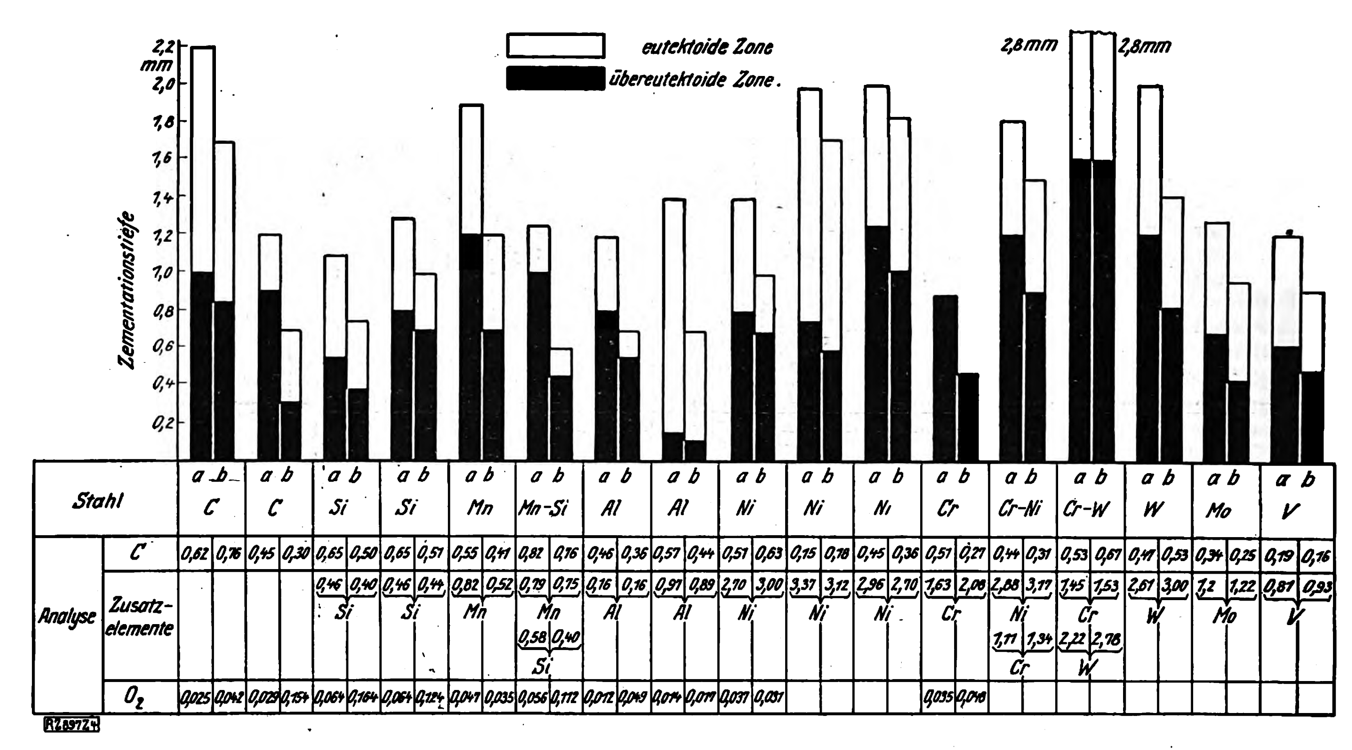


Abb. 3
Ehnsche Zementationsprobe

a Oa-Stahl 5				*b* Or-Stahl 8			
C	0,82 vH	P	0,01 vH	C	0,76 vH	P	0,01 vH
Si	0,58 „	S	0,018 „	Si	0,40 „	S	0,022 „
Mn	0,79 „	O_2	0,056 „	Mn	0,75 „	O_2	0,112 „

[7]) Diss. Hessenbruch; Eilender und Oertel, „Stahl und Eisen" Bd. 47 (1927) S. 1558.
[8]) Jordan, Eckman, Scient. Papers, Bur. of Stand. 514 (1925); „Stahl und Eisen" Bd. 46 (1926) S. 1428.
[9]) Diss. Hessenbruch, „Stahl und Eisen" demn.
[10]) Scherer und Oberhoffer, „Stahl und Eisen" Bd. 45 (1925) S. 1555.
[11]) Diss. Ammann, Aachen 1927.
[12]) „Stahl und Eisen" Bd. 47 (1927) S. 1536.
[13]) s. Willems, „Stahl und Eisen" demn.
[14]) Ehn, „Iron and Steel Inst." (1922) I S. 157.
[15]) Gat, „Blast Furn. Steel" Bd. 15 (1927) S. 271.



Stahl		C a	C b	C a	C b	Si a	Si b	Si a	Si b	Mn a	Mn b	Mn-Si a	Mn-Si b	Al a	Al b	Al a	Al b
Analyse	C	0,62	0,76	0,45	0,30	0,65	0,50	0,65	0,51	0,55	0,41	0,82	0,76	0,46	0,36	0,57	0,44
	Zusatzelemente					0,46 Si	0,40 Si	0,46 Si	0,44 Si	0,82 Mn	0,52 Mn	0,79 Mn; 0,58 Si	0,75 Mn; 0,40 Si	0,16 Al	0,16 Al	0,97 Al	0,89 Al
	O_2	0,025	0,042	0,029	0,154	0,064	0,164	0,064	0,124	0,047	0,035	0,056	0,112	0,012	0,049	0,014	0,017

Stahl		Ni a	Ni b	Ni a	Ni b	Ni a	Ni b	Cr a	Cr b	Cr-Ni a	Cr-Ni b	Cr-W a	Cr-W b	W a	W b	Mo a	Mo b	V a	V b
Analyse	C	0,51	0,63	0,15	0,18	0,45	0,36	0,51	0,27	0,44	0,31	0,53	0,67	0,47	0,53	0,34	0,25	0,19	0,16
	Zusatzelemente	2,70 Ni	3,00 Ni	3,37 Ni	3,12 Ni	2,96 Ni	2,70 Ni	1,63 Cr	2,08 Cr	2,88 Ni; 1,11 Cr	3,17 Ni; 1,34 Cr	1,45 Cr; 2,22 W	1,53 Cr; 2,78 W	2,61 W	3,00 W	1,2 Mo	1,22 Mo	0,81 V	0,93 V
	O_2	0,037	0,031					0,035	0,048										

Abb. 4

Einfluß von O_2 auf die Zementationstiefe bei verschiedenen legierten Stählen

a sauerstoffarm *b* sauerstoffreich

die Zementation des Stahls auf das bezüglich der Zementationsdauer und des Bruchgefüges unterschiedliche Verhalten der nur durch die Herkunft unterschiedenen Rohstoffe aufmerksam machte, und daß diese Erscheinung so lange in der metallurgischen Literatur erwähnt wird, bis der Zementstahl seine Bedeutung verloren hat. Die Zementationsprobe ist auch auf harten, beliebig legierten Stahl anwendbar, wie in einer Arbeit von Oberhoffer, H. J. Schiffler und W. Hessenbruch[16]) gezeigt werden konnte. Aus Abb. 4, die der Arbeit entstammt, geht eindeutig hervor, daß die Zementationstiefe unabhängig von der Stahlsorte bei den sauerstoffreichen Stählen allgemein geringer ist als bei den sauerstoffarmen Stählen.

Leider kann die Ehnsche Zementationsprüfung infolge ihrer vierstündigen Zementationszeit ausschl. Erhitzung, Abkühlung, Schleifen, Polieren usw. nicht als Schnellmethode gelten. Das Ziel aller Sauerstoffmethoden muß jedoch sein, in kürzester Zeit die Nachprüfung des Sauerstoffgehaltes zu ermöglichen. Es ist durchaus denkbar und nach unseren bisherigen Erfahrungen nicht unwahrscheinlich, daß sich die für die Sauerstoffbestimmung notwendige Zeit noch wesentlich herabdrücken läßt. Ist dies bisher von Oberhoffer verfolgte Ziel einmal erreicht,

[16]) Oberhoffer, Schiffler und Hessenbruch, „Arch. Eisenhüttenw." Bd. 1 (1927) S. 57.

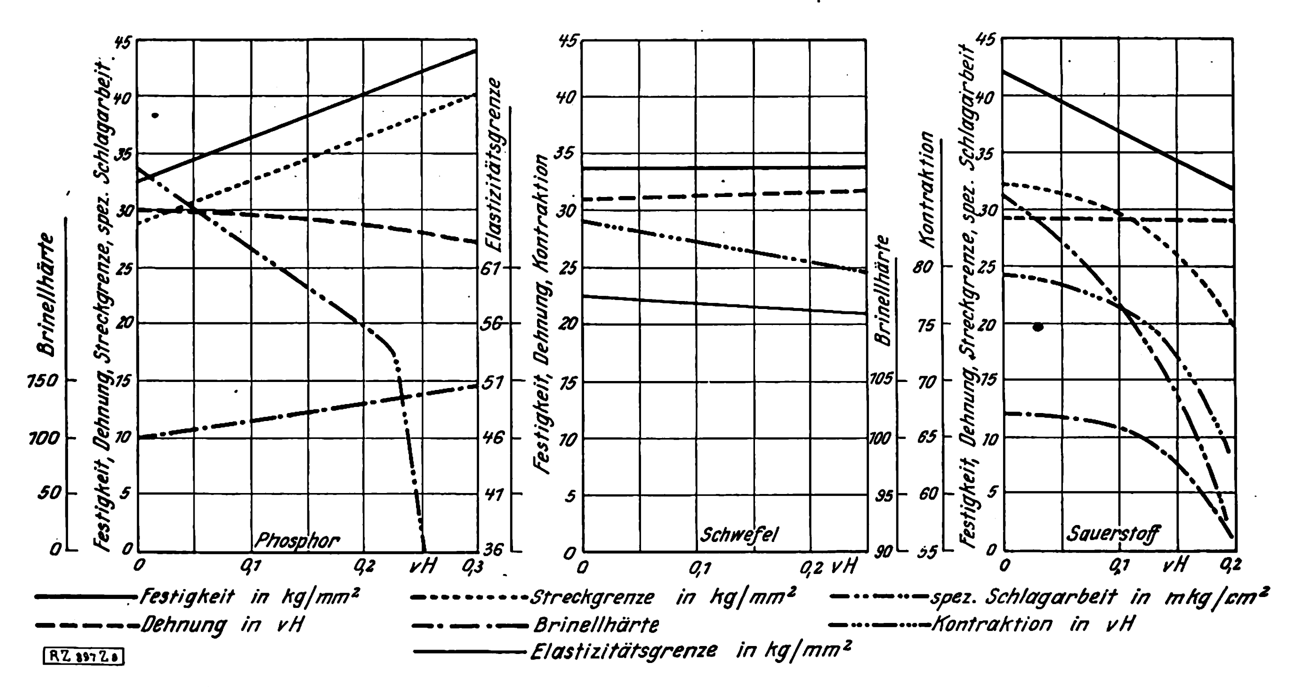


Abb. 5

Einfluß des Sauerstoffes auf die Eigenschaften eines weichen Flußstahles

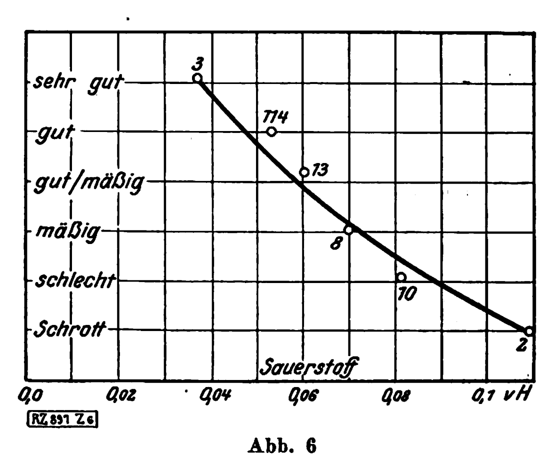


Abb. 6
Einfluß des Sauerstoffs auf das Bruchgefüge von Chrom-Kugel- und Kugellagerstahl

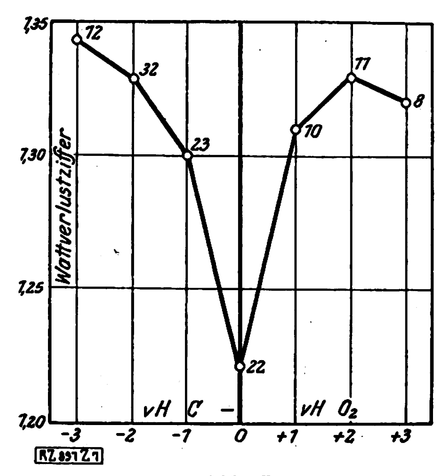


Abb. 7
Einfluß von C—O_2 auf die Wattverluste von Transformatorenblech

so wird sich die Sauerstoffanalyse von größtem Nutzen für die Werkstoffuntersuchung erweisen.

Über den Einfluß des Sauerstoffs auf die Eigenschaften der Stähle liegen im Schrifttum wenig zusammenhängende Angaben vor. Wimmer[17]) gibt in seiner Arbeit eine Zusammenstellung der Ergebnisse seiner Untersuchungen über den Einfluß des Sauerstoffs auf die Eigenschaften eines weichen Flußstahles. Abb. 5 ist dieser Arbeit entnommen und zeigt, daß durch Sauerstoff im Gegensatz zum Phosphor Festigkeit, Streckgrenze, Kontraktion und Härte erniedrigt werden. Einen besonders nachteiligen Einfluß übt der Sauerstoff auf die Kerbzähigkeit aus. Auf die Dehnung ist ein höherer Sauerstoffgehalt von geringem Einfluß. Alle übrigen in der Literatur vorhandenen Angaben über den Einfluß des Sauerstoffs sind stark verstreut und betreffen meist die Härteempfindlichkeit stark oxydhaltiger Stähle[18]).

Eine bedeutende Bereicherung unserer Kenntnisse nach dieser Richtung hin wurde durch die Anwendung des von Oberhoffer ausgebauten Heißextraktionsverfahrens im Betriebe von Dr. Eilender, Stahlwerk Becker, Willich, erreicht.

Aus den Ergebnissen von mehr als 600 Bestimmungen geht der Einfluß des Sauerstoffs auf verschiedene Eigenschaften von Sonderstählen deutlich hervor[19]).

Die Beurteilung des Kugellagerstahls nach der Zahl der Schlacken im Bruchgefüge steht danach in Übereinstimmung mit dem Ausfall der Sauerstoffanalyse. Mit steigendem Sauerstoffgehalt wird das Bruchgefüge des gehärteten Stahls unsauberer, Abb. 6.

Besonders ausgeprägt ist der Einfluß des Sauerstoffs auf die Eigenschaften von Transformatorenblech. Mit steigendem Sauerstoffgehalt steigen die Wattverluste. Es konnte gezeigt werden, daß die Differenz Kohlenstoffgehalt weniger Sauerstoffgehalt von ausschlaggebender Bedeutung ist, Abb. 7. Die kleinsten Wattverluste werden für vH C — vH O_2 = 0 erhalten. Bei steigenden Werten dieses Unterschiedes, d. h. bei steigendem O_2- und C-Gehalt, steigt die Verlustzahl. Daraus geht die große Bedeutung hervor, die die Glühbehandlung für die Güte des Transformatorenbleches hat, worauf früher bereits verschiedentlich hingewiesen wurde[20]).

Bei Wolframmagnetstahl konnte eine klare Abhängigkeit der Würschmidtschen Leistungszahl (L = ($\mathfrak{B} \times \mathfrak{H}$) max) vom Sauerstoffgehalt festgestellt werden, derart, daß mit steigendem Sauerstoffgehalt die Leistung der Magnete abnimmt, Abb. 8.

Von ganz besonderer Bedeutung ist das Ergebnis der Untersuchungen an Kesselblechen über den Einfluß des Sauerstoffes auf die Alterungsfähigkeit dieses Werkstoffes. Flußstahl mit geringem Sauerstoffgehalt gibt danach im normalen und künstlich gealterten Zustand geringe Unterschiede in der Kerbzähigkeit, während bei hohem Sauerstoffgehalt die Kerbzähigkeit im künstlich gealterten Werkstoff stark sinkt. Wegen Einzelheiten sei auf die Originalarbeit verwiesen.

Abgesehen von der noch unklaren Rolle des Sauerstoffs beim Mechanismus der Alterung dürften die übrigen Ergebnisse dieser Untersuchungen sehr wertvoll sein. Obwohl die absolute Höhe der angeführten Sauerstoffwerte unsicher ist, darf man aus den Versuchen folgern, daß das benutzte Verfahren zur Sauerstoffbestimmung relativ vergleichbare Werte liefert, die wertvolle Rückschlüsse auf das verschiedenartige Verhalten des Stahles gestatten. Bei der Frage des Alterns sind unsere Anschauungen noch nicht genügend gefestigt, so daß man eine eindeutige Erklärung für die Abhängigkeit der Alterungsfähigkeit vom Sauerstoffgehalt noch nicht geben kann.

Welche Bedeutung der Sauerstoffanalyse für die Beurteilung der Güte eines Werkstoffes zukommt, zeigt auch recht deutlich eine größere Untersuchung, die von Chefchemiker Weissen im Laboratorium von Belval, Luxemburg, ausgeführt wurde, und über die Oberhoffer dank des Entgegenkommens der Arbed auf dem Luxemburger Eisenhüttentag anläßlich des 50jährigen Jubiläums des Luxemburger Ingenieurvereins berichten konnte[21]). An drei verschieden schweren Blöcken (2550, 3400 und 4760 kg) wurde nachgewiesen, daß der Sauerstoff ebenso wie Phosphor, Schwefel und Kohlenstoff der Blockseigerung unterworfen ist[22]).

In Abb. 9 sind die Ergebnisse der einzelnen Versuchsreihen dargestellt. Die aus einer Beschickung stammenden verschieden schweren Blöcke wurden zu Knüppeln ausgewalzt und an den Stellen analytisch und makroskopisch untersucht, die den in Abb. 9 durch arabische Zahlen gekennzeichneten Querschnitten des Blockes ent-

[17]) „Stahl und Eisen" Bd. 45 (1925) S. 73.
[18]) Thallner, „Stahl und Eisen" Bd. 27 (1907) S. 1677, Bd. 30 (1910) S. 1348; Eilender, „Stahl und Eisen" Bd. 33 (1913) S. 585.
[19]) „Stahl und Eisen" Bd. 47 (1927) S. 1558.

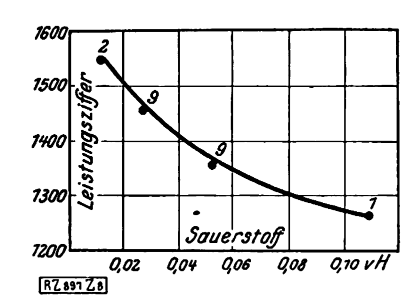


Abb. 8
Einfluß des Sauerstoffes auf die Würschmidtsche Leistungszahl bei Wolframmagnetstahl

[20]) Gumlich, „Stahl und Eisen" Bd. 39 (1919) S. 800; Wolff, Diss. Breslau 1919; Oertel und Eichenberg, Werkst. Aussch. Ber. 87 (1926).
[21]) „Revue Techn. Luxembourg" Bd. 19 (1927) S. 99.
[22]) Betr. Kristallseigerung s. Oberhoffer, Schiffler und Hessenbruch, Arch. Eisenhüttenw. Bd. 1 (1927) S. 57.

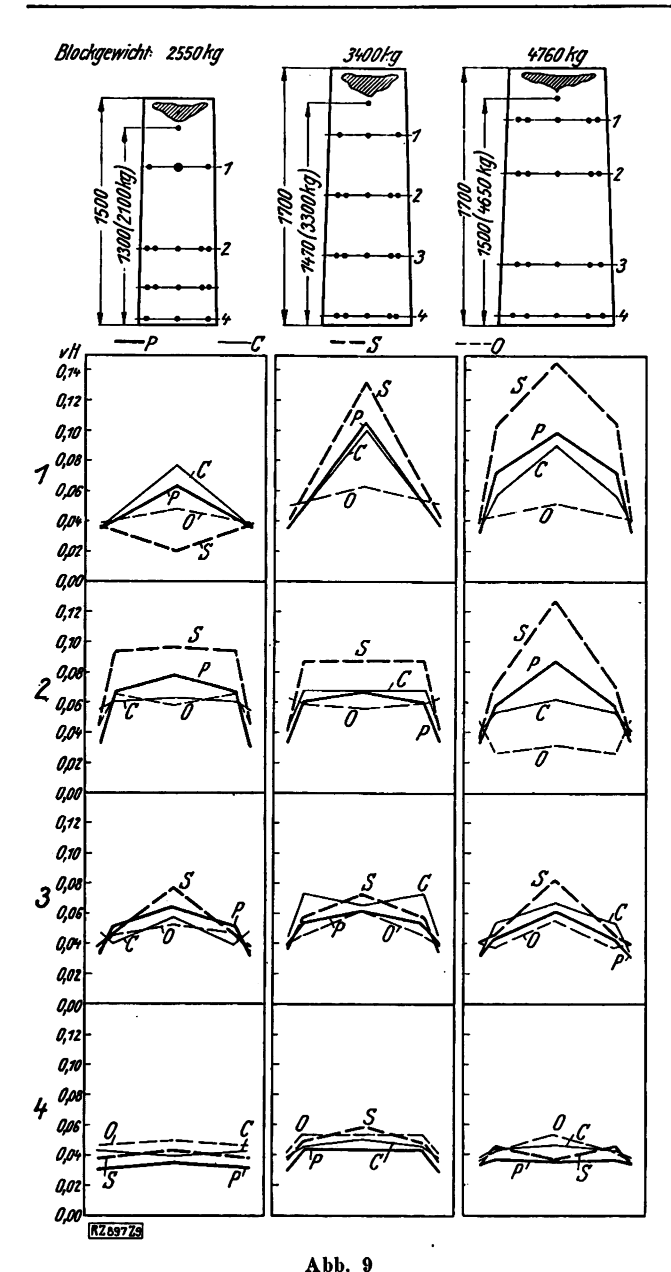


Abb. 9

Abhängigkeit der Seigerungen in Flußstahlblöcken von den Blockabmessungen. Mittlere Chargenanalyse: 0,06 vH C, 0,06 vH P, 0,043 vH S

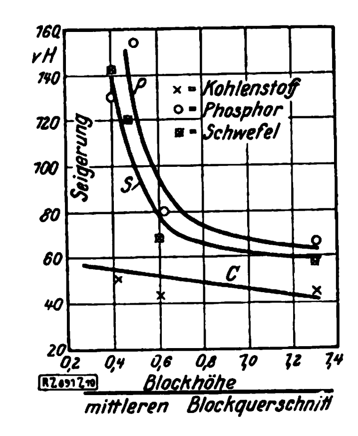


Abb. 10

Abhängigkeit der Seigerung vom Verhältnis Blockhöhe zu mittlerem Blockquerschnitt bei Flußstahl

sprechen. Die eingezeichneten Punkte sollen die Probenzahl und die Zonen, aus denen die Proben entnommen wurden, andeuten. Aus den Untersuchungen, Abb. 9, geht hervor, daß die Seigerungen mit steigendem Blockquerschnitt zunehmen, und zwar seigern Phosphor und Schwefel am stärksten, weniger stark der Kohlenstoff.

Dies Ergebnis geht aus Abb. 10 hervor, wo die Abhängigkeit der Seigerung in vH vom Verhältnis Blockhöhe zum mittleren Blockquerschnitt dargestellt ist. Leider wurde der mittlere Sauerstoffgehalt der Charge nicht bestimmt, so daß für den Sauerstoff die entsprechenden Werte der anteiligen Seigerung fehlen. Um auch über die Sauerstoffseigerung Aufschluß zu erhalten, ist in Abb. 11 die Abhängigkeit der größten anteiligen Abweichungen (Tiefst- und Höchstwert) im Sauerstoffgehalt innerhalb des Blockes vom mittleren Blockquerschnitt neben den entsprechenden Werten für Phosphor, Schwefel und Kohlenstoff wiedergegeben.

Wenn man schlechthin von Sauerstoff im Stahl redet, so bedeutet das nicht, daß dieser in elementarer Form im Eisen vorhanden ist, sondern in chemischer Bindung. Die Form dieser Bindung war von jeher eine viel erörterte Frage. Ledebur[23]) hat als erster in Anlehnung an die beim Kupfer bekannten Verhältnisse, das Eisenoxydul, FeO, als die Verbindung bezeichnet, in der der Sauerstoff im Stahl auftritt. Er stellte ferner fest, daß das flüssige Eisen etwa 0,9 vH FeO entsprechend 0,2 vH O_2 zu lösen vermag. Goerens[24]) konnte später nachweisen, daß oberhalb dieses Sauerstoffgehaltes eine Mischungslücke vorliegt. Die Löslichkeit im flüssigen Eisen konnte durch Mikrobilder verschiedener Forscher belegt werden[25]). Abb. 12 zeigt Bilder von FeO-haltigem, reinem Eisen mit eutektischer Anordnung der FeO-Einschlüsse.

Die erste planmäßige Untersuchung des Systems Fe—FeO stammt von Rosenhain, Tritton und Hanson[26]). Diese Forscher stellten ein Diagramm Fe — O auf, das später von Schönert[27]) auf Grund vereinzelter im Schrifttum verstreuter Angaben ergänzt wurde. Nach den bisher vorliegenden Angaben und den Erfahrungen an ähnlichen Systemen dürfte das in Abb. 13 veranschaulichte Schaubild voraussichtlich den hier vorliegenden Verhältnissen entsprechen. Erwähnt sei, daß Konzentrationen der einzelnen Gleichgewichtslinien auf Grund der zu geringen Zahl von Versuchen noch nicht als unbedingt zuverlässig angesehen werden können. Jedenfalls steht fest, daß der Sauerstoff auch im festen Eisen löslich ist und seine Löslichkeit mit steigender Temperatur steigt. Wir konnten kürzlich in einer Arbeit[28]) erneut den Beweis für die Kristallseigerung des Sauerstoffes und damit die Löslichkeit im

[23]) „Stahl und Eisen" Bd. 3 (1883) S. 502.
[24]) Metallographie 2. Aufl. (1916) S. 273.
[25]) Oberhoffer und d'Huart, „Stahl und Eisen" Bd. 39 (1919) S. 165.
[26]) „Iron and Steel" Bd. 110 (1924 II) S. 85; vergl. „Stahl und Eisen" Bd. 45 (1925) S. 1124.
[27]) Z. f. anorg. Chemie Bd. 154 (1926) S. 220.
[28]) Oberhoffer, Schiffler und Hessenbruch, Arch. Eisenhüttenw. Bd. 1 (1927) S. 57.

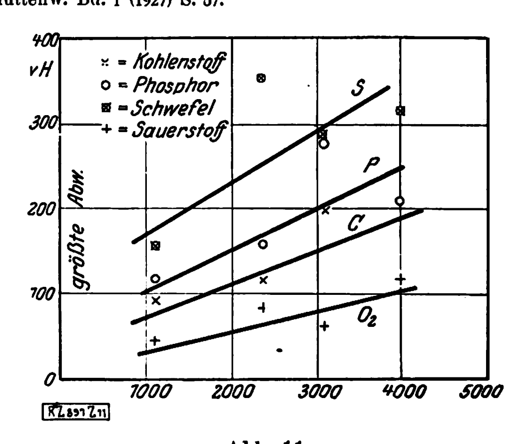
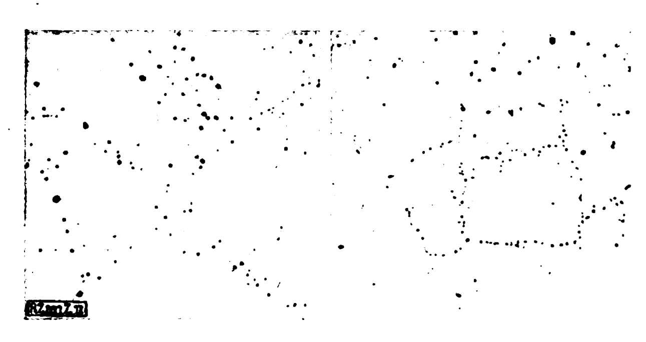


Abb. 11

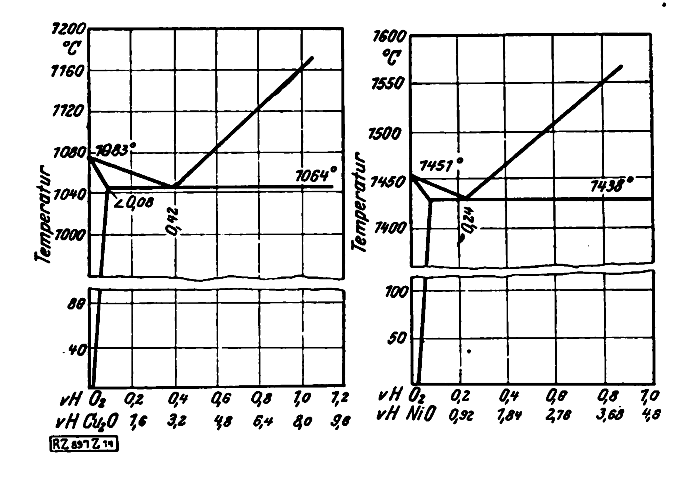
Abhängigkeit der größten Seigerungsabweichungen vom mittleren Blockquerschnitt bei Flußstahl

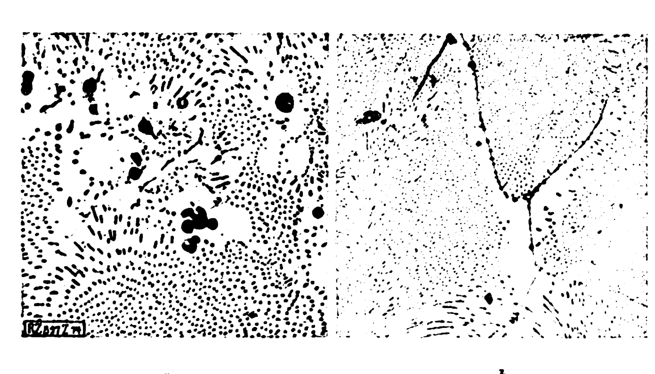




a Oberhoffer und d'Huart *b* Rosenhain und Tritton

Abb. 12
Eutektische Anordnung der FeO-Teilchen





a
Cu—Cu_2O-Legierung
0,32 vH Cu_2O = 0,4 vH O_2

b
Ni—NiO-Legierung
1,1 vH NiO = 0,24 vH O_2

Abb. 14
Zustandschaubilder der Systeme Cu—O_2, Ni—O_2

festen Zustand erbringen. Gerade in seiner Form als Lösung von FeO in Fe übt der Sauerstoff seine nachteilige Wirkung auf die Warmbildsamkeit der Stähle aus[29]).

In einer neuen Arbeit[29a]) behandeln Benedicks und Löfquist im Rahmen größerer, auf neuzeitlicher physikalisch-chemischer Grundlage fußender Untersuchungen ebenfalls das für die Metallurgie des Eisens wichtige System Eisen-Sauerstoff. Prof. C. Benedicks hat in liebenswürdiger Weise die von ihm in Gemeinschaft mit Löfquist ausgeführten Untersuchungen über dieses System zur Mitveröffentlichung an dieser Stelle[29b]) zur Verfügung gestellt. Es sei uns gestattet, Hrn. Prof. Benedicks und Hrn. Löfquist hierfür unsern besten Dank auszusprechen.

[29]) s. a. Jansen, Arch. Eisenhüttenw. Bd. 1 (1927) S. 147.
[29a]) Versammlung des International. Materialprüfungskongresses in Amsterdam 1927.
[29b]) Vergl. S. 1576 „Über das System Eisen-Sauerstoff" v. C. Benedicks und H. Löfquist.

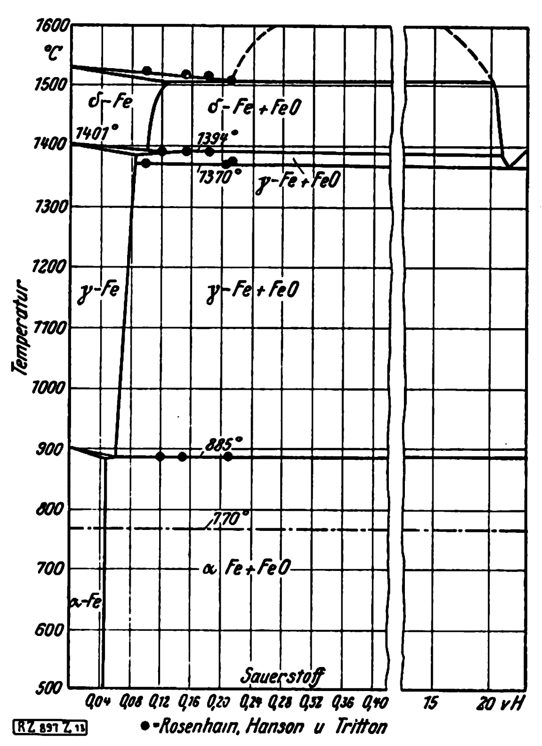


Abb. 13
Zustandschaubild Eisen – Sauerstoff

Bei den Systemen Cu—Cu_2O, Ni—NiO und wahrscheinlich auch Co—CoO liegen die Gleichgewichte ganz ähnlich[30]). Alle diese Systeme haben ein Eutektikum, das bei niedrigen Sauerstoffkonzentrationen liegt. Die Erniedrigung des Schmelzpunktes des reinen Metalls durch Sauerstoff ist gering. Im Schliff zeigen sich deutlich eutektisch angeordnete Oxydeinschlüsse. Abb. 14 zeigt die beiden Systeme Cu—O_2 und Ni—O_2.

Es war von jeher das Bestreben, den Sauerstoff im Stahl in eine weniger schädliche oder unschädliche Form zu bringen. Dies ist der Zweck jeder Desoxydation. Schon die guten Ergebnisse Mushets mit der Desoxydation durch Mangan führen zu der Anschauung, daß das MnO einen weniger nachteiligen Einfluß auf den Stahl ausübt als das FeO. Am häufigsten wird die Desoxydation heute durchgeführt mit Mn, Si, Al. Diese Elemente reagieren mit FeO in folgender Weise:

$$FeO + Mn \rightleftarrows MnO + Fe$$
$$2\,FeO + Si \rightleftarrows SiO_2 + 2\,Fe$$
$$3\,FeO + 2\,Al \rightleftarrows Al_2O_3 + 3\,Fe.$$

Über die Eigenschaften der Desoxydationsstoffe sowie über den Verlauf der Reaktionen und die Lage der Gleichgewichte bei verschiedenen Temperaturen wissen wir noch verhältnismäßig wenig. An die lange Zeit wenig beachtete, bahnbrechende Arbeit Le Chateliers[31]) knüpfen nach dem Krieg eine Reihe von physikalisch-chemischen Arbeiten über das Desoxydationsproblem an[32]). Diese Arbeiten fußen im Gegensatz zu den Untersuchungen von Le Chatelier auf dem Nernstschen Wärmetheorem, kranken aber noch sehr an der Unzuverlässigkeit der notwendigen Daten über die spezifischen Wärmen, konventionellen Konstanten, wie Oberhoffer ausführlicher in seinem Vortrag in Leoben[33]) zeigen konnte.

Die einwandfreie Bestimmung dieser Daten muß deshalb das nächste Bestreben aller wissenschaftlich arbeitenden Metallurgen sein. Im Eisenhüttenmännischen Institut, Aachen, ist die Ermittlung sicherer Zahlenwerte

[30]) Heyn, Mitt. d. Staatl. Materialprüf.-A. Bd. 18 (1900) S. 315; Merica, Amer. Inst. Min. Met. Ing. Januar 1925.
[31]) „Rev. Mét." Bd. 15 (1912) S. 513.
[32]) Styri, Iron and Steel Inst. Bd. 108 (1923) S. 189; Phys. Chemistry Steel Making Proc. London (1925); Trans. Faraday Soc. Bd. 21 (1925 II) S. 187 uf.
[33]) a. a. O.

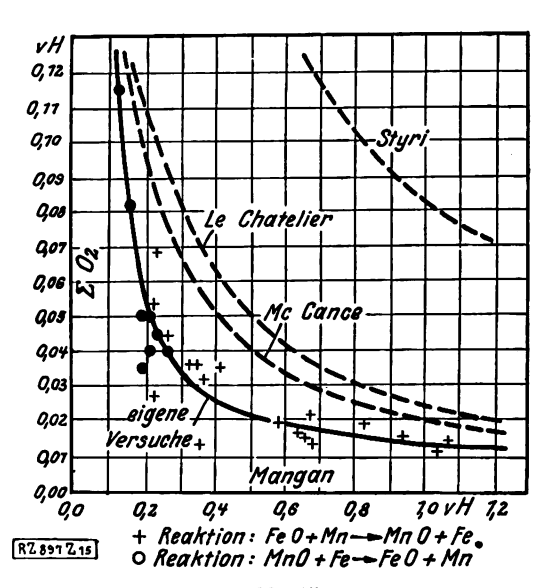


Abb. 15
Abhängigkeit des O_2-Gehaltes vom Mn-Gehalt im Eisen; Isothermen für 1600 °

$$[FeO] = \frac{K}{[Mn]};\quad \frac{[FeO]}{[MnO]} = \frac{K}{[Mn]}$$

seit längerer Zeit aufgenommen. Die Ergebnisse neuerer Untersuchungen über die spezifische Wärme des Eisens konnten bereits veröffentlicht werden[34]).

Außer der theoretischen Berechnung der Gleichgewichte ist der Laboratoriumsversuch imstande, uns Aufschlüsse über die Prozesse zu geben. Aber auch hier sind noch viele Schwierigkeiten zu beseitigen. Vor allem ist die Beschaffung temperaturbeständiger, reaktionsträger Tiegel eine noch ungelöste Frage. Die bisher bekannten Tiegelwerkstoffe beteiligen sich in mehr oder minder starkem Maß an den Reaktionen, z. B. zwischen Metall und Schlacke, und trüben dadurch die Ergebnisse außerordentlich.

[34]) Oberhoffer und Grosse, „Stahl und Eisen" Bd. 47 (1927) S. 576.

Oberhoffer untersuchte zunächst gemeinsam mit H. Schenck die Desoxydation des Eisens mit Mangan[35]). Aus Abb. 15, die das Ergebnis dieser Untersuchung wiedergibt, geht hervor, daß die Versuchsergebnisse unter den nach Le Chatelier, McCance und Styri berechneten Werten liegen. Im allgemeinen passen sich die gefundenen Werte zwanglos der Kurve an. Leider ist die experimentelle Ermittlung der Gleichgewichtskonstanten noch nicht gelungen[36]). Ohne sie ist aber eine sichere Berechnung der Desoxydationswirkung bestimmter Desoxydationsmittel unmöglich.

Einen dritten Weg zur Klärung der Metallurgie der Stahlerzeugungsverfahren hat in den letzten Jahren C. H. Herty jr.[37]) vom Bureau of Mines beschritten. Er untersuchte betriebsmäßige Chargen mit zahlreichen zur Verfügung stehenden Meßverfahren auf Bad- und Schlackenzusammensetzung, Bad- und Schlackentemperatur, Basizität der Schlacken usw. Wenn auch die Ergebnisse heute noch wenig praktische Bedeutung haben, so wird auf diesem Wege sicherlich bei genügend zahlreichen und einwandfreien Versuchen manche Erkenntnis über die Natur der Vorgänge zu gewinnen sein.

Fassen wir die mehr oder weniger ausführlich betrachteten Fragen zusammen, so erkennen wir, wie die Frage nach dem Vorkommen und dem Verhalten des Sauerstoffes im Stahl das Kernproblem der Metallurgie des Eisens ist. Nur die großen Schwierigkeiten beim Ausbau eines geeigneten Verfahrens zur Bestimmung des Sauerstoffs erklären die Tatsache, daß unsere Erkenntnisse auf diesem so wichtigen Gebiete noch sehr gering sind. Es mußte daher vor allem der Sauerstoffanalyse die erste Arbeit gewidmet sein. Während noch vor einigen Jahren die Ansicht Karstens über die analytische Untersuchung des Eisens auch auf die Sauerstoffanalyse zutraf, haben die letzten Jahre bewiesen, daß das Heißextraktionsverfahren bereits als Betriebsverfahren brauchbar ist. Damit ist für die Untersuchung der Sauerstofffrage die Basis geschaffen, auf der planmäßig aufgebaut werden kann, und man darf hoffen, daß die noch schwebenden Fragen über den Sauerstoff im Stahl einer Klärung in nicht allzu ferner Zeit entgegengehen. [B 897]

[35]) „Stahl und Eisen" Bd. 47 (1927) S. 1526.
[36]) „Stahl und Eisen" Bd. 45 (1925) S. 1575, 1611.
[37]) „Stahl und Eisen" Bd. 46 (1926) S. 1597.

Über das System Eisen–Sauerstoff

Von C. Benedicks und H. Löfquist, Metallographisches Institut, Stockholm

Einer Aufforderung von Dr. H. Esser zufolge sei an dieser Stelle — im Anschluß zu dem Aufsatz von Oberhoffer, der für die Sauerstofffrage bahnbrechend gewirkt hat — das von uns, in Gemeinschaft mit G. Phragmén aus dem Schrifttum hergeleitete Schaubild Eisen–Sauerstoff schon veröffentlicht[1]). Dabei ist aber eine kurze Beschreibung notwendig, damit deutlich hervorgeht, welche Einzelheiten hypothetisch sind. Die zu berücksichtigenden festen Phasen sind: Fe, FeO, Fe_3O_4 und Fe_2O_3 [R. Akerman (1882); Sosman und Hostetter (1916); Matsubara (1922) u. a.[1a])].

Der linke Teil des Schaubildes, Abb. 1, ist im wesentlichen nach den Angaben von Tritton und Hanson gezeichnet, jedoch mit einigen theoretisch notwendigen Zusätzen. Außer dem von diesen Forschern für geschmolzenes Eisen festgestellten Löslichkeitswert von 0,21 vH O bei dem (von 1533 ° auf 1519 ° erniedrigten) Schmelzpunkt (*AB*) sind noch zwei von de Cousserques mitgeteilte Löslichkeitswerte (*BD*) berücksichtigt worden.

Die Löslichkeit von Sauerstoff im festen α-Eisen wurde von den genannten Forschern zu etwa 0,05 vH festgestellt; Wimmer fand 0,035 vH; Oberhoffer, Schiffler und Hessenbruch gaben etwa 0,05 vH an. Für γ-Fe ist die Löslichkeit etwas höher als 0,05 vH anzunehmen, da eine von dem Sauerstoff herrührende Erniedrigung von A_3 mehrmals behauptet wurde (Austin 1915, Reed 1925; vergl. Humfrey 1912); vorhandene Beobachtungen gestatten aber keine zahlenmäßigen Angaben; diejenigen von Schönert sind als sehr unsicher zu bezeichnen. Wenn also eine geringe Erniedrigung von A_3 mit steigendem Sauerstoffgehalt als wahrscheinlich anzunehmen ist (*K*), erscheint eine entsprechende geringe Erhöhung von A_4 (γ, δ) wahrscheinlich (*F*) — da ja nach Westgrens Feststellung die Gitter von α- und δ-Eisen gleich sind.

Unter den drei von Oberhoffer (1927) berücksichtigten Möglichkeiten[2]) sind die beiden ersten unvereinbar mit den von Tritton und Hanson auch bei höheren Sauerstoffgehalten beobachteten Temperaturanomalien bei 1400 °; die dritte Möglichkeit, obschon theoretisch denkbar, erscheint weniger wahrscheinlich, vom oben erörterten Gesichtspunkte der Gitterverhältnisse.

Der Punkt *C* ist durch Tritton und Hanson festgestellt, wie auch die Tatsache, daß FeO bei 1370 ° (vollständig oder teilweise) schmilzt (Punkt I). Zu entscheiden ist, wie die von *C* ausgehende Fe-Liquiduskurve (*CGM*) in bezug auf I verläuft. Denkbar sind drei Fälle: Sie mag 1. gänzlich links von dem FeO-Punkt I fallen, 2. unmittelbar auf I zugehen, oder aber 3. rechts von I enden. Die Möglichkeit 1 bedeutet das Vorhandensein eines links von

[1]) Eine kurze Beschreibung des Diagrammes wird in den Verhandlungen des Internat. Materialprüfungskongresses, Amsterdam 1927, erscheinen.
[1a]) Schrifttum am Schluß.

[2]) Vortrag auf dem Eisenhüttentag in Luxemburg, Revue Techn. Luxembourg Bd. 19 (1927) S. 99.



I gelegenen Eutektikums. Ein solches ist aber nie beobachtet worden; aus mehreren Gründen erscheint diese Möglichkeit recht unwahrscheinlich.

Viel wahrscheinlicher kommt uns die dritte Möglichkeit vor, die mit dem Vorhandensein eines verdeckten Höchstwertes für FeO gleichbedeutend ist: Tatsächlich ist FeO ja nie aus einer Schmelze rein zu erhalten (was der Fall 1 erfordern würde!), sondern enthält anscheinend immer freies Fe in verhältnismäßig grober Verteilung. Bei einem verdeckten Höchstwert ist dies ja wegen unvollständiger Gleichgewichtseinstellung leicht zu erklären. Für Fall 3 spricht ebenfalls der Umstand, daß Tritton und Hanson auch für eine Schmelze der Zusammensetzung FeO einen schwachen A_4-Punkt beobachteten, während im Falle 1 oder 2 eine solche Beobachtung ausgeschlossen ist.

Aus diesen Gründen wurde die Kurve *CGM* (mit einem Knickpunkt bei *G*) wie in Abb. 1 gezeichnet.

Das homogene FeO-Gebiet muß sich nach unten nur bis etwa 570 ° erstrecken (*Q*) (Chaudron, Eastman, Matsubara); bei niedriger Temperatur zerfällt FeO in Fe_3O_4 + Fe. Oben muß das FeO-Homogenitätsgebiet eine erhebliche Ausdehnung haben (PO), besonders nach der Sauerstoffseite hin, wenn die Beobachtungen von Matsubara, Eastman und Evans und neuerdings Schenck und seinen Mitarbeitern als ausschlaggebend angenommen werden. Der Befund der letzteren, daß das fragliche Homogenitätsgebiet entschieden rechts von FeO liegt, ohne FeO einzuschließen (Wüstit), steht in Widerspruch zu früheren Arbeiten, nach denen die homogene Zusammensetzung FeO tatsächlich zu erhalten ist; reines (100 vH) FeO wurde neuerdings von Wöhler und Günther dargestellt (Atmosphäre $H_2 + H_2O$). Aus diesem Grund erscheinen erhebliche Fehlerquellen noch möglich (wie Einwirkung eines unvollständigen Gleichgewichtes, des Gefäßstoffes, des Kohlenstoffgehalts, des Gases usw.).

Zwischen FeO und Fe_3O_4 (Schmelzpunkt 1527 °, Hilpert und Kohlmeyer) ist ein Eutektikum beobachtet worden (Oberhoffer und d'Huart, Wyckoff und Crittenden). Die eutektische Zusammensetzung ist unbekannt; angenommen wurden hier etwa 24 vH O; der Wert ist mit den obigen Beobachtungen durchaus verträglich (N). Ein von Oberhoffer und d'Huart sonst ungeklärter Haltepunkt bei 1200 ° wurde als die zugehörige eutektische Temperatur angenommen[3]).

Nach Angaben von Sosman und Hostetter soll sich zwischen Fe_3O_4 und Fe_2O_3 eine kontinuierliche Reihe von Mischkristallen vorfinden. Die Annahme aber ist mit dem Unterschied in der Kristallstruktur zwischen Fe_3O_4 und Fe_2O_5 unvereinbar[4]). Anzunehmen ist deshalb das Vorhandensein einer — wenn auch beschränkten — Mischungslücke (*V'X*) bei hoher Temperatur. Bei niedriger Temperatur muß sie hingegen weit ausgedehnt sein (*YZ*).

Vorhandene Beobachtungen zeigen, daß der Sauerstoffdruck des festen Fe_2O_3 außerordentlich groß ist — schon bei etwa 1100 ° tritt eine erhebliche Sauerstoffabgabe des Fe_2O_3 ein (Hostetter und Sosman). Aus diesem Grunde erscheint bei gewöhnlichem Druck ein homogenes Schmelzen von Fe_2O_3 ausgeschlossen. Der beobachtete Schmelzpunkt (1565 °; Hilpert und Kohlmeyer) ist deshalb als Zersetzungspunkt gedeutet worden. Da die Dissociation mit steigender Temperatur ansteigt, muß die Kurve *U U'* nach links verlaufen.

Viele der eingezeichneten Kurven sind quantitativ unbegründet und demnach gewissermaßen hypothetisch. Die genauen, durch Versuche festgelegten Unterlagen zu erbringen, wäre aber eine außerordentlich umfassende Aufgabe; wesentliche grundsätzliche Änderungen des von uns entworfenen Schaubildes dürften wahrscheinlich kaum zu erwarten sein, obgleich selbstverständlich beträchtliche Kurvenverschiebungen sich als notwendig erweisen können.

[3]) Ein gleichzeitig angegebener Haltepunkt bei 1450 ° konnte nicht berücksichtigt werden, da die betreffende Zusammensetzung nicht genügend genau angegeben ist; für die als eutektisch gedeutete Temperatur 1200° ist dies belanglos.

[4]) Vergl. Smits und Bijvoet.

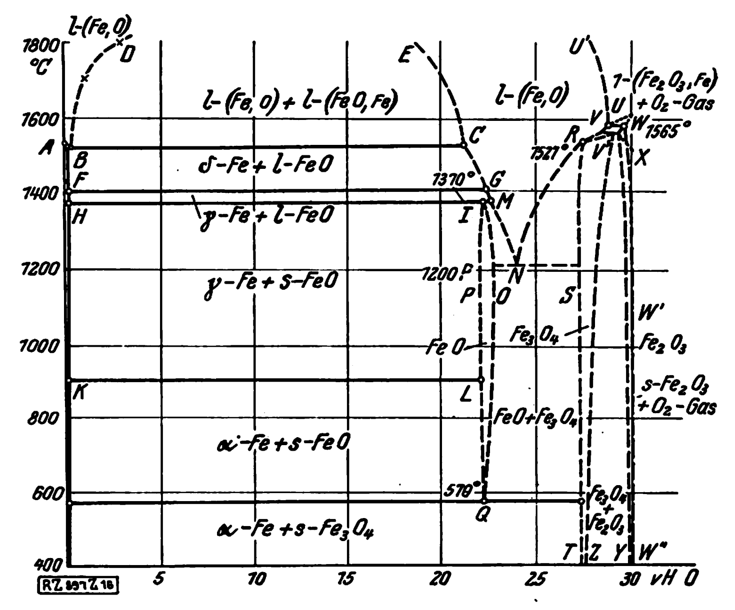


Abb. 1
Zustandschaubild Eisen — Sauerstoff nach C. Benedicks und H. Löfquist

Literaturverzeichnis

W. Austin, Journal Iron and Steel Institute (1915 II) S. 157.
G. Chaudron, Comptes rendus 172, 152, 1921; Annales de Chimie Bd. 16 (1921) S. 221.
C. de Cousserques, Revue de Métallurgie Bd. 19 (1922) S. 639.
E. D. Eastman, Journal American Chemical Society Bd. 44 (1922) S. 975.
E. D. Eastman und R. M. Evans, Journal American Chemical Society Bd. 46 (1924) S. 888.
S. Hilpert und E. G. Kohlmeyer, Berichte der chemischen Gesellschaft Bd. 42 (1909) S. 4581.
J. C. Hostetter und R. B. Sosman, Journal American Chemical Society Bd. 38 (1916) S. 1188.
J. C. Humfrey, Carnegie Scholarship Memoirs (Iron and Steel Institute) Bd. 4 (1912) S. 80.
A. Matsubara, Transactions American Institute Mining and Metallurgical Engineers Bd. 67 (1922) S. 3.
P. Oberhoffer und K. d'Huart, „Stahl und Eisen" Bd. 39 (1919) S. 165 und 196.
P. Oberhoffer, „Stahl und Eisen" Bd. 47 (1927) S. 1512.
P. Oberhoffer, H. J. Schiffler und W. Hessenbruch, „Stahl und Eisen" Bd. 47 (1927) S. 1540.
E. L. Reed, Carnegie Scholarship Memoirs (Iron and Steel Institute) Bd. 14 (1925) S. 91.
R. Schenck und T. Dingmann, Zeitschr. f. anorg. Chemie Bd. 166 (1927) S. 113.
K. Schönert, Zeitschr. f. anorg. Chemie Bd. 154 (1926) S. 220.
A. Smits and J. M. Bijvoet, Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam, Proceedings Bd. 21 (1919) S. 386.
R. B. Sosman und J. C. Hostetter, Journal American Chemical Society Bd. 38 (1916) S. 807.
F. S. Tritto und D. Hanson, Journal Iron and Steel Institute (1924 II) S. 90.
A. Westgren und G. Phragmén, Journal Iron and Steel Institute (1922 I) S. 241.
A. Wimmer, „Stahl und Eisen" Bd. 45 (1925) S. 73.
R. W. G. Wyckhoff und E. D. Crittenden; Journal American Chemical Society Bd. 47 (1925) S. 2876.
L. Wöhler und R. Günther, Zeitschr. f. Elektrochemie Bd. 29 (1923) S. 276.
R. Åkerman, Jernkontorets Annaler Bd. 37 (1882) S. 329.

Hydraulische Pressen

Von Alexander Deutsch, beratendem Ingenieur, Wien

Grundsätzliches über Gestaltung und Anwendungsgebiete der hydraulischen Pressen — Ausführungsbeispiele: Pressen zum Herstellen von technischen Halb- und Fertigerzeugnissen — Pressen der Lebensmittelindustrie.

Allgemeines

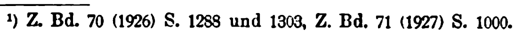
Die hydraulischen Pressen haben wegen ihrer vielfachen Verwendungsmöglichkeit, ihrer einfachen Bauart und Bedienung eine fast in alle Erzeugungsgebiete reichende Verbreitung gefunden. Von einer neuzeitlichen hydraulischen Presse werden gefordert: 1. große Tagesleistung, 2. geringe Betriebs- und Instandhaltungskosten, 3. leichte Zugänglichkeit und Übersichtlichkeit sämtlicher Teile, 4. möglichst selbsttätiges Arbeiten bei wenig Bedienungsmannschaft, 5. langsames Anwachsen und schließlich Gleichbleiben des Druckes bei langsamem Abnehmen des Preßraumes, 6. saubere Arbeit.

Die Hauptteile der hydraulischen Presse sind: der Preßzylinder, worin der durch eine Leder- oder Guttaperchamanschette gedichtete Kolben läuft, der Preßtisch, die Führungssäulen und das von diesen getragene Kopfstück (Querhaupt). Bei den hydraulischen Pressen wird die Preßflüssigkeit: Wasser, Glyzerin, Öl, mittels einer Hochdruckpumpe in den Preßzylinder gedrückt. Mit dem Kolben ist der Preßtisch oder Preßstempel fest verbunden, der beim Vorwärtsgange des unter Druck gesetzten Preßkolbens mitgenommen und gegen das auf der Gegenseite fest abgestützte Preßgut gedrückt wird. Auf der Gegenseite wird der Druck durch Platten, Bieten, Schabotten, Gegenstempel, Kasten und dergleichen aufgenommen. In der Praxis werden normalerweise Betriebsdrücke von 50 bis 600 kg/cm² Kolbenfläche verwendet.

Nach der Bauart unterscheiden wir: senkrecht stehende und wagerecht liegende hydraulische Pressen, solche mit von oben, unten oder von beiden Seiten wirkendem Drucke. Bei den ersteren wirkt das Gewicht des Kolbens im Sinne des Druckes. Der Kolbenrückgang erfolgt also durch das Eigengewicht der Presse, durch Gegengewicht oder hydraulischen Rückzug. Nach dem Verwendungszwecke sind Pressen, die der Herstellung oder Prüfung von technischen Halb- oder Ganzfabrikaten dienen, von jenen zu unterscheiden, die in der Erzeugung von Lebensmitteln benutzt werden. Zu den erstgenannten gehören: Schmiede-, Stanz- und Prägepressen, Rohrprobier- und Röhrenstauchpressen, Ziehpressen, Radreifen-, Räder- und Federbund-Aufziehpressen, Universalpressen, Pressen für Galvanoplastik, Ballenpackpressen, Sperrholz und Furnierpressen, Lederabwalkpressen, Brikettierpressen, Heizplattenpressen für die Textilindustrie und andre Zwecke, Schnellpressen zur Verarbeitung von Isolierstoffen, Topfpressen, hydraulische Scheren, Blechbiegemaschinen, Gießerei-Formmaschinen usw. Zu der zweiterwähnten Gruppe gehören Sonderpressen zur Öl und Säftegewinnung, Kakaobutter- und Teigwarenpressen usw. Die Kammer- und Plattenfilterpressen gehören eigentlich in eine eigene Gruppe.

Pressen zur Herstellung und Prüfung von technischen Erzeugnissen

Die Bauarten der Schmiedepressen sind in dieser Zeitschrift bereits häufig behandelt worden[1]). Rein hydraulische Schmiedepressen werden aus baulichen Gründen meist nicht mit mehr als 2000 t Gesamtdruck gebaut. Auch hier muß man schon zu mehreren nebeneinanderliegenden Preßstempeln greifen. Um die Steuerorgane zu entlasten und mit hohen spezifischen Drücken arbeiten zu können, werden etwa seit 1890 dampfhydraulische Pressen verwendet. Hier wird der elastische Dampf zur mittelbaren Druckübertragung benutzt. Über dem hydraulischen Zylinder werden die Dampfzylinder angeordnet, deren Druck durch geeignete Verbindungsstücke auf den Flüssigkeitskolben übertragen wird. Die Arbeitsmaschine arbeitet hier mit hohem spezifischen Druck (bis zu 600 at), während im Krafterzeuger (Dampfmaschine) Dampf mit nur 4 bis 10 kg/cm²



[1]) Z. Bd. 70 (1926) S. 1288 und 1303, Z. Bd. 71 (1927) S. 1000.

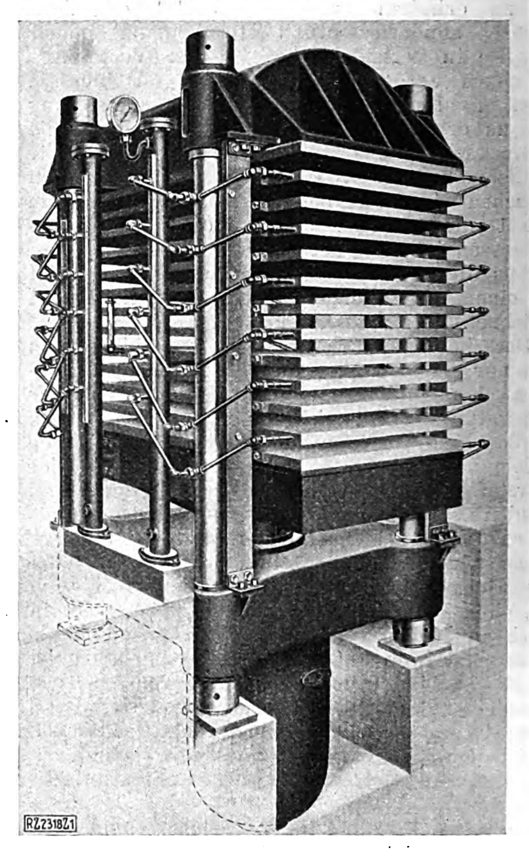
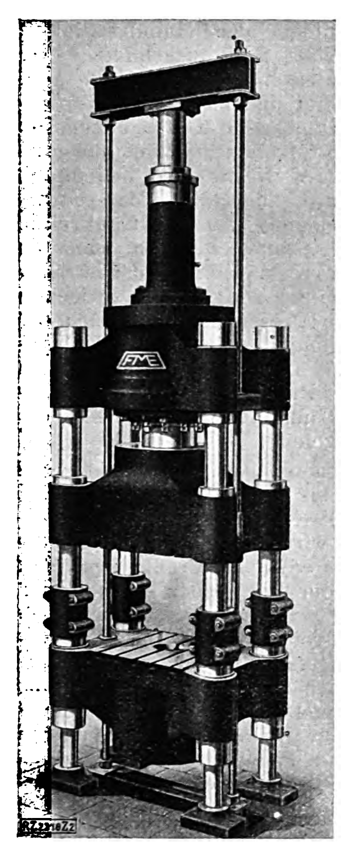


Abb. 1. Sperrplattenpresse der Niederrheinischen Maschinenfabrik, Krefeld

wirkt und nur dieser Arbeitsdampf (mittels Handschiebers) zu steuern ist.

Eine häufige Verwendung finden die bereits erwähnten Plattenpressen als sogenannte Heizplattenpressen. Dies sind Plattenpressen, häufig mit Unterdruck, deren Preßplatten mittels Dampfes oder Elektrizität geheizt werden und die z. B. bei der Erzeugung von Textilwaren (zum Pressen von Trikotagen, Strümpfen, Tuchen, Seidenwaren, Kleiderstoffen) eine Rolle spielen. Meist wird ein Satz parallel übereinanderliegender, durch eine Hebevorrichtung in jeder Stellung feststellbarer, innen hohler Stahlplatten verwendet, an die die Heizleitung in geeigneter Weise angeschlossen wird. Die Ausführung dieser Maschinen ähnelt der Bauart in Abb. 1, nur sind sie leichter und haben kleinere Platten. Eine mittlere Presse dieser Art hat etwa 150 t Gesamtdruck und preßt täglich z. B. 240 Dtz. Hemden. Von führenden Werken werden die Heizplattenpressen bis zu 3000 t Gesamtdruck gebaut, bei denen die Grundpreßplatte von mehreren nebeneinander wirkenden Kolbenstangen aufwärts getrieben wird.

Zu den Heizplattenpressen gehören auch die Sondermaschinen, die zur Herstellung der in steigendem Maße gebrauchten Sperrholzplatten benutzt werden. Diese Pressen werden für 20 bis etwa 3000 t Gesamtdruck und mit 10 bis 30 Platten hergestellt. Die Platten haben oft bedeutende Größe (2100 × 1600 mm² gilt als normal). Die Pressen werden als Verleimpressen zur eigentlichen Sperrplattenverleimung hergestellt. Abb. 1 zeigt eine derartige Sperrholzpresse einer führenden Krefelder Firma. Der spezifische Druck auf das Sperrholz beträgt etwa 15 bis 30 kg/cm². Ein Preßgang dauert hier z. B. 5 bis 8 min.



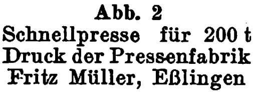


Abb. 2
Schnellpresse für 200 t Druck der Pressenfabrik Fritz Müller, Eßlingen

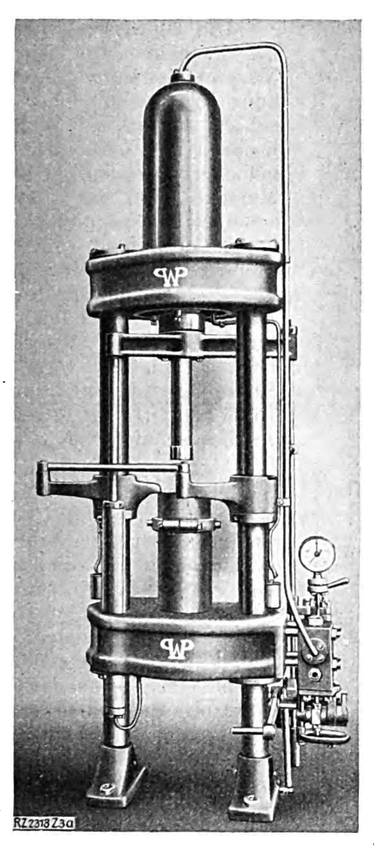


Abb. 3
Kopierminenpresse mit selbsttätiger Steuerung von Werner & Pfleiderer, Kannstatt

Die Sperrplatten- und Furnierpressen arbeiten mit Schnellschluß, betätigt durch Hilfskolben, oder mit Druckwasser- oder Druckluftspeicherung, die sich am besten zu bewähren scheint. Die Platten werden mit Dampf geheizt. Heute werden sie meist ganz aus gewalztem S.-M.-Stahl hergestellt. In diese Platten werden die Heizkanäle, die zur Durchleitung des Heizmittels dienen, gebohrt. Es werden Heizplatten bis zu 10 m Länge ausgeführt, deren Heizkanäle in den vollen Kern gebohrt sind. Eine bemerkenswerte Ausführungsform der Heizplattenpressen ist die hydraulische Prägepresse für Galvanoplastik und Stereotypie. Die Maschine ist gedrungen und kräftig gebaut. Unmittelbar am oberen Querhaupte sitzt die Preßplatte, in die die Patrize für die herzustellenden Stereotypmatern eingesetzt wird. Der untere Preßtisch ist mit Führungen für die ausfahrbare, heizbare, untere Preßplatte versehen. Geheizt wird beim Naßpressen (zum Trocknen der Matern) mit Dampf. In dem Pressenoberteil ist zur Beschleunigung des Trocknens eine Absaugvorrichtung für Dämpfe eingebaut. Die Maschine wird meist für Gesamtdrücke von 250 bis 500 t gebaut.

Von neuzeitlichen Pressen großer Leistung und kleinen Kraftbedarfes seien die hydraulischen S c h n e l l p r e s s e n, Abb. 2, zum Formen, Stanzen und Filtern plastischer und isolierender Massen hervorgehoben. Sie werden heute mannigfach, z. B. auch zum Vulkanisieren von Gummiplatten, Pressen von Horn, Bakeliten (Hartgummiersatz), Zelluloid, Porzellan, Pappe und dergleichen verwendet. Diese mit Oberdruck und hydraulischem Rückzug des Preßstempels wirkenden Pressen werden mit 5 bis 2000 t Gesamtdruck gebaut. Auf dem unten feststehenden Preßtisch sind die Matrizen zur Aufnahme der Preßmasse befestigt. Der Preßstempel trägt das Werkzeug mit der Patrize. Der Rückzugzylinder steht hier meist unter Druck des Druckspeichers (hydraulischen Akkumulators), der stets für mehrere Pressen verwendet und von der Hochdruckpumpe gefüllt wird. Auf diese Weise wird jede Steuerung des Rückzugzylinders überflüssig. Der Hochdruck für den Arbeitsgang indes wird mittels Spindeln, Ventilen oder Schiebern gesteuert. Selbsttätiges Auswerfen ist meist vorgesehen.

Beachtung verdienen die wohl aus der Ölpresserei übernommenen T o p f p r e s s e n, bei denen das Preßgut in einen auf dem Preßtische stehenden unten offenen, häufig heizbaren Preßtopf gefüllt und der Druck durch den von oben pressenden Stempel ausgeübt wird. Diese Pressen finden sich häufig zum Filtern von Regeneraten, Gummimischungen, Zelluloid und dergleichen.

Eine bemerkenswerte Maschine ist die von einer Kannstätter Fabrik hergestellte hydraulische M i n e n p r e s s e, Abb. 3, für Kopierstifte. Lange hat die Bleistiftindustrie versucht, die äußerst zähen Kopierstiftminen zu pressen, um die Herstellung zu verbilligen, doch waren alle Versuche ergebnislos, da die hohen spezifischen Drücke, die zur Erzeugung nötig waren, unerreichbar schienen. Endlich gelang es, eine viersäulige massive hydraulische Presse für einen spezifischen Druck auf die Preßmasse von 2500 kg/cm² herauszubringen. Die Presse hat einen auswechselbaren Preßtopf, der eine besondere Matrize aufnimmt, die gleichzeitig das Seihen und Minen gestattet. Diese Presse arbeitet mit Oberdruck.

Besonderer Erwähnung unter den neuzeitlichen hydraulischen Pressen verdienen die auch bei der Deutschen Reichsbahn eingeführten Pressen, Abb. 4, zum Aufziehen von Federbunden auf die Tragfedern von Wagen und Lokomotiven. Bisher wurden diese Bunde mit der Hand aufgezogen, wobei Ungenauigkeiten von 20 bis 25 mm nichts Seltenes waren. Bei den hydraulisch aufgezogenen Federbunden ist diese Verschiebung ausgeschlossen. Die Bunde werden auf die Federn in rotglühendem Zustand aufgeschoben, die Federblätter werden sodann in die mit einem senkrecht und einem wagerecht wirkenden Preßstempel ausgestattete Presse eingesetzt, es wird Druck gegeben und der Bund nunmehr gleichzeitig und gleichmäßig von zwei Seiten auf die Feder aufgestaucht. Die Maschine wird von einer Karlsruher Gesellschaft gebaut, die übrigens auch eine Radreifen-Aufziehpresse, Abb. 5, herausgebracht hat, bei der der Reifen durch radial angeordnete Preßstempel gestaucht wird.

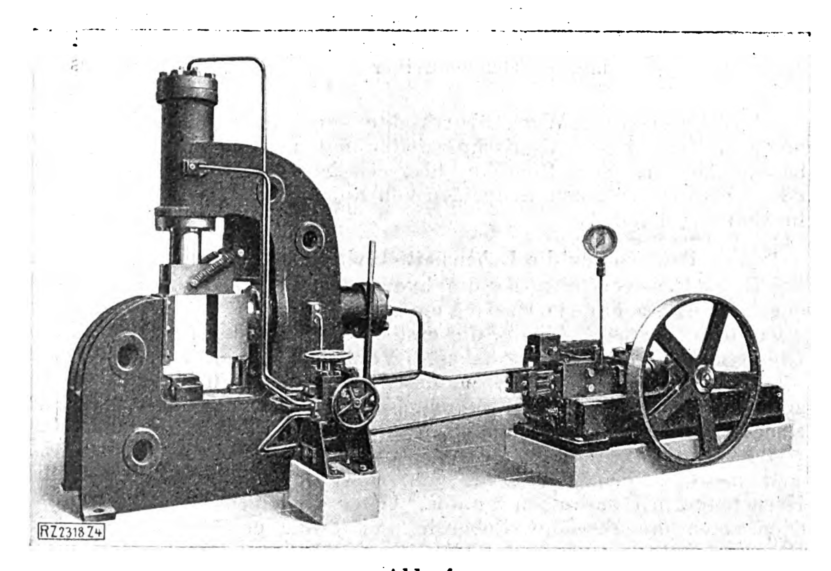


Abb. 4
Federbund-Aufziehpresse mit Druckwasserantrieb, gebaut von der Maschinenbaugesellschaft Karlsruhe

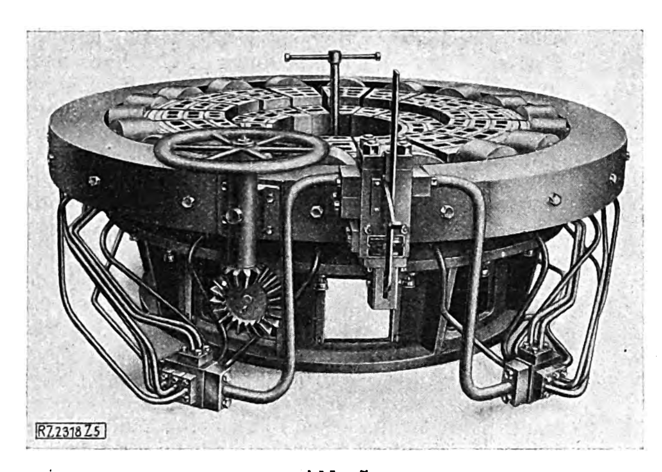


Abb. 5
Radreifen-Aufziehpresse der Maschinenbaugesellschaft Karlsruhe mit Druckwasserantrieb

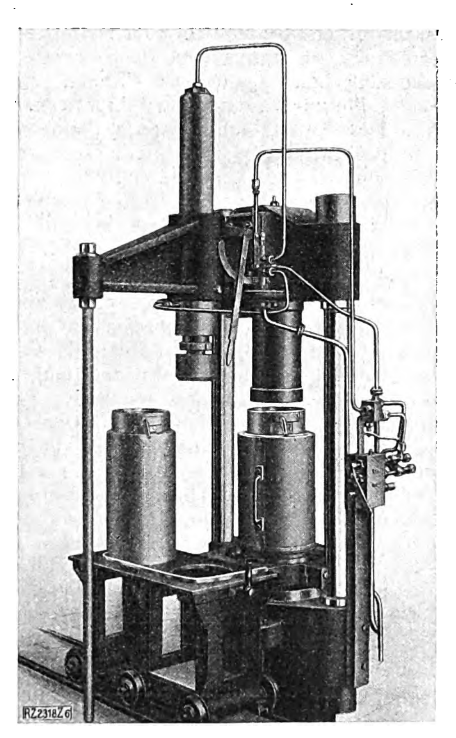


Abb. 6
Ölpresse von Fritz Müller, Eßlingen, mit 360 mm Kolben-Dmr. und 300/850 mm-Seiher

Ein Kannstätter Werk überraschte vor kurzem mit einem hydraulischen Kautschukspalter mit auswechselbarem Messer, der für die überseeische und europäische Kundschaft zum Schneiden von Rohgummiblöcken in Betracht kommt.

Pressen für die Lebensmittelindustrie

Besonders vertreten ist die hydraulische Presse in der Lebensmittelerzeugung. Hier sind es vor allem die Ölpressen, Abb. 6, die erst eine wirtschaftliche Ölgewinnung ermöglicht haben. Verarbeitet werden pflanzliche und tierische Erzeugnisse. Unter den Pflanzenölen sind es leichttrocknende Öle, die aus Lein, Hanfsamen, Mohn und Sonnenblumen, halbtrocknende Öle, die aus Mais- und Getreidekörnern, Kürbiskernen, Sojabohnen und nichttrocknende Öle, die aus Oliven, Erdnüssen, Kernobstkernen gewonnen werden. Unter den tierischen Ölen seien die Fischöle, Leberöle und Trane erwähnt. Die Praxis hat ergeben, daß die aus der hydraulischen Pressung gewonnenen Öle hinsichtlich der Reinheit und des Geschmackes den Vorzug vor den auf chemischem Wege gewonnenen Ölen verdienen.

Die Ölpressen wurden infolge der Mannigfaltigkeit des Preßgutes für den einzelnen Fall ausgebildet. Der Vorgang ist kurz der, daß die zu verarbeitenden Ölsamen oder Früchte zunächst gereinigt und möglicherweise geschält, sodann auf Walzenstühlen oder Kollergängen gebrochen und schließlich in Röstpfannen erwärmt und aufgelockert werden. Die in der Röstpfanne befindliche Maische wird dann der Presse zugeführt. Man unterscheidet offene und Seiherpressen. Aus Südfrankreich, woher noch heute die besten Ölsorten kommen, stammen die sogenannten Marseiller-Pressen. Hier wird das Saatgut einfach in Preßtücher eingeschlagen und zwischen Platten der liegenden offenen Presse gepreßt. Auch die ölreichen Oliven wurden anfangs auf offenen hydraulischen Platten verarbeitet. Die Oliven werden, in Säcke eingeschlagen, auf die Presse gebracht. Das abfließende Öl läuft durch die Rinne des Preßtisches in die Auffangschale und wird abgeleitet.

Unsere heimischen Ölsaaten werden meist auf Seiherpressen, Abb. 6 bis 9, entölt. Die Ausbeute schwankt zwischen 15 und 35 vH. Der gegossene Preßzylinder der Seiherpresse wird meist in den Boden eingebaut. Der nach aufwärts wirkende Preßkolben trägt den Preßtisch, auf den sich der Preßseiher stützt. Zwei bis vier Stahlsäulen tragen das obere Querhaupt, mit dem der Preßstempel fest verbunden ist. Der Preßseiher ist das eigentliche Preßgefäß; er besteht aus einem mit besonders feinen Öffnungen versehenen Stahlrohr und einem Blechmantel. In diesen Seiher kommt nun das vorgewärmte Preßgut in kleinen Teilmengen zwischen Haarpreßdeckel und Preßplatten. Gewöhnlich wird vor dem eigentlichen Pressen die im Seiher befindliche Preßmasse durch eine seitlich oder vor der Presse befindliche Vordruckeinrichtung zusammengedrückt, die eigentlich eine kleine Presse für sich darstellt. So läßt sich der Seiher dichter füllen, kommt sodann auf den Preßtisch, der sich während des Drückens nach aufwärts hebt, wobei der feste Preßstempel in den Seiher eindringt und den Gegendruck ausübt. Die im Seiher meist festsitzenden Rückstände, Ölkuchen, werden ebenfalls mittels der hydraulischen Vordruckeinrichtung herausgedrückt.

Bei größeren Anlagen werden drei bis sechs Pressen mit einer alle bedienenden sogenannten Pack- oder Füllpresse verwendet. Oberhalb dieser sitzt meist der Ölsaatenwärmer, der durch ein Füllmaß gleiche Mengen in den jeweils zu füllenden, durch einen Seiherwagen herangebrachten Seiher liefert. Nach der Füllung wird der Seiher wieder auf den Wagen und mittels dieses zu der betreffenden Presse der Batterie gebracht. Hierdurch wird fortlaufender Betrieb gewährleistet. Die Ölkuchen werden häufig nach der ersten Pressung auf eigenen Walzwerken oder Schlagkreuzmühlen gebrochen, neuerlicher Entölung zugeführt, oder sie werden als beliebtes Futtermittel verwertet. Solche Seiherpressen arbeiten meist mit 200 bis 350 kg/cm² spez. Kolbendruck. Zum Betriebe einer aus vier Pressen bestehenden Batterie mit Preßkolben von 520 mm Dmr. genügt ein Pumpwerk mit nur 12 PS Kraftbedarf. Eine solche Batterie verarbeitet stündlich 1200 bis 1600 kg Preßgut (Saatmehl), je nach der Tüchtigkeit der Arbeiter. Häufig werden die Packpressen mit zwei um eine der Tragsäulen verschwenkbaren Preßgefäßen oder drehbaren Unterseihern ausgeführt.

Plattenpressen englisch-amerikanischer Herkunft können, da bei ihnen Seiher und Wagen wegfallen, auch zum Pressen der bei uns heimischen Saaten verwendet werden. Hier hängen mehrere Preßplatten (bis 20) in Haften oder Stufeneisen, die an den Preßsäulen geführt sind. Das Preßgut wird auf einer Formpresse geformt, in Preßtücher eingeschlagen und zwischen die Platten gebracht. Im allgemeinen werden jedoch die Seiherpressen den Plattenpressen für Ölsamenverwertung vorgezogen. Für große Fabriken kommen Seiherpressen in Frage, bei denen auf das Preßgut ein spezifischer Druck von etwa 500 kg/cm² ausgeübt wird, wobei der Seiherdurchmesser kleiner als der Kolbendurchmesser ist. Die Seiher sind bei diesen großen Maschinen oft über 2,2 m hoch; die Kuchen werden meist nach oben ausgeworfen. In Deutsch-

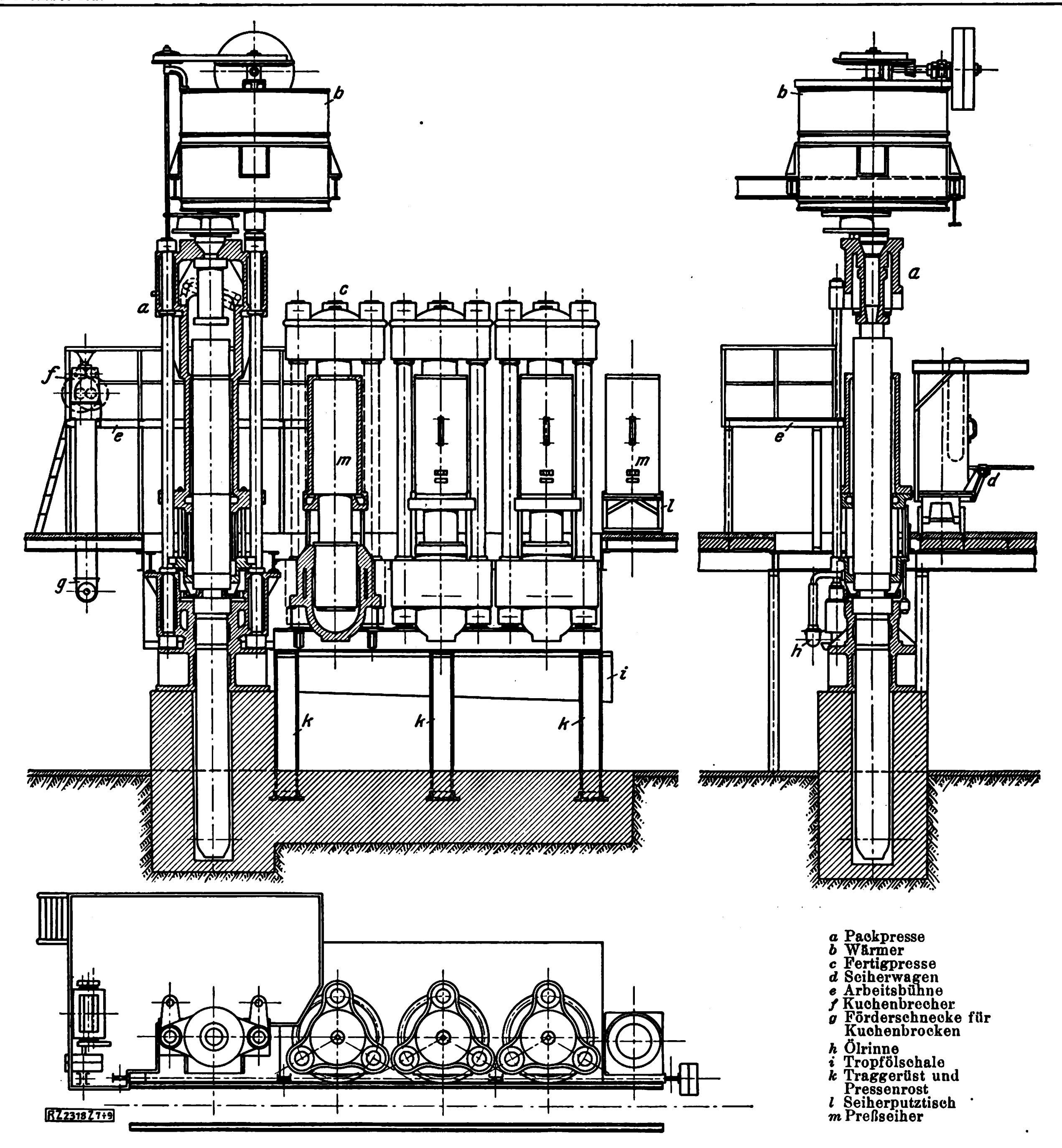


Abb. 7 bis 9. Pressenbatterie mit drei Fertigpressen und Grundseiher-Füllpresse (Fritz Müller, Eßlingen)

land gibt es eine große Zahl, in Österreich nur wenige derartige Großbetriebe. Für kleinere und mittlere landwirtschaftliche Betriebe kommen Seiherpressen in Frage, die 250 bis 480 mm Seiherdurchmesser haben.

Die eine Sondergruppe bildenden Pressen zum Filtern von Flüssigkeiten, z. B. auch des aus dem vorerwähnten Preßvorgang gewonnenen Speiseöls, sind ebenfalls bemerkenswert. Sie arbeiten nicht mit dem durch einen Kolben übertragenen Preßdruck, sondern hier wird der Preßdruck unmittelbar durch das Eigengewicht der hochgelagerten zu klärenden Flüssigkeit oder durch eine Pumpe erzeugt. Es kommen hierbei Drücke von 4 bis 10 kg/cm² vor. Die Pressen werden als Plattenpressen für Durchziehtücher oder als Kammerpressen mit je mehreren Platten und Rahmen (6 bis 60), fast immer aber liegend ausgeführt. Die Platten werden durch Druckspindeln oder mit Hebel- oder Räderübersetzung mit der Hand zusammengedrückt. Einrichtungen für Dampfheizung, Auslaugung usw. kommen bei Sonderbauarten vor. Die Platten oder Kammern werden von etwa 300 × 300 mm² bis 2000 × 2000 mm² ausgeführt.

Die hydraulischen Wein- und Obstpressen (Kelterpressen) werden meist für etwa 30 bis 500 t Gesamtdruck, je nach der Größe, gebaut. Sie arbeiten mit verhältnismäßig geringem spez. Druck, da das Verhältnis zwischen Kolben- und Preßkorbdurchmesser stets kleiner als 1 ist. Diese Preßkörbe werden mit 500 bis 2000 mm Dmr. gebaut; sie sind meist ausfahrbar angeordnet. Der Preßdruck wird von oben oder unten gegeben. Die einfachste Bauart ist die in Profileisen; ein Preßkorb sitzt in der Art eines Preßgefäßes auf dem durch den Kolben aufwärts bewegten Preßteller, während der schwere Gegenstempel am oberen Querhaupt abgestützt ist. Eine solche mittlere Presse liefert bei Preßkörben von 1000 mm Innendurchmesser, 750 mm Höhe und 580 l Inhalt täglich bei zehnstündigem Dauerbetrieb etwa 9000 l Preßgut. Die kleineren und größeren Wein- und Mostpressereien in Mitteleuropa benutzen heute vorwiegend hydraulische Pressen.

Die hydraulischen Kakaopressen, Abb. 10, werden zur Herstellung von Kakaobutter benutzt. Häufig werden diese Pressen viersäulig in Stahlguß, Säulen und

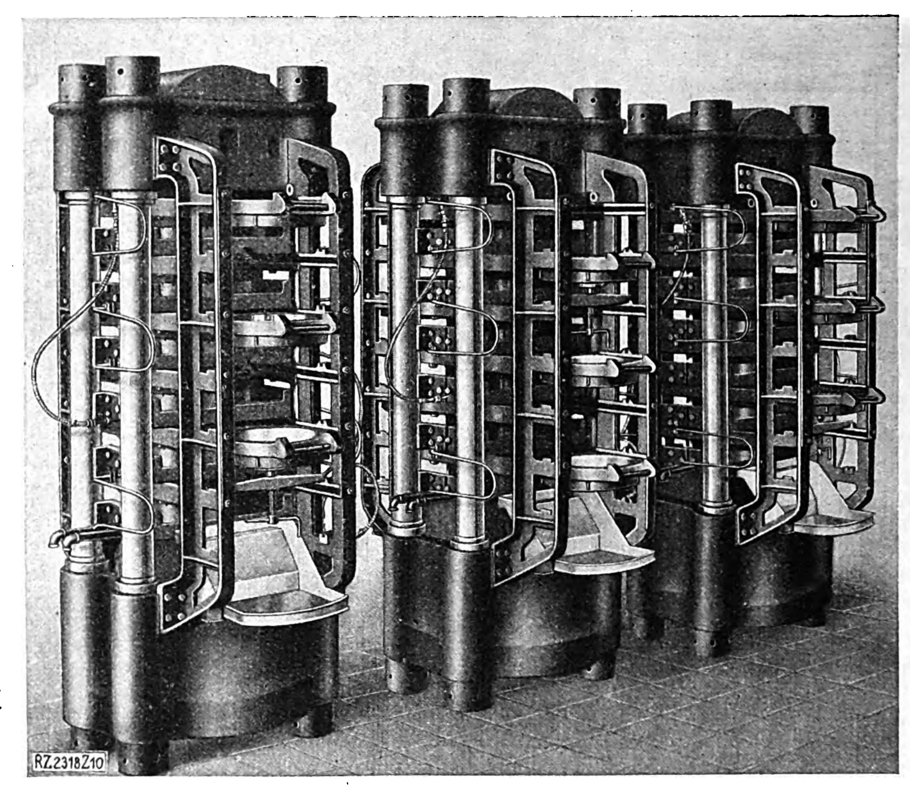
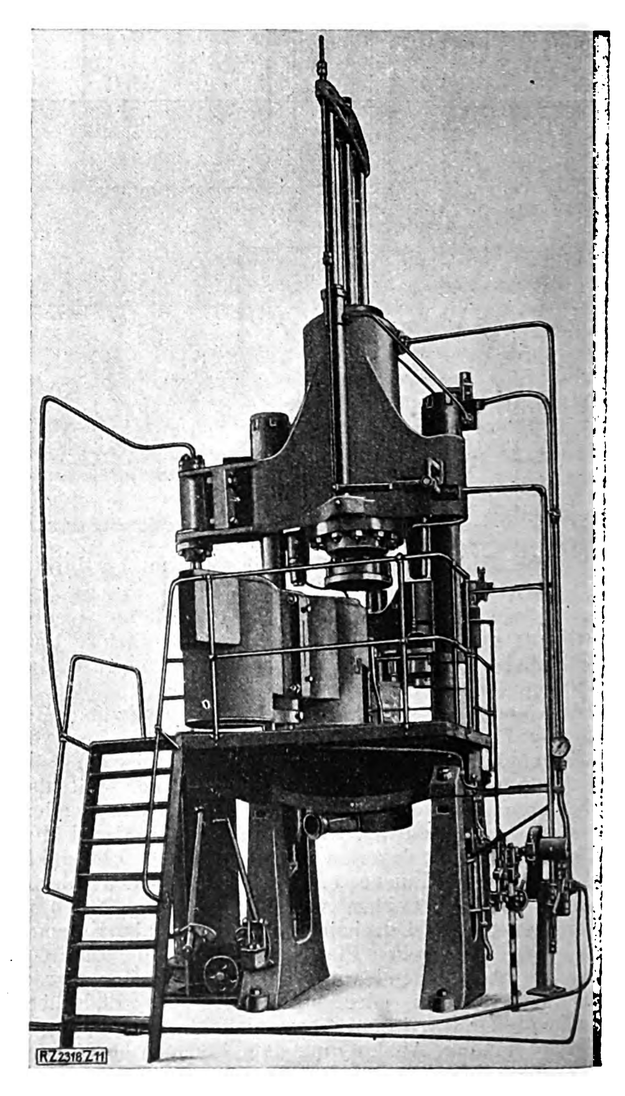


Abb. 10 (rechts) Drei Kakaopressen mit Druckwasserantrieb, gebaut von Fritz Müller, Eßlingen

Abb. 11 (unten) Teigwarenpresse, gebaut von Werner & Pfleiderer, Kannstatt

Muttern in Schmiedestahl ausgeführt. Hier werden mehrere nach einer oder beiden Seiten ausfahrbare, unten und seitlich gut abgedichtete, mit besonderen Öffnungen für den Austritt der Kakaobutter versehene Preßtöpfe verwendet. Über jedem Topf ist ein an den Säulen geführter Preßstempel angeordnet. Die Preßstempel enthalten Kanäle, die durch Dampf geheizt werden. Auf der Seite der Presse arbeitet eine Ausstoßvorrichtung für die in den Töpfen verbliebenen Rückstände. Die Preßtöpfe erhalten rd. 7 bis 25 kg Inhalt. In einem Preßgang können im Höchstfall ungefähr 90 kg Kakaomasse verarbeitet werden. Derartige Pressen haben Kolben von etwa 300 bis 600 mm Dmr., Gesamtdrücke von 250 bis 800 t bei 320 bis 350 kg/cm² spezifischem Wasserdruck. Das entspricht hier spez. Drücken von ungefähr 330 bis 440 kg/cm² auf der Preßfläche.

Die hydraulischen Teigwarenpressen, Abb. 11, werden mit ausschwenkbaren Preßgefäßen (Teighafen) ausgeführt. Der auf der Knetmaschine oder auf dem Kollergang gefüllte, auf einem Teigwagen sitzende Teighafen wird an die Vorpreßseite der Presse gefahren und durch eine besondere Führung unter den dort angeordneten Vorpreßkolben gebracht. Es wird hydraulisch vorgepreßt. Ein Gegenhalter hält den im ausgeschwenkten Teighafen befindlichen Teig unter Druck, während die Presse arbeitet. Wenn hier das Pressen beendet ist, heben sich die Teighäfen selbsttätig von ihrem Sitz und werden um ein Kugellager geschwenkt. Der frisch gefüllte Teighafen wird durch zwei kräftige Anpreßzylinder auf den Tisch gepreßt. Im Preßtisch ist ein starker Heiz- und Tragrost angeordnet, auf dem die Form ruht, durch die der Teig gepreßt werden soll. Bei der Pressung wird der im Teighafen befindliche Teig durch die Form zu Makkaroni, Spaghetti und anderen Teigwaren gepreßt. Preßtisch und Teighafen sind mit Dampf oder elektrisch heizbar. Die nach unten fallende Ware wird durch einen Roll- oder Schwingtisch befördert. Seitlich des über dem oberen Querhaupt angeordneten Preßzylinders befinden sich die beiden Rückzugzylinder für den Preßstempel. Diese stehenden Teigwarenpressen werden für 100 bis 700 kg/h Leistung gebaut. Schnitt- und Suppenwaren werden meist in liegenden Pressen hergestellt. [B 2318]



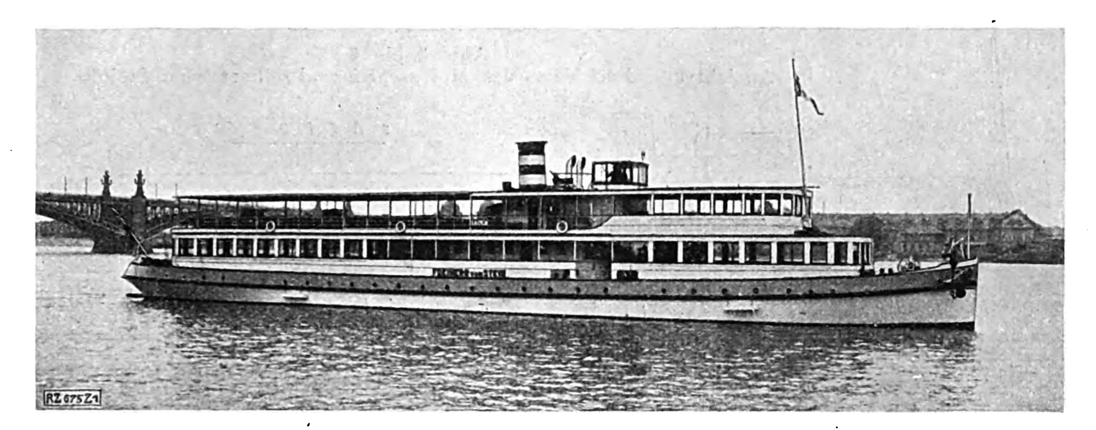


Abb. 1
Doppelschrauben-Motorschiff „Freiherr vom Stein“

Die Doppelschrauben-Personenmotorschiffe „Freiherr vom Stein“ und „Beethoven“

der Köln-Düsseldorfer-Rheindampfschiffahrt

Von Direktor R. Schröter, Düsseldorf

Besondere Verwendungsmöglichkeit — Einrichtung und Maschinen der beiden je 1060 bezw. 600 Fahrgäste fassenden Motorschiffe, die für 16 bis 17 km/h Fahrgeschwindigkeit gegen den Strom gebaut sind.

Am 1. Mai 1827 nahm die am 11. Juni 1826 gegründete Preußisch-Rheinische Dampfschiffahrts-Gesellschaft in Köln, die sich im Jahre 1853 mit der 1836 errichteten Dampfschiffahrts-Gesellschaft für den Nieder- und Mittel-Rhein in Düsseldorf zur „Köln-Düsseldorfer Rheindampfschiffahrt“ zusammenschloß, den Personen- und Güterdienst auf dem Rhein mit dem Seitenraddampfer „Concordia“ auf, dem am 8. Juni 1827 ein zweiter Dampfer gleicher Bauklasse, „Friedrich Wilhelm“, folgte.

Während dieses 100jährigen Bestehens behielt das nach und nach schiffbaulich und maschinentechnisch immer mehr vervollkommnete Seitenradschiff und der Dampfmaschinenantrieb die Alleinherrschaft, bis Anfang Juni 1927 zwei neue Doppelschrauben-Personenmotorschiffe den Dienst aufnahmen, Abb. 1 und 2.

Wenn nun auch in hundertjähriger Erfahrung der Seitenraddampfer wegen seiner großen Deckflächen und seines geringen Tiefganges bei hoher Geschwindigkeit sich als das geeignete Betriebsmittel für die Personenbeförderung auf dem Rhein erwiesen hat und seine gute Maschinen- und Fahrleistung bei Rückwärtsfahrt ermöglicht, in der Talfahrt rückwärts gegen den Strom ohne aufzudrehen an den Landestellen anlegen zu können, so hat sich anderseits doch gezeigt, daß für gewisse Verkehrzwecke auch das Schraubenschiff seine Vorzüge hat und seine Einführung zur Notwendigkeit geworden ist. So konnten diese Schiffe den unmittelbaren Verkehr auf dem Main bis Frankfurt aufnehmen, so daß dieser bedeutende Platz auch im Personenverkehr an den Rhein angeschlossen ist, was mit den vorhandenen Seitenradschiffen wegen der Schleusen- und Brückenabmessungen bisher nicht möglich war.

Motor-Fahrgastschiffe dieser Größe und Fahrgeschwindigkeit waren bisher auf dem Rhein noch nicht vorhanden. Die beiden neuen Schiffe stellen demnach einen bemerkenswerten Fortschritt im Flußschiffbau dar.

Besondere Schwierigkeit bei der Konstruktion boten die gestellten Bedingungen. Bei geringstem Tiefgang sollte die gleiche Geschwindigkeit wie bei dem bisherigen Seitenraddampfer, 16 bis 17 km gegen den Strom, erreicht werden. Ferner war die Höhe der Schiffe so zu bemessen, daß die vielen vorhandenen Landebrücken auch für das Anlegen dieser Schiffe benutzt werden konnten.

Nach gemeinsamem Entwurf mit der Reederei hat die Firma Chr. Ruthoff, Mainz-Kastel, den Bau des Schiffes

„Freiherr vom Stein“

Abb. 1, einschließlich Innenausstattung der Gesellschaftsräume sowie Einrichtung und Ausbau des Maschinenraumes ausgeführt, während die Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg die Antriebmaschinen geliefert hat.

Hauptangaben

Länge über alles	50,75	m
„ zwischen den Loten	47,5	„
Breite über Spanten	7	„
Seitenhöhe	2,9	„
Tiefgang betriebfertig	1,2	„

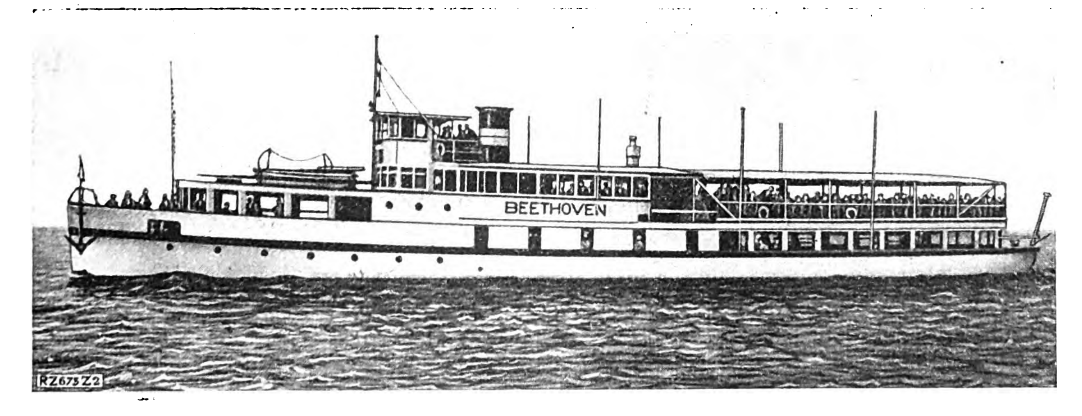
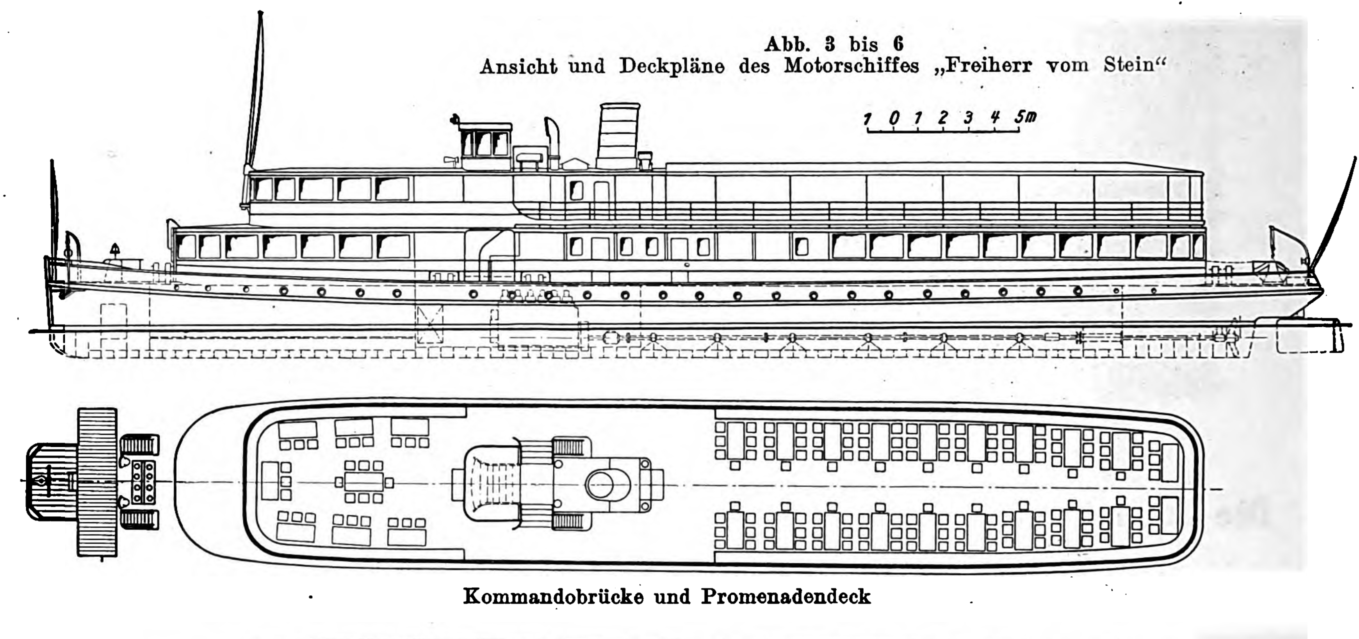
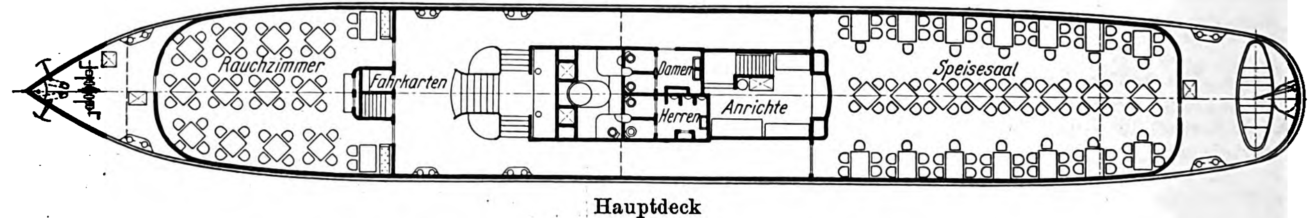


Abb. 2
Doppelschrauben-Motorschiff „Beethoven“

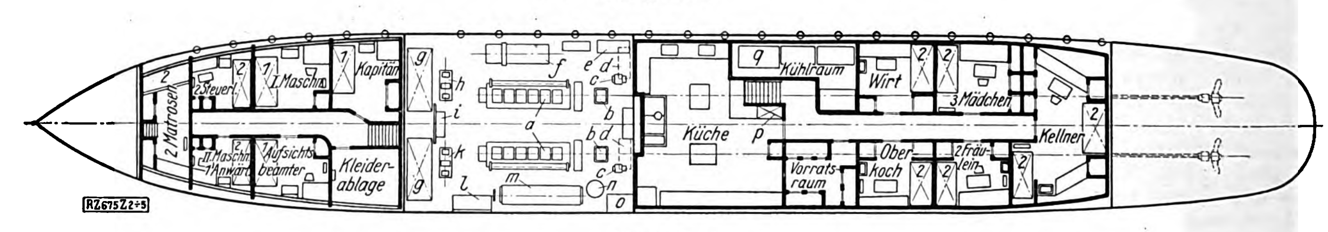
Abb. 3 bis 6
Ansicht und Deckpläne des Motorschiffes „Freiherr vom Stein“



Kommandobrücke und Promenadendeck



Hauptdeck



Raumplan

a Hauptmaschinen
b Drucklager
c Anlaßluftpumpen
d Schmierölbehälter
e Akkumulatoren
f Dieseldynamo mit Hilfskompressor
g Brennstoffbehälter
h Aushilfs-Lenz- und Kühlwasserpumpen
i Schalttafel
k Brennstoff- und Schmierölpumpe
l Werktank
m Anlaßluftflaschen
n Heizkessel
o Bunker für Heizung
p elektrischer Speisenaufzug
q Kühl- und Eismaschine

Maschinenleistung	2 × 275 PS_e
Geschwindigkeit gegen den Strom . . .	16 bis 17 km/h
„ mit dem Strom	29 „ 30 „
Zulässige Fahrgastzahl	1060.

Das Schiff ist als Doppeldeckschiff mit durchlaufendem Haupt- und Promenadendeck gebaut. Vier wasserdichte Querschotte teilen den Schiffskörper in fünf Abteilungen, Abb. 3 bis 6. Im Bug liegt der als Materialraum ausgebaute Kollisionsraum. Nach hinten anschließend folgen die zeitgemäß eingerichteten Wohnräume für die Mannschaft. Mittschiffs ist der Maschinenraum angeordnet, über den nach oben ein geschlossener Schacht bis über das Sonnendach führt, so daß eine Belästigung der Fahrgäste durch Ölgeruch ausgeschlossen ist. Da-

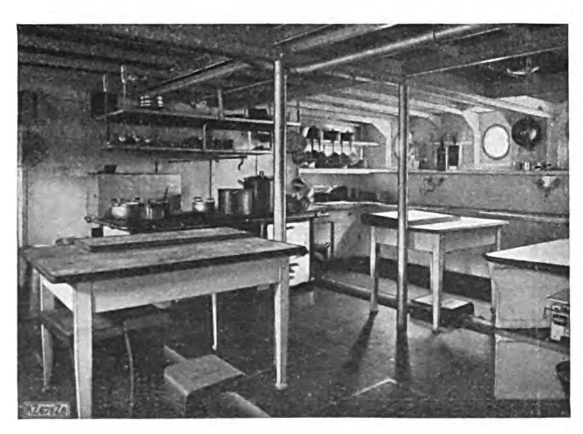


Abb. 7
Küche

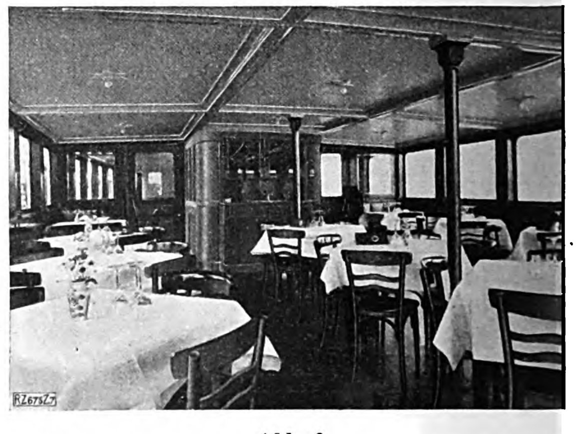


Abb. 8
Rauchzimmer, Ansicht von vorn nach hinten



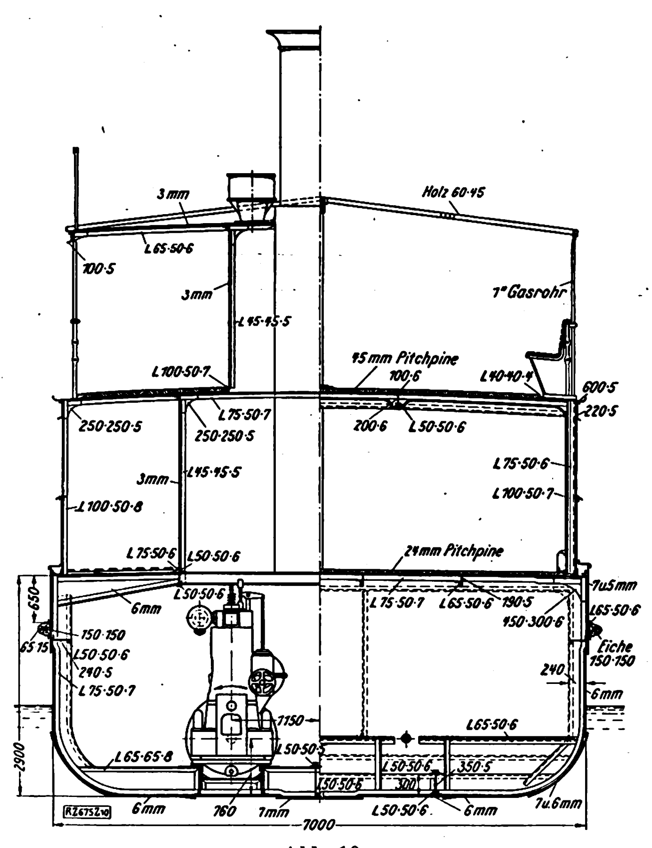


Abb. 10
Hauptspant des Motorschiffes „Freiherr vom Stein“

hinter liegen die von Bord zu Bord reichende geräumige Küche, Abb. 7, und anschließend die Kühl- und Vorratsräume.

Im Hinterschiff liegen die Wohnräume für das Wirtschaftspersonal. Der wasserdichte Heckraum kann ebenso wie der Bugraum zum Trimmen des Schiffes benutzt werden. Beide sind zu diesem Zweck mit Flut- und Lenzleitung versehen. Auf dem Hauptdeck befindet sich vorn ein Rauchzimmer, Abb. 8, mit großen, zum Teil herunterlaßbaren Aussichtsfenstern, das für 56 Fahrgäste an kleinen Tischen Platz bietet. Dann folgt der Vorplatz zum Ein- und Aussteigen mit dem Aufgang zum Promenadendeck. Das Hinterdeck wird von dem Speisesaal, Abb. 9, eingenommen, der Raum für 100 Fahrgäste bietet und allseitig mit großen, beweglichen Aussichtsfenstern versehen ist. Am vorderen Ende des Speisesaals befindet sich die Speisen- und Getränkeausgabe, die mit der Küche durch einen elektrischen Speisenaufzug verbunden ist.

Das Promenadendeck erstreckt sich nahezu über die ganze Länge des Schiffes. Es ist ringsherum mit bequemen Rückenlehnbänken versehen, vorn durch ein Schanzkleid mit darüber angeordneten Aussichtsfenstern abgeschlossen und durch ein festes Schutzdach mit anschließendem Sonnensegel geschützt.

Die Kommandobrücke befindet sich vor dem Schornstein über dem Promenadendeck. Der Steuerstand ist, mit Rücksicht auf die beschränkte Höhe der Mainbrücken über dem Treppenaufgang zum Promenadendeck versenkt eingebaut und der obere Teil zum Umklappen eingerichtet.

Das Schiff hat ein Flettner-Ruder, das durch eine in Kugellagern laufende Axiometerleitung betätigt wird. Das Ruder hat sich bisher, auch in der schwierigsten Schleusenfahrt auf dem Main, gut bewährt. Die Konstruktion des Schiffes ist aus dem Hauptspant, Abb. 10, ersichtlich; das verwendete Schiffbaumaterial entspricht den Vorschriften des Germanischen Lloyd.

Wegen des geringen Tiefgangs ist das Heck des Schiffes als Tunnelheck, Abb. 11, ausgebildet. Die beiden nach außen schlagenden, vierflügeligen Bronzeschrauben werden von je einer unmittelbar umsteuerbaren sechszylindrigen, kompressorlosen Viertakt-Dieselmaschine der MAN angetrieben, Abb. 12. Die Motoren haben 275 mm Zyl.-Dmr. bei 420 mm Hub und leisten 250 bis 280 PS_e bei 265 bis 300 Uml./min. Die jedem Motor angehängten Kühlwasser-, Lenz- und Schmierölpumpen können durch Verbindungsrohrleitungen gegebenenfalls auf den an-

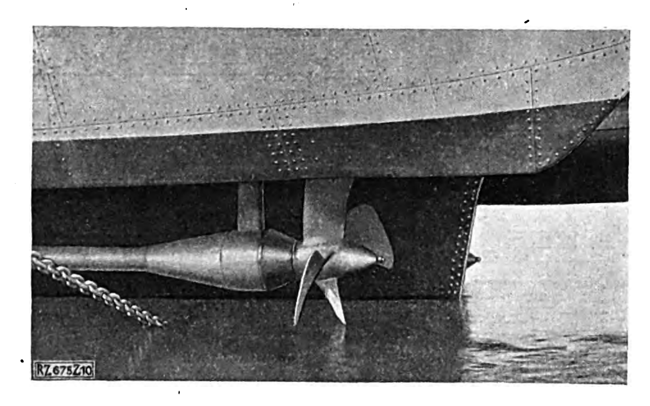


Abb. 11
Schraubentunnel des Motorschiffes „Freiherr vom Stein“

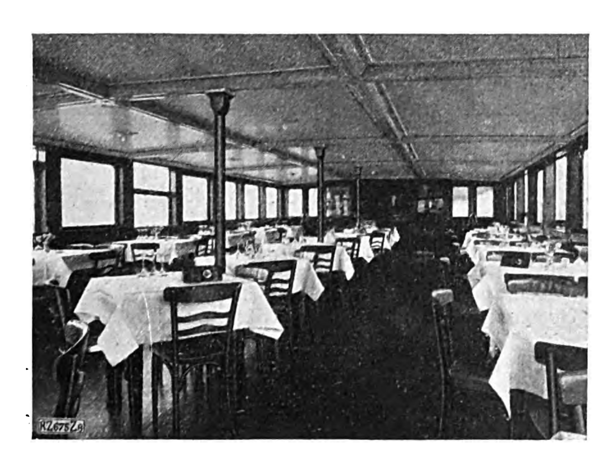


Abb. 9
Speisesaal, Ansicht von hinten nach vorn

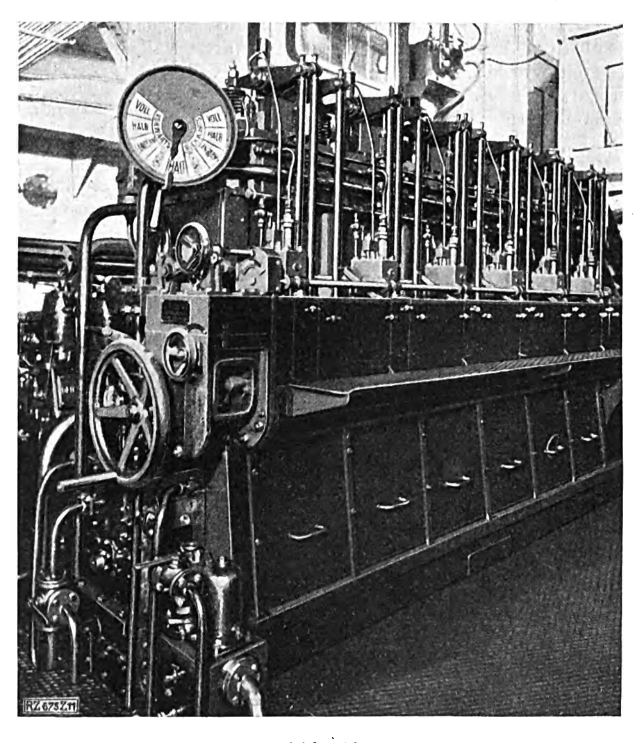


Abb. 12
Hauptmotor mit Manövrierstand



Abb. 13 bis 16
Ansicht und Deckpläne des Motorschiffes „Beethoven“

deren Motor geschaltet werden. Zwei Einscheibendrucklager, Bauart Chr. Ruthof, übertragen den Schraubenschub auf das Schiff. Die Druckluft zum Anlassen und Umsteuern wird von den beiden angehängten Kompressoren erzeugt und in drei Luftflaschen aufgespeichert, deren Inhalt für je 40 Maschinenmanöver ausreichen soll. Außerdem kann sie noch durch einen Hilfskompressor ergänzt werden, der durch einen zweizylindrigen Zweitakt-Vorkammer-Dieselmotor von 12 PS_e, Bauart Deutz, angetrieben wird.

Für die Beleuchtung des Schiffes und den Betrieb der Hilfsmaschinen dient ein 7,5 kW-Stromerzeuger, der ebenfalls von diesem Hilfsdieselmotor angetrieben wird. Die Abgase der Haupt- und Hilfsdieselmaschinen werden durch die Auspufftöpfe im Schornstein ins Freie geleitet, auch sind die Entlüftungen der Brennstofftanks, der Akkumulatorenbatterie, der Küche und der Aborte bis über das obere Sonnenschutzdeck hochgeführt. Der obere Teil des Schornsteins ist einziehbar.

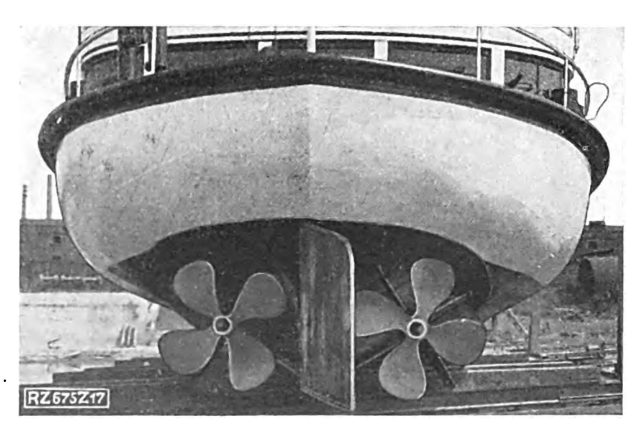


Abb. 17
Heckschrauben des Motorschiffes „Beethoven“

An Hilfsmaschinen sind vorhanden: Je eine Aushilfs-Lenz-, Kühlwasser- und Schmierölpumpe, sowie eine Brennstoff-Übernahmepumpe. Die Kühlschränke für Speisen und Getränke im Kühlraum und in der Anrichte werden durch eine elektrische AS-Kühlanlage der Firma Brown, Boveri & Cie. A.-G., Mannheim, gekühlt. Eine Akkumulatorenbatterie von 2600 Ah, die mit dem Stromerzeuger selbsttätig geschaltet ist, gestattet jederzeit die Abnahme von elektrischem Strom und die Abgabe von Spitzenleistungen. Sämtliche Fahrgasträume und die Wohnräume der Schiffsbesatzung sind mit Warmwasserheizung versehen, die durch einen im Maschinenraum untergebrachten Heizkessel betrieben wird.

Der zweite Neubau ist das Motorschiff

„Beethoven“,

Abb. 2, das von der Firma Gebr. Sachsenberg, A.-G., Roßlau, auf deren Filialwerft Köln-Deutz gebaut wurde.

Hauptangaben:

Länge über alles	47 m
„ zwischen den Loten . . .	45 „
Breite über Spanten	6,8 „
Seitenhöhe	2,2 „
Tiefgang betriebsfertig	1,1 „
Maschinenleistung	2 × 260 PS_e
Geschwindigkeit gegen den Strom	16 bis 17 km
„ mit dem „	29 „ 30 „
Zulässige Personenzahl	600 (Sitzplätze).

Im Gegensatz zum Motorschiff „Freiherr vom Stein“ ist auf diesem Schiff der hintere Speisesaal versenkt eingebaut; auch reicht das Promenadendeck nicht soweit nach vorn, Abb. 13 bis 16. Die Gesellschaftsräume bieten Platz für 190 Fahrgäste.

Dieses Schiff hat ein Balance-Ruder, das von Hand von der Kommandobrücke aus mittels in Kugellagern laufender Steuerleitung gesteuert wird. Abb. 17 zeigt die Tunnelform und die Schraubenböcke, die als Haßsche Leitflächen nach den Angaben der Star Contra Propeller Co. ausgebildet sind. Als Antriebmaschinen sind zwei unmittelbar umsteuerbare, kompressorlose, sechszylindrige Viertakt-Dieselmaschinen der Motorenfabrik Deutz, A.-G., Köln-Deutz, eingebaut worden, Abb. 18, die die beiden von der Firma Zeise gelieferten vierflügeligen Bronzepropeller antreiben. Sie haben 280 mm Zyl.-Dmr. bei 500 mm Hub und leisten normal 240 PS_e, höchstens 288 PS_e; die Drehzahl beträgt 250 Uml./min. Beide Schiffe haben Hilfsdieselmotoren gleicher Bauart und dieselbe Anordnung der Pumpenanlage. Die übrige Einrichtung gleicht im großen und ganzen derjenigen des Motorschiffes „Freiherr vom Stein".

[B 675]

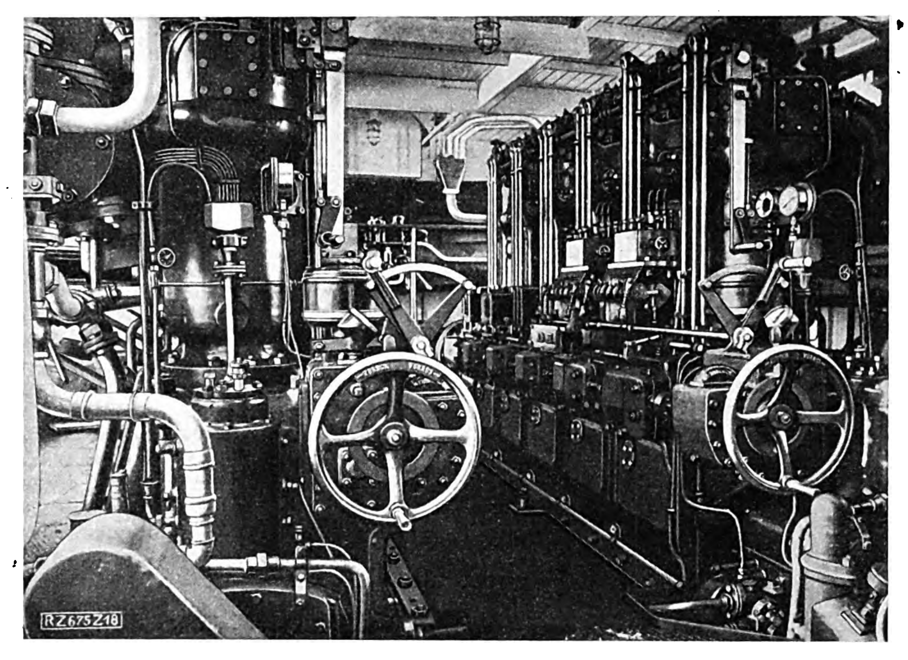


Abb. 18. Hauptmotoren und Manövrierstand des Motorschiffes „Beethoven"

Spiegelbeleuchtung

Von J. Teichmüller, Karlsruhe i. B.

Der günstigste Ort für die zu einer Spiegelbeleuchtung zu verwendende Lampe läßt sich auf der Grundlage von theoretischen und praktischen Annahmen ziemlich eindeutig bestimmen. Das ist in dem folgenden Aufsatz geschehen.

Über die Grundsätze einer guten Spiegelbeleuchtung habe ich mich zum ersten Mal im Jahre 1922 geäußert in einer Beschreibung der Lichttechnischen Ausstellung in Karlsruhe[1]). Auf dieser Ausstellung hatte ich eine Spiegelbeleuchtung so ausgeführt, daß den Besuchern vor allen Dingen der oberste Grundsatz klargemacht werden konnte: Nicht der Spiegel, sondern

[1]) ETZ Bd. 43 (1922) S. 610.

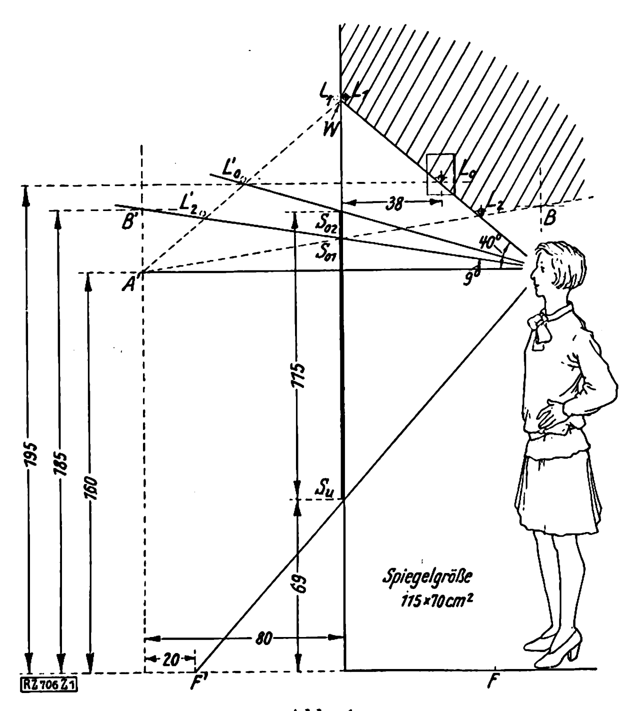


Abb. 1
Bestimmung der Spiegelhöhe und des Ortes für die Lampe

der sich spiegelnde Beschauer muß gut beleuchtet sein. Über die Mittel, wie man sich gegen Blendung schützt, hatte ich einige Bemerkungen hinzugefügt.

Wenn man diese Gedanken strenger durchdenkt, kommt man zu der folgenden Konstruktion, nach der eine Spiegelbeleuchtung auf der Lichttechnischen Ausstellung eingerichtet war, die ich als Teil der Ausstellung „Die neue Wohnung" in Frankfurt a. M. im März und April 1927 veranstaltet hatte. Diese Beleuchtungsweise möchte ich im folgenden beschreiben:

Voraussetzung ist, daß die Beleuchtung von einer einzigen Lampe, die in der mittleren Normalebene des Spiegels liegt, ausgehe. Der Konstruktion zugrunde gelegt werden 160 cm mittlere Augenhöhe eines erwachsenen Menschen und die Annahme, daß der Abstand des Auges vom Spiegel die Hälfte dieses Maßes, also 80 cm, beträgt. Dieser Abstand ist passend, wenn der Beschauer — was ich voraussetzen will — sich in ganzer Größe im Spiegel betrachten will. Weiter wird angenommen, daß man im Spiegel noch die auf eine Höhe von 185 cm erhobene Hand des Beschauers will sehen können. Der Augenbrauenwinkel (Blendungswinkel) wird, wie üblich, zu 30° angenommen. Diese Größen bilden die Grundlage für Abb. 1.

Das Auge des Beschauers befindet sich in A[2]), sein Spiegelbild in A'. Die erhobene Hand befindet sich in B, ihr Spiegelbild in B'. Die Verbindungslinie $\overline{AB'}$ trifft den Spiegel in S_{o1}, der Spiegelrand muß also mindestens bis S_{o1} reichen. Die Höhe des unteren Randes S_u wird bestimmt durch die Verbindungslinie $\overline{AF'}$, wobei F, dessen Spiegelbild F' ist, etwas willkürlich in einem Abstande von 20 cm vor dem Standpunkte des Beschauers gewählt ist.

Über die Linie $\overline{AB'}$ wird ein Winkel von etwa 30° aufgetragen, das gibt über $\overline{AA'}$ einen Winkel von etwa 39°, der auf 40° vergrößert werde. Der freie Schenkel trifft die Wand im Punkt W. In dem schraffierten Raume

[2]) Der Buchstabe A ist im Auge anzunehmen.



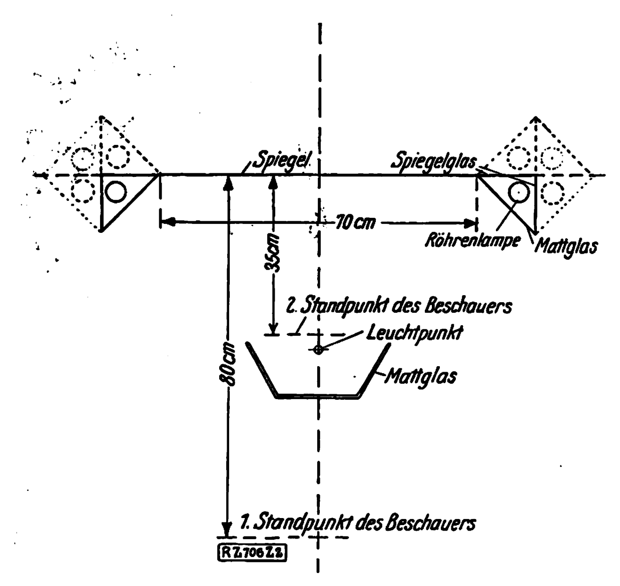


Abb. 2
Grundriß zu Abb. 1 nebst Anbringung von Seitenlampen

muß sich der Leuchtpunkt befinden. Der Raum wird begrenzt von den Linien $\overline{AW}$ und $\overline{A'B}$; läge der Leuchtpunkt unterhalb von $\overline{AW}$, so würde das Auge beim Sehen nach der erhobenen Hand durch den Leuchtpunkt selbst geblendet werden, läge er unterhalb von $\overline{A'B}$, so würde das Spiegelbild des Leuchtpunktes blenden. Den für den Leuchtpunkt endgültig zu wählenden Ort findet man folgendermaßen:

Zur Beleuchtung des Beschauers dient der Leuchtpunkt selbst und sein Spiegelbild. Die Beleuchtung wird um so besser, je größer der Lichtstrom ist, der den Beschauer trifft; also muß der Raumwinkel, der vom Lichtpunkt ausgeht und von der Oberfläche des Beschauers überspannt wird, möglichst groß sein. Für den Leuchtpunkt selbst wäre deshalb der beste Ort in unmittelbarer Nähe des Punktes W, nämlich L_1, nicht aber für sein Spiegelbild L_1'; denn der von L_1' kommende Lichtstrom muß durch die Spiegelfläche treten, ehe er den Beschauer erreichen kann; und von L_1' gelangt kein Strahl auf den Beschauer. Für das Spiegelbild wäre es am besten, wenn man es an den Kreuzungspunkt $\overline{AB'}$ und $\overline{A'W}$, also nach L_2' bringen würde, womit der Leuchtpunkt bei L_2 bestimmt wäre. L_2 ist aber dem Beschauer zu nahe, der genannte Raumwinkel ist zu klein oder — was ungefähr dasselbe bedeutet — die Strahlen fallen zu steil auf den Beschauer. Gegen die Wahl des Leuchtpunktes in L_2 spricht auch die praktische Erwägung, daß man Lampen nicht so nahe am Kopfe zu haben wünscht. Der Leuchtpunkt ist also zwischen L_2 und L_1 zu wählen, und zwar auf der Verbindungsgeraden; denn jeder andere Punkt in dem schraffierten Raume würde für die Beleuchtung ungünstiger sein. Zur endgültigen Bestimmung hilft die praktische, zwar nicht unbedingt, aber doch zweckmäßig zu erfüllende Forderung, daß man die Glühlampe zur Auswechslung noch ohne Hilfsmittel erreichen soll. Wir wählen deshalb 195 cm Höhe des Leuchtpunktes über dem Fußboden. Hierdurch ist der Leuchtpunkt bei L_0 festgelegt.

Wir sehen nun, daß die obere Begrenzung des Spiegels bei S_{01} noch geändert werden kann. Schieben wir die Grenze bis S_{02}, dem Schnittpunkte der Geraden $\overline{AL_0'}$ mit der Spiegelfläche, so haben wir zwei Vorteile erreicht, den einen, daß das Spiegelbild des Beschauers nach oben nicht so eng begrenzt ist, und den zweiten, daß mehr Licht vom Spiegelbilde des Leuchtpunktes auf den Beschauer fällt.

Der Benutzer des Spiegels ist nun noch gegen Blendung beim Herantreten an den Spiegel zu schützen. Hierzu dient eine ebene, gebrochene oder gewölbte Milchglas- oder Mattglasscheibe nahe am Leuchtpunkt L_0. In Abb. 1 und 2 ist eine gebrochene Scheibe gezeichnet.

Die so erreichte Beleuchtung wird nun für gewisse Benutzungen des Spiegels nicht ausreichen, vor allem dann nicht, wenn man, wie beim Rasieren, das Gesicht besonders deutlich sehen will. Hierfür sind ungefähr in Gesichtshöhe noch je eine Lampe an den Seiten des Spiegels anzubringen. Diese Lampen müssen das Gesicht unmittelbar beleuchten, deshalb eine unbedingt blendungsfreie Leuchtdichte haben und drittens selbstverständlich den Lichtstrom möglichst gut ausnutzen. Die Erfüllung der dritten Bedingung ist gefährdet, wenn man die nackte Lampe mit einer streuend durchlässigen Glocke umgibt oder wenn man Opalglühlampen verwendet; denn dabei geht ein Teil des Lichtstromes mehrmals durch das trübe Glas. Bringt man dagegen die Lampen, in diesem Fall am besten Soffitten- oder Röhrenlampen, wie in Abb. 2 an, so erleidet sowohl der von der Lampe selbst als der von ihrem Spiegelbilde ausgehende Lichtstrom nur einmal die Verluste im trüben Glas.

Die Lampen können unmittelbar vor dem Spiegel, an seinem linken und rechten Rande, angebracht werden. Dann wird aber die Spiegelfläche an dieser wichtigen Stelle beträchtlich verkleinert. Deshalb ist es vorzuziehen, besondere Geleuchte neben dem Spiegel anzubringen. Diese Wandgeleuchte bestehen aus einem Stück Spiegelglas in der Ebene des großen Spiegels und einem unter 45° gestellten Matt- oder Opalglas. Stellt man noch ein Stück Spiegelglas senkrecht zum ersten, so hat man dreimalige Spiegelung der Glühlampen, also das viermalige Lampenbild und damit vergrößerte Lichtwirkung in der Richtung auf den sich Spiegelnden. Die Anbringung des zweiten Spiegels unter 30° würde ein sechsmaliges Lampenbild hervorrufen und die Lichtwirkung weiter steigern. Der Beschauer wird sich dem Spiegel bei dieser Art der Benutzung im allgemeinen erheblich genähert haben, etwa auf 35 cm, wie es in Abb. 2 eingezeichnet ist.

Vorstehendes sollte nur das Grundsätzliche über die Spiegelbeleuchtung mitteilen. Es ist selbstverständlich, daß besondere Umstände besondere Anordnungen und Maßnahmen erfordern. So wird z. B. die Beleuchtung des Spiegels bei einem Friseur, wo der das Haar Ordnende eine andre Person ist als der Beschauer, etwas anders einzurichten sein. Die Grundgedanken bleiben aber dieselben. [B 706]

Berichtigungen

Über die Zusammenarbeit von Konstruktion, Betrieb und Werkstoffprüfung im Leichtbau

Abb. 13, Textblatt 16, des Aufsatzes von H. Steudel in Nr. 43 dieser Zeitschrift enthält eine Erläuterung zur Unterschrift, die folgendermaßen lauten muß: „Die durch Kaltbehandlung hervorgerufenen Werkstoffspannungen lassen sich durch gelindes Ausglühen beseitigen.“

Der Zusatz, daß auch bestimmte mechanische Nachbehandlungen die Spannungen beseitigen, bezieht sich auf Schlußfolgerungen aus dem Aufsatz von G. Sachs, Z. Bd. 71 (1927) Nr. 43, insbesondere S. 1512, linke Spalte. [N 951]

Das Schätzen des Eigengewichtes von Fachwerkbrücken

In Z. Bd. 70 (1926) S. 1332 ist in der Mitte der rechten Spalte der Wert für das Eigengewicht des Fachwerkträgers infolge eines Druckfehlers nicht richtig angegeben worden. Es muß heißen: $Q = P\frac{fl}{t - fl}$. Entsprechend lautet die letzte Gleichung

$$Q = \left(P_v - 9\frac{M}{l}\right)\frac{fl}{t - fl}.$$

[N 917]

Cityplan und Hochhäuser in Chikago

Von Ing. Gustav R. Gehrandt, Chikago-Evanston

Vorgetragen am 31. August 1927 in Chikago vor deutschen Architekten und Ingenieuren[1])

Die planmäßige Ausgestaltung Chikagos namentlich in verkehrstechnischer Hinsicht wird beschrieben. Der Wettbewerb der Hochhäuser untereinander führt bei Umbauten zu Lösungen von bemerkenswerter Kühnheit.

Der amerikanische Städtebau hat in seiner Entwicklung einen andern Gang verfolgt als der europäische. Während in Europa die Städte sich um ein Schloß oder eine Kirche herum aufbauten, waren die ersten amerikanischen Städte an den Küsten zunächst Einwanderungshäfen mit einer später sich stark entfaltenden Gütererein- und -ausfuhr. In dem Maße, wie das Land immer mehr und mehr erschlossen und besiedelt wurde, entstanden in schneller Reihenfolge Eisenbahnknotenpunkte, von denen Chikago mit seinen 28 einlaufenden Eisenbahnlinien das bedeutendste Beispiel ist.

Das schnelle Wachsen der Bevölkerung und die Erschließung des Landes hatten den größten Einfluß auf die Entwicklung der Städte. 1800 belief sich die Einwohnerzahl der Vereinigten Staaten auf rd. 5 Mill. Chikago war zu dieser Zeit eine Niederlassung von einigen wenigen Weißen, die unter dem Schutz des Fort Dearborn einen Tauschhandel mit den Indianern trieben. An der Stelle dieses Forts befindet sich heute ein Wolkenkratzer, dessen Grundfläche allein mit 60 000 $ auf 1 m Straßenfront bewertet ist.

Chikago entwickelte sich zunächst im Anfang des vorigen Jahrhunderts noch sehr langsam. Es wurde 1833 Stadt. Erst 1840 trat Chikago zum ersten Male bei der Volkszählung mit etwas über 4000 Einwohner auf den Plan. Mit dem Einlauf der ersten Eisenbahn in Chikago, 1848, kam eine lebhaftere Bewegung in die Entwicklung der Stadt, bereits 1860 waren über 100 000 Einwohner vorhanden, und heute dürfte sich die Bevölkerung Chikagos mit Vororten auf 4 Mill. belaufen. Die Eisenbahn sicherte sich, nachdem sie einmal hier Fuß gefaßt hatte, ganz bedeutende Grundstückflächen, mit deren Besitz sie sofort die größte Grundbesitzerin der Stadt wurde. Hierdurch erhielt sie einen großen politischen Einfluß.

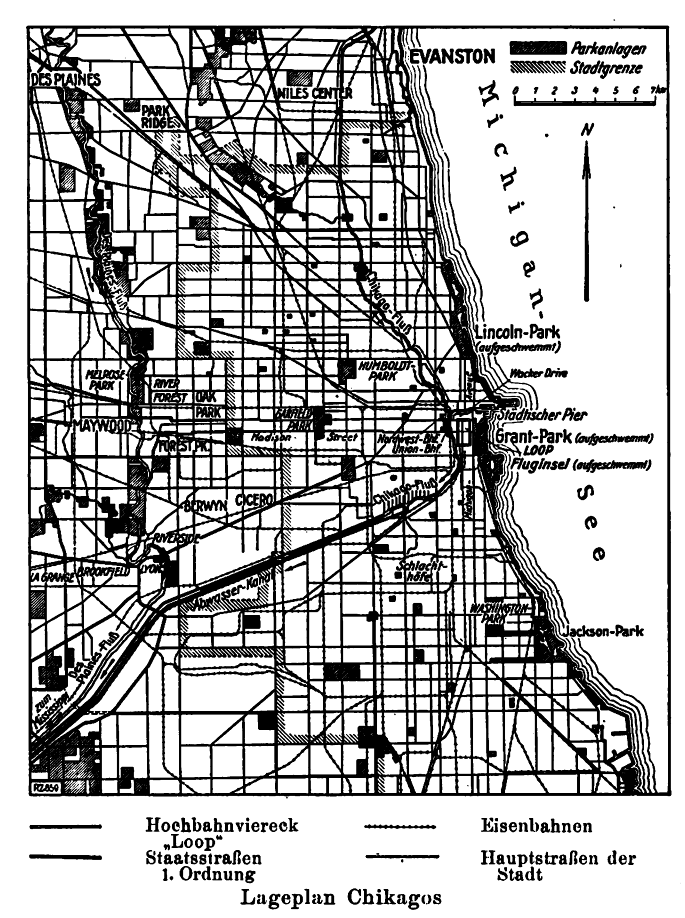
In nicht zu großer Entfernung von den Toren Chikagos fließt der Mississippi vorbei, der mit seinen vielen Nebenflüssen ein Gebiet durchläuft, das sich sehr bald als die Korn- und Fleischkammer der Welt entwickeln sollte. So entstand hier ein großer Getreide- und Fleischhandel, mit seinen großen Kornkammern und Viehhöfen.

Die wirtschaftliche Einteilung des Mississippigebietes, das sich vom Alleghany-Gebirge bis zu den Rocky Mountains und von Kanada bis zum Golf von Mexiko erstreckt, bedingte einen ausgedehnten Eisenbahnbau. Chikago als der gegebene Mittelpunkt all der vielen Eisenbahnlinien entwickelte sich zum typischen Eisenbahnknotenpunkt. So entstanden hier mitten im Herzen der Stadt große Güterbahnhöfe, deren Ursprung auf eine Zeit zurückzuführen ist, in der Chikago noch eine unbedeutende Provinzstadt war.

Aber schon seit Jahren ist Chikago keine reine Eisenbahnstadt mehr; wir haben hier eine bedeutende Eisen- und Stahlindustrie, Maschinen- und elektrotechnische Industrie und die größte Zusammenballung von allen möglichen Warenhäusern. Ferner ist die Stadt der Knotenpunkt eines Stromverteilungssystems, das von St. Paul bis zu dem Alleghany-Gebirge reicht.

Der „Chikago Plan“

Die Gesamtbautätigkeit Chikagos steht seit ungefähr 15 Jahren unter dem Einfluß des sogenannten „Chikagoer Planes“. Dieser Plan wurde in der Zeit von 1905 bis 1909



Lageplan Chikagos

auf Kosten des „Commercial Club“ von den Architekten Daniel H. Burnham und Edward H. Bennet ausgearbeitet. 1909 wurde dieser Plan der Stadt Chikago als Geschenk überreicht. Die Folge davon war die Ernennung der „Chicago Plan-Commission“, deren Aufgabe es war, den Stadtbehörden von Zeit zu Zeit zu empfehlen, welche Teile des Planes ausgeführt werden sollten. Die Vorschläge dieses Planes sind folgende: rd. 320 km Straßenerweiterungen, -verlängerungen und -verbesserungen; vollständiger Umbau der gesamten Einrichtungen für den Personen- und Güterverkehr; Schaffung ausreichender Häfen; Umgestaltung des gesamten Förderwesens nach neuzeitlichen Gesichtspunkten, Park- und Hafenentwicklung längs den Küsten des Michigan-Sees; Bau eines neuen Postamtes auf der Westseite zwischen dem Union- und dem Nordwestbahnhof, wo über 60 vH der gesamten Post Chikagos ankommen; schließlich die Schaffung und Erwerbung eines Waldgürtels, der die gesamte Stadt vom Süden bis zum Norden umgibt. Von diesem Plan ist bereits ein bedeutender Teil fertiggestellt.

Mit der Ausführung des Chikagoer Planes geht der Umbau der Bahnhöfe Hand in Hand. Das Zentrum von Chikago wird durch die Loop (Schleife) umschlossen, d. i. ein Hochbahnviereck (vergl. den Stadtplan), von dem Linien für den Ort-, Nah- und Fernverkehr strahlenförmig ausgehen. Den beiden großen Neubauten des Nordwest- und des Unionbahnhofes an der Westseite der Loop werden ein weiterer an der südwestlichen Ecke und ein anderer an der südöstlichen Ecke folgen.

Angesichts des Umstandes, daß an jedem Arbeitstage Umgehungs- und Durchgangstraßen zu helfen. 1911, bevor

[1]) Der Norddeutsche Lloyd hatte in Verbindung mit dem Verbande deutscher Architekten- und Ingenieurvereine, dem Bund deutscher Architekten, der Freien deutschen Akademie des Städtebaues und der Vereinigung technischer Oberbeamten deutscher Städte zu einer technischen Studienfahrt nach den Vereinigten Staaten von Amerika aufgefordert. Hundert Architekten und Ingenieure nebst fünfzehn Damen waren dem Rufe gefolgt. Dabei war nicht New York, sondern Chikago, die aufstrebende Hauptstadt der Mittelstaaten, der sehenswerteste Punkt der Reise. Dort hielt auch Herr Gehrandt, ein in Deutschland geborener und in Charlottenburg ausgebildeter Ingenieur, einen Vortrag über die Entwicklung seiner neuen Heimatstadt und berichtete über sein besonderes Arbeitsgebiet, den Hochhausbau, bei dessen Entwicklung er hervorragend mitwirkt.

mehr als 1 Mill. Fußgänger die „Loop" durcheilen, versucht der Plan, mit Straßenerweiterungen, Doppeldeckstraßen, Umgehungs- und Durchgangsstraßen zu helfen. 1911, bevor die Michigan-Avenue erweitert wurde, fuhren täglich 9800 Fuhrwerke über eine alte Drehbrücke. An ihrer Stelle sieht man heute eine zweistöckige Klappbrücke, die in der gleichen Zeit von 75 000 Fuhrwerken benutzt wird; das bedeutet eine Zunahme von über 750 vH. Mit dieser Brücke wurde auch die erste zweistöckige Straße „Wacker Drive" ausgeführt. Ebenso wurden an dieser Stelle auf die Vorschläge des Planes hin viele Hochhäuser ausgeführt.

Was die Zunahme der Verkehrsmittel in einer Stadt wie Chikago zu bedeuten hat, wird daraus klar, daß man nach den bisherigen Erfahrungen mit einer Verdoppelung der Fahrzeugzahl in der Loop nach weiteren 10 Jahren zu rechnen haben wird. Um diesen Verkehr zu bewältigen, dürften meiner Meinung nach nur zweistöckige, drei- und vierstöckige Straßen mit dazu gehörigen Untergrundbahnen einen Ausweg bieten, oder aber man läßt das eigentliche Geschäftsviertel sich mehr in die Breite ausdehnen.

Der Chikagoer Plan schlägt ferner die Schaffung von drei Kraftwagen-Gürtelstraßen vor, die die Stadt in drei Halbkreisen von rd. 19, 32 und 64 km Halbmesser umgeben und die die sämtlichen von der Stadt ausstrahlenden Straßen fächerartig verbinden. Ferner sind bereits 1400 ha Waldgürtelfläche erworben und dem Publikum zur Verfügung gestellt.

Der Hochhausbau

Die Wolkenkratzer entstanden aus dem Bestreben heraus, den eigentlichen Geschäftsbezirk der Stadt immer mehr zusammenzudrängen. Die notwendige Folge davon war die Erhöhung der Bodenpreise und eine weitere Vermehrung der Stockwerke der Geschäftshäuser. Das große Publikum verhielt sich zunächst diesen hohen Häusern gegenüber ablehnend; es glaubte, daß derartige Häuser von 55 und mehr Stockwerken in sich zusammenfallen würden oder daß der Wind sie umblasen würde oder die Aufzüge versagen würden u. a. m. Um die Wolkenkratzer volkstümlich zu machen, ging man schließlich so weit, die Geschäftsräume in diesen Häusern dem Publikum mietefrei anzubieten; dieses Mittel schien zu helfen; heute kann sich das amerikanische Publikum eine neuzeitliche Geschäftstadt ohne Wolkenkratzer gar nicht mehr vorstellen.

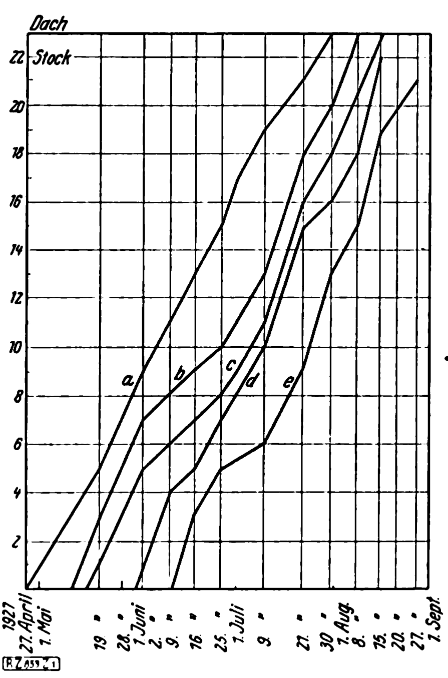


Abb. 1
Bauzeiten verschiedener Konstruktionsteile beim Neubau der Chikagoer Staatsbank

a Stahlgerüst *b* Schalung *c* Beton *d* Decken *e* Steine

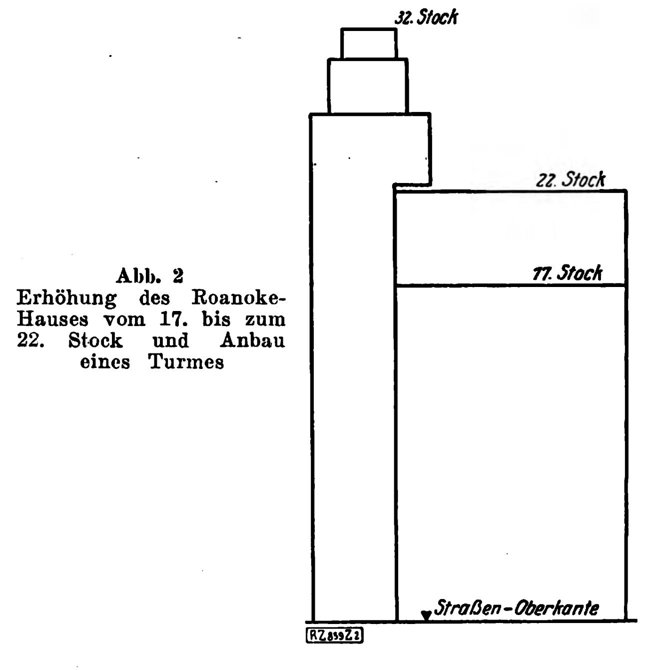


Abb. 2
Erhöhung des Roanoke-Hauses vom 17. bis zum 22. Stock und Anbau eines Turmes

Diese Hochhäuser sind in ihrem Bau wie in ihrem Betrieb industrielle Unternehmungen, und die damit verbundenen Aufgaben müssen dementsprechend gelöst werden. Man ist natürlich zu jeder Zeit bestrebt gewesen, die Bauzeit der Hochhäuser immer mehr zu verkürzen, da der Bauherr doch so schnell wie möglich Gewinn aus seinem Unternehmen herausschlagen will. In Abb. 1 sind die Bauzeiten der Stahlkonstruktion, der Betonierung, der Decken und der Außenmauern mit Steinverblendung des Neubaues der Chikagoer Staatsbank angegeben. Obwohl dies keine Rekordleistungen sind, so überragen sie doch den Durchschnitt.

In den letzten sieben Jahren sind nun in Chikago auch außerhalb der Loop zahlreiche Hochhäuser gebaut worden, die alle sehr viel eleganter und bequemer als die alten Häuser in der Loop eingerichtet waren. Um diesem plötzlichen Wettbewerb zu begegnen, hat man alte Hochhäuser durch Umbau und Erweiterung den neuzeitlichen Bedürfnissen angepaßt. Dies hat in einigen Fällen zu sehr beachtlichen Konstruktionsaufgaben geführt.

So haben die Eigentümer des Roanoke-Hauses beschlossen, ihr siebzehnstöckiges Haus auf 22 Stockwerke zu erhöhen und einen Turm anzubauen. Die Gründungen waren stark genug für solche zusätzlichen Belastungen. Für den Turm wurde ein Nachbargrundstück erworben. Dieses hatte aber nicht die genügende Grundfläche, und so wurde denn der Turm vom 22. Stockwerk an überhängend ausgeführt, Abb. 2.

Bei der First National Bank handelte es sich um bedeutende Umänderungen, die auch heute noch nicht abgeschlossen sind. Als diese Bank, die zu den ältesten Banken der Stadt gehört, vor ungefähr zehn Jahren von andern Banken überflügelt wurde, beschloß die Leitung, die Bank und das Gebäude von Grund aus nach neuzeitlichen Gesichtspunkten umzugestalten. Durch den Erwerb verschiedener Gebäude kam die Bank in den Besitz eines Häuserblockes, der ungefähr einen halben Straßenblock umfaßte und von zwei Parallelstraßen östlich und westlich begrenzt war. Dieser Häuserblock sollte zu einem einzigen Haus vereinigt werden und die beiden Hauptbankhallen im ersten und zweiten Stockwerk sowie das Panzergewölbe im ersten Erdgeschoß von der Dearborn- bis zur Clarkstraße durchgeführt werden. Hierzu kam noch die vollständige Entfernung der alten Kraft- und Lichtanlage und der Neubau einer elektrischen Anlage von 7000 PS, der gänzliche Um- und Neubau der Personen- und Güteraufzüge, Umbau und Neueinrichtung verschiedener Stockwerke, Anlage eines zweiten Erdgeschosses und vollständige Neueinrichtung sämtlicher Bankbetriebe.

Eine Hauptbedingung für diesen Umbau bestand darin, daß weder der Bankbetrieb noch die vielen Inhaber von

Geschäftsräumen mit ihrem Personal und ihrer Kundschaft in ihrem täglichen Arbeitsbetrieb gestört werden durften. Unter solchen Umständen war natürlich an eine Höchstleistung in bezug auf Geschwindigkeit nicht zu denken. Sicherheit der Ausführung des gesamten Bauplanes war Hauptbedingung.

Der Durchbruch der beiden Hauptbankhallen im ersten und zweiten Geschoß sowie des Panzergewölbes im ersten Erdgeschoß war bei weitem die schwierigste Aufgabe, da es sich hierbei um eine bedeutende Veränderung der Konstruktion des das Gebäude tragenden Stahlgerippes handelte. Um diesen Durchbruch auszuführen, war es notwendig, fünf alte bestehende Säulen von der Gründung bis zum dritten Stockwerk zu entfernen und die Belastung von den darüberliegenden sechzehn Stockwerken gleichzeitig auf neue Säulen zu übertragen.

In Abb. 3 sei das Verfahren, nach dem dieser Säulenumbau stattfand, erläutert. a_1 und a_2 bezeichnen zwei bestehende Säulen, von denen a_1 zu entfernen war. Zunächst wurde ein Blechträger b_1 fest mit den beiden alten Säulen vernietet. Dieser Träger war lang genug, um auch die neuen Säulen c_1 und c_2 aufzunehmen. Doch wurden die neuen Säulen zunächst nur mittels Schrauben mit dem Träger b_1 verbunden. Die neuen Säulen wurden dann im dritten und vierten Stockwerk mit der alten Säule a_1 über einen Träger b_2 fest durch Nieten verbunden. Der Träger b_1 sowie die neuen Säulen hatten Flächen, die zur Aufnahme von Hebezeugen mit Druckwasserantrieb und von Unterlagkeilen dienten. Nachdem nun die den Kastenblechträger b_1 mit den neuen Säulen c_1 und c_2 verbindenden Bolzen herausgeschlagen waren, wurde mittels der Hebezeuge ganz allmählich die Belastung der alten Säule a_1 auf die beiden neuen Säulen c_1 und c_2 übertragen. Man überzeugte sich durch genaue Messungen, daß die Höchstbelastung erreicht war, sodann wurden die neuen Säulen fest durch Nieten mit dem Träger b_1 verbunden und die alte Säule a_1 zwischen dem ersten und dem dritten Stockwerk mit der Sauerstoffflamme herausgebrannt.

Auf diese Weise wurde die Gesamtbelastung von sechzehn Stockwerken der alten Säule a_1 auf dem Umweg über die beiden neuen Säulen c_1 und c_2 durch den Träger b_1 wieder in die alte Gründung übergeführt. Nach diesem Verfahren wurden mit entsprechender Abänderung einiger Einzelheiten sämtliche fünf Säulen durch neue ersetzt, ohne daß die Tausende von Personen, die dieses Gebäude täglich besuchten, auch nur eine Ahnung von den bedeutenden Umänderungen im Aufbau des Hauses hatten.

Abb. 3 Säulenumbau beim Durchbruch der beiden Hauptbankhallen im ersten und zweiten Geschoß sowie des Panzergewölbes im ersten Erdgeschoß der First National Bank

a_1, a_2 bestehende Säulen
b_1, b_2 Blechträger
c_1, c_2 neue Säulen
d_1, d_2 Pratzen mit untergesetzten Hebezeugen und Keilbeilagen

Aus den angeführten Beispielen läßt sich erkennen, daß die Entwicklung des Hochhausbaues immer mehr zu den allergrößten Abmessungen führt. Man muß sich in der Tat verwundert fragen, wie und wann wir endlich einmal zu einem Haltepunkt kommen werden. Es ist meiner Meinung nach zweifelhaft, ob es richtig ist, große Menschenmengen auf so engen Grundflächen zusammenzubringen. Häuser von 30 Stockwerken sind hoch genug.

Zum Schluß sei noch kurz folgendes erwähnt. Chikago ist auch Mittelpunkt eines großen Stromverteilungssystems. Im Süden der Stadt ist vor kurzem mit dem Bau eines Kraftwerkes begonnen worden, das fünf Dampfturbineneinheiten von je 200 000 kW, also eine Gesamtleistung von 1 Mill. kW, erhalten wird. [B 859]

Hochdruckanlage des Großkraftwerkes Mannheim

Als erstes öffentliches Elektrizitätswerk Europas hat sich das Großkraftwerk Mannheim entschlossen, seine Erweiterung mit einem Dampfdruck von 100 at bei einer Temperatur von rd. 470 ° an den Kesseln durchzuführen. Zur Aufstellung kommen zunächst zwei Kessel für je 60 bis 70 t/h Dampfleistung bei 200 ° Speisewassertemperatur. Die Kessel haben die übliche Steilrohrbauart, also keine der für Höchstdruckanlagen vorgeschlagenen Sonderbauarten, deren Bewährung im praktischen Betriebe sich zur Zeit der Bestellung noch nicht genügend übersehen ließ. Die Kessel werden mit Speisewasservorwärmern und Lufterhitzern, die die Luft auf rd. 300 ° erwärmen, ausgerüstet. Die Kohlenstaubfeuerungen werden aus einer gemeinsamen Mahlanlage versorgt. Die Brennkammern werden nicht vollständig mit Röhren ausgekleidet, damit im Hinblick auf den zur Verwendung kommenden mageren Brennstoff auch bei Teilbelastung noch eine gute Zündung gewährleistet ist. Der eine Kessel erhält eine Brennkammer nach der Bauart der Kohlen-Scheidungs-Gesellschaft und wird im übrigen von der Hanomag gebaut, der andere Kessel eine AEG-Brennkammer und wird von Humboldt gebaut.

Das Speisewasser wird im Regenerativverfahren auf 200 ° erwärmt. In der oberen Temperaturstufe ist ein Verdrängungs-Speisewasserspeicher, der von der Kraftanlagen-A.-G., Heidelberg, geliefert wird, eingeschaltet. Dieser gestattet, ohne Veränderung der Feuerführung die abgegebene Leistung um rd. 15 vH zu erhöhen.

Die Turbinenanlage für den Dampfdruck von 100 at wird als reine Vorschaltanlage ausgebildet, indem die Maschinen ihren Abdampf in die vorhandene 20 at-Anlage abgeben. Da die Temperatur des Abdampfes für den Betrieb zu niedrig ist, sowohl im Hinblick auf die Dampffeuchtigkeit in den letzten Stufen der Hauptturbine, als auch wegen des Parallelarbeitens mit der 20 at-Kesselanlage, die Dampf von 350 ° liefert, so ist Zwischenüberhitzung notwendig. Diese erfolgt in zwei Stufen, zunächst durch kondensierenden Frischdampf und dann durch strömenden Frischdampf. Die Temperatur des Dampfes beim Eintritt in die Turbinen geht hierbei auf 425 bis 430 ° herab. Die Turbinen, die von der A.-G. Brown, Boveri & Cie., Mannheim, geliefert werden, sind für Anfangstemperaturen bis zu 450 ° gebaut. Diese Turbinen haben etwas verschiedene Leistungen erhalten, zum Teil im Hinblick darauf, daß eine von ihnen mit einem vorhandenen Phasenschieber gekuppelt werden soll. Die eine Maschinengruppe hat 50 bis 70 t/h Schluckfähigkeit mit dem höchsten Wirkungsgrad bei 50 t/h, die andere 65 bis 85 t/h mit dem besten Wirkungsgrad bei 65 t/h. Ein besonderer Regenerativzylinder dient zur Speisewasservorwärmung in zwei Stufen mit 4,5 und 9,5 at.

Das Zusatz-Speisewasser wird in mehrstufigen Verdampfern, die mit dem Abdampf der Speisepumpen betrieben werden, aufbereitet. Diese werden zum Teil mit Dampfturbinen, zum Teil elektrisch angetrieben. Zwei davon werden von Klein, Schanzlin & Becker, die beiden anderen von Gebr. Sulzer geliefert. Die Anlage soll im Sommer 1928 in Betrieb kommen. [N 836] F. Marguerre

RUNDSCHAU

Aus dem Ausland

Gießerei

Internationaler Gießereikongreß in Paris

Unter der Leitung des Vorsitzenden des Vereins französischer Gießereifachleute, Léon Thomas, wurde in den Tagen vom 7. bis 10. September im Ausstellungspark der Stadt Paris der diesjährige internationale Gießereikongreß abgehalten, zu dem über 2000 Fachleute aus fast sämtlichen westeuropäischen Staaten erschienen waren. Allein aus Deutschland hatten sich etwa 160 Fachleute eingefunden. Sie wurden von den französischen Fachgenossen sehr freundlich aufgenommen. Man bemühte sich, auch durch gesellschaftliche Veranstaltungen, an denen die miterschienenen Damen teilnahmen, den Gästen den Aufenthalt in Paris so angenehm wie möglich zu machen. Mit dem Kongreß war eine Gießereifachausstellung verbunden, über die ein besonderer Bericht folgt.

Die Verhandlungen

Nach der Begrüßung der Kongreßteilnehmer durch Léon Thomas brachte M. Rospy, der Präsident des internationalen Gießereiausschusses, in längeren Ausführungen den Dank der Erschienenen gegenüber den Veranstaltern des Kongresses zum Ausdruck. Anschließend begrüßte M. Jupeau, Generalinspekteur für das technische Unterrichtswesen, namens des französischen Unterrichtsministeriums die Versammlung. Im Verlauf der Tagung wurden eine große Anzahl wissenschaftlicher Vorträge von bekannten Fachleuten der verschiedenen Nationen sämtlich in französischer Sprache gehalten, auf deren Inhalt im folgenden kurz eingegangen werden soll.

Als erster sprach H. Magdalenat von der Société des Usines de Rosières, zweiter Vorsitzender des französischen Gießereifachvereins, über Mechanisierung des Gießereibetriebes. Ausgehend von der großen Bedeutung, die dem gelernten Former auch bei der maschinellen Herstellung der Formen beizumessen ist, und der Notwendigkeit, stets für einen gut ausgebildeten Formernachwuchs zu sorgen, spricht er des Näheren über die Bandarbeit, die Formmaschinen, die mechanische Sandaufbereitung usw. und weist darauf hin, daß vor Einführung kostspieliger Maschinen- und Förderanlagen genau zu überlegen sei, ob sich das dafür aufgewandte Kapital auch verzinse. Man solle sich durch die amerikanischen Erfolge nicht den Blick für das in Europa Wirtschaftliche trüben lassen: die Verhältnisse lägen hier eben ganz anders als drüben. Es müßte vorerst eine viel weiter gehende Normalisierung der Gußteile und eine größere Spezialisierung der einzelnen Gießereien eingetreten sein, bevor man zur Bandarbeit übergehen könne. Man solle der französischen Industrie lieber tüchtige Männer als Maschinen wünschen, immerhin müsse man sich aber doch zur Normalisierung entschließen, die der Mechanisierung voranzugehen habe.

Es folgte ein Vortrag von Giulio Sirowich, Professor an der Kgl. Ingenieurschule Rom, über Untersuchungen und Eigenschaften der Gießereisande. Nach einleitenden Ausführungen über die einzelnen Bestandteile der Formsande werden als Grundforderungen für grüne Formsande — nur diese werden behandelt — Feuerbeständigkeit, Durchlässigkeit und Festigkeit aufgestellt und die Verfahren angegeben, mit denen die Feststellung dieser Eigenschaften möglich ist. Sie sind im allgemeinen in Deutschland bereits bekannt[1]). Die Ergebnisse der verschiedenen Versuchsreihen waren in einer großen Zahl von Tafeln, Kurven und Mikrophotographien niedergelegt. Auch synthetischer Formsand wurde in den Kreis der Betrachtungen gezogen. Zum Schluß werden die Ergebnisse zusammengefaßt in den Bemerkungen, daß die heutigen Versuchsverfahren eine genaue Kenntnis der Eigenschaften der verschiedenen Formsande zu vermitteln vermögen und daß sie die Herstellung eines synthetischen Formsandes nicht nur ermöglichen, sondern auch in allen den Fällen empfehlenswert machen, wo Sand in einer Zusammensetzung, wie sie das Gießen einwandfreier Stücke verlangt, nicht zur Verfügung steht.

Professor Girardet, Saint-Dié, behandelte die einfachen und raschen Verfahren zur Prüfung der mechanischen Eigenschaften und des Gefüges von Gußstücken. Nachdem der Vortragende auf die Notwendigkeit einer dauernden Überwachung der Gußerzeugnisse als Voraussetzung für die gleichmäßige Güte der Lieferungen einer Gießerei hingewiesen hatte, machte er Mitteilungen über die von ihm benutzten Prüfverfahren. Nachdem die Stücke zunächst äußerlich auf einwandfreies Aussehen und richtige Abmessungen untersucht sind, erfolgt unter Verwendung angegossener Probestäbe zunächst die Prüfung auf Scherfestigkeit, Brinellhärte und Stoßwiderstand. Eine notwendige Ergänzung zu diesen Versuchen bilden mikroskopische Gefügeuntersuchungen. Sämtliche Untersuchungsergebnisse werden laufend in vorgedruckte Tabellen eingetragen. Die benutzten Probestäbchen sind 15 mm lang bei 5,65 mm Dmr.

J. T. Goodwin, der Vorsitzende der englischen Fachgruppe erläuterte die Verwendung von körnigem Grauguß vom Standpunkt des Gießers gesehen.

Dr. Schütz, Leipzig, sprach als Vertreter der deutschen Gießereitechnik über das Graphiteutektikum im Grauguß. In eingehenden Ausführungen und an der Hand vieler Schliffbilder, Zustandsdiagramme und Kurven berichtete er von seinen langjährigen Versuchen und Erfahrungen über die Beeinflussung des Gußeisengefüges durch den Graphit. Als deren Ergebnis wird festgestellt, daß man mittels Ausscheidung des Kohlenstoffs in feinem eutektischem Zustand eine bedeutende Verbesserung des Gußeisens erhält, daß aber die Gießereitechnik noch manche Aufgabe zu lösen hat, bis auf diesem Wege der höchste Grad der Verbesserung dieses Werkstoffs erzielt ist. In absehbarer Zeit wird man einen Grauguß herstellen können, dessen metallisches Gefüge genau so wie das des Stahls beeinflußt werden könne[2]).

Die amerikanische Fachgruppe war durch den Metallurgen der Westinghouse Electric Mfg. Co., Pittsburg, J. L. Jones vertreten, der das Thema Einfluß von Stahlzusätzen im Hochofen auf die Eigenschaften der Masseln behandelte. Als Vorzüge, die sich aus dem Zusatz von Stahlschrot beim Hochofenbetrieb ergeben, wurden genannt: eine Verringerung des Koksverbrauchs um etwa 30 vH, eine Vergrößerung der Eisenerzeugung von 60 vH und eine Erhöhung des Heizwertes der Gichtgase; diesen stehen die Nachteile gegenüber, die sich ergeben aus den Störungen, die durch die Beimengungen der Sonderstähle und ihre Oxydation entstehen, und der Ungleichmäßigkeit des Ofenerzeugnisses. Aus dem letztgenannten Grunde tritt besonders bei großen Gußstücken aus solchem Roheisen vielfach die Neigung zum Entstehen von Rissen auf. Daher gehen die Gießereien der Vereinigten Staaten von Amerika in zunehmendem Maße dazu über, die Gußstücke auszuglühen, um die Spannungen zu beseitigen.

Um die bestehenden Schwierigkeiten zu beheben, ist in den Vereinigten Staaten von Amerika eine Arbeitsgemeinschaft von Hochofenwerken mit zwei Unterausschüssen des Vereins amerikanischer Gießereifachleute gebildet worden.

Der Vertreter des französischen Marineministeriums Chefingenieur Le Thomas legte zusammen mit Domanski einen Bericht über ein eigenartiges Beispiel von Wärmebehandlung des Gußeisens vor. Es handelte sich um eine massive Gußeisenwelle von 2000 mm Länge, 560 mm Dmr. mit auf 800 mm verstärkten Flanschen, die zum Auswuchten von Turbinenwellen für einen Kreuzer verwendet werden sollte. Die Welle wurde stehend in Lehmform gegossen. Unter dem Gewicht der flüssigen Eisenmasse hatte die Form etwas nachgegeben, so daß ein Teil des Eisens ausfloß, der durch Zugießen wieder ersetzt wurde. Nach der Erstarrung hatten sich drei Zonen im Querschnitt gebildet: eine äußere, an der Formwand erstarrte, eine innere, später erstarrte und eine diese beiden trennende Grenzzone. Obwohl das Eisen sämtlicher Zonen aus derselben Schmelzung herrührte, war die Struktur im erstarrten Stück sehr verschieden. Außen zeigte das Schliffbild Graphit, Perlit und Ferrit, ein sog. perlitisches Gefüge lag nicht vor, innen waren Graphit, Perlit in großen Lamellen und Phosphideutektikum zu erkennen; nur hier zeigte sich ein kennzeichnendes Perlitgefüge, allerdings muß es wegen der Großblättrigkeit als schlecht bezeichnet werden. Der erste Guß war stabil, der zweite metastabil erstarrt; denn im ersten Falle handelte es sich um schnelle, im zweiten um langsame Abkühlung, daher auch die groben Perlitblätter, während der Gefügeaufbau der Randzone durch das Wiederanwärmen der bereits er-

[1]) Z. Bd. 71 (1927) S. 543.

[2]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 582.

starrten Außenteile durch das nachgegossene flüssige Eisen zu erklären ist. Das Beispiel zeigt, daß die Eigenschaften des Perlitgusses durch Wärmebeeinflussung nach der Erstarrung ganz erheblich verändert werden können.

Le Thomas machte weiter Mitteilungen über das Vorrichtungsbureau einer Gießerei, in denen er die Organisation der Gießerei der französischen Kriegsmarine zu Indret bekanntgab, durch die höchste Wirtschaftlichkeit bei bestem Gußerzeugnis und genauer Einhaltung der Liefertermine erreicht wurde.

R. Tocheport, Gießereileiter der Société de Constructions Métalliques, Dax, behandelte die Gießereikalkulation, wobei er auf Grund der bei seiner Firma verwendeten zahlreichen Vordrucke ein zweckmäßiges Kalkulationsverfahren für eine Gießerei entwickelte, die sich mit der Herstellung von kleineren und mittleren Gußstücken, Geschirrguß und Eisenbahnkleinguß befaßt.

P. Gautard, technischer Leiter der Fonderies de Nord-Paris à la Courneuve (Seine) behandelte das Zertrümmern schwerer Schrotstücke, wie es bei seiner Gießerei vorgenommen wird. Die Stücke zerteilt man maschinell mittels Hand- und Exzenterbrecher, wobei sie auf zwei Stützen aufgelegt werden. Die Brecher wurden durch Riemen oder Elektromotoren angetrieben. Für größere Stücke werden Fallwerke benutzt; erforderlichenfalls sind sie mit einem an einer Laufkatze aufgehängten Hubmagneten ausgerüstet, um die Stücke bequem unter den Fallbären bringen und die zerbrochenen wieder fortschaffen zu können. Die Unterlage ist etwas in die Hüttensohle versenkt angeordnet, um ein Umherfliegen der Bruchstücke zu vermeiden. Bei Dicken, die unter 150 mm liegen, wendet man das autogene Zerschneiden mittels Azetylen-Sauerstoffbrenners oder das Durchschmelzen mittels verdichteten Sauerstoffes an. Auch die Spannungen, die infolge einseitiger Erhitzung eines Teiles gehärteten Werkstoffes entstehen, während der andre kalt gehalten wird, können zum Bruch des Stückes führen, z. B. bei gehärteten Stahlwalzen großer Abmessungen.

Ganz große Stücke zertrümmert man durch Sprengen mit flüssiger Luft, Dynamit usw. in Gruben, die zum Schutz der Umgebung ausbetoniert sind und durch armierte Betondeckel abgedeckt werden. Genaue Wirtschaftlichkeitsberechnungen ermöglichten den Vergleich der bei den einzelnen Verfahren entstehenden Kosten. Sie sind naturgemäß von örtlichen Verhältnissen abhängig.

A. Portevin, Professor an der höheren Gießereifachschule Paris, sprach über die Untersuchung des Gefügeaufbaues der Nichteisenlegierungen und ihre Anwendung in der Gießerei. Ausgehend von der Entstehung des Gefüges beim Erkalten und den Hauptkennzeichen seines Aussehens wies er darauf hin, daß die Metallegierungen im Gegensatz zu den Eisenlegierungen hinsichtlich des makroskopischen und mikroskopischen Gefügebildes keinen Unterschied zeigten. Bei den gegossenen Stücken aus diesen Stoffen genügt die Untersuchung mit bloßem Auge, bei gewalzten oder geschmiedeten müsse dagegen Lupe oder Mikroskop zu Hilfe genommen werden. Maßgebend für die Beurteilung seien die Größe des Kornes und die Menge der Körner auf die Flächeneinheit sowie ihre Form und ihre allgemeine Anordnung.

Die Hauptpunkte, durch die die Kristallisation und infolgedessen auch das Gefüge des Metallgusses beeinflußt werden, seien: die Bewegung der flüssigen Schmelze während der Erstarrung, die Geschwindigkeit der Abkühlung, die natürlichen Eigenschaften der Legierungsmetalle und der Temperaturverlauf von der Gießtemperatur bis zur Erstarrung. Im einzelnen werden diese Einflüsse näher behandelt und hieraus die entsprechenden Ergebnisse für den praktischen Metallgießer gezogen.

Im Auftrage des tschechoslowakischen Fachvereins hielt F. Pisek, Professor der Technischen Hochschule Brünn, einen Vortrag über das Prüfen von Grauguß. An der Hand von ausgiebigen Tafel-, Schaubild- und Skizzenunterlagen wurden die Ergebnisse zahlreicher und vielseitiger Festigkeitsversuche kritisch betrachtet und ihre Beziehungen zueinander dahin zusammengefaßt, daß sich Zugversuche durch Scherversuche ersetzen lassen. Durch sie erhält man Mittelwerte, die am Gußstück selbst gewonnen und unabhängig von den mancherlei Zufälligkeiten sind, wie sie sich bei Zugversuchen nicht immer ganz vermeiden lassen. Ferner erscheinen dem Redner unter den verschiedenen Probestäben zur Feststellung der Biegefestigkeit, durch die am besten die Elastizität des gegossenen Werkstoffes festgestellt werden kann, der deutsche und der amerikanische am zweckmäßigsten. Er zieht den amerikanischen vor, weil dieser wegen seiner geringeren Länge homogener ist als der etwa doppelt so lange deutsche Stab. Man könne die Brinellprobe zwar als Maßstab für die Homogenität eines Stückes wohl gut verwenden, nicht aber als Mittel zur Berechnung der Zugfestigkeit.

Durch alle diese Versuche erhält man aber leider keinen Aufschluß über die inneren Spannungsverhältnisse der Gußstücke. Ein solcher läßt sich nur durch technologische Untersuchungen gewinnen, die sich der Art der Stücke jeweils anpassen müßten. Am einfachsten sind Schlagversuche, denen die ganzen Stücke oder Teile von ihnen zu unterwerfen sind, indem jedes Stück eine bestimmte Anzahl von Schlägen bestimmter Stärke aushalten muß.

P. Hermann und Frl. H. Henguin, Ingenieure der Waffenfabrik Herstal-Cey-Liège, legten namens des belgischen Fachvereins ihre Arbeit über einige Untersuchungsmethoden und Eigenschaften verschiedener Graugußarten vor. Behandelt werden: Brinellversuche, Zerreißversuche, Scherversuche, Biegeversuche, Druckversuche, Kerbschlagversuche und Gefügeuntersuchungen. An einer großen Anzahl von Schliffbildern, Kurvenblättern und Zahlentafeln werden dann die Versuchsergebnisse erörtert. Auch die Einflüsse der Wärmebehandlung auf die mechanischen Eigenschaften des Gußeisens werden behandelt. Zusammenfassend wird zum Schluß als Ergebnis der Versuchsreihen festgestellt, daß die Härte durch den Perlitgehalt und seine Verteilung in höherem Grade beeinflußt wird, als durch das Graphitnetz, die mikrographische Untersuchung ein sicheres Verfahren darstellt, um die Temperaturentwicklung beim Herstellen des Gusses zu erkennen und damit Schlüsse auf seine mechanischen Eigenschaften zu ziehen, daß die chemische Analyse ein Vorausbestimmen dieser Eigenschaften nicht gestattet, wohl aber eine wertvolle Ergänzung der mikrophotographischen Bilder darstellt, daß der Kerbschlagversuch schließlich die sicherste Auskunft über die Festigkeitsverhältnisse gibt und zur genauen Prüfung eines Gußstückes die Untersuchung sich gleichzeitig auf Härte, Kleingefüge, chemische Zusammensetzung und Kerbschlagfestigkeit zu erstrecken hat.

R. Lemoine, Professor an der Höheren Gießereischule Paris, behandelte die Anwendung des Elektroofens in der Graugießerei und die Duplex-Verfahren. Als Vorteile des Elektroofens werden angeführt: die Möglichkeit, eine bestimmte chemische Zusammensetzung der Schmelze zu erreichen, was im Kuppelofen mit Sicherheit nicht möglich ist, das Erreichen einer Gießtemperatur, die dem jeweiligen Bedürfnis entspricht, und die Entschweflung, die beliebig weit getrieben werden kann bis auf Spuren dieses Elements. Die Wirtschaftlichkeit hängt vom Strompreis ab, wobei allerdings auch die besondere Güte der Erzeugnisse, die einen höheren Verkaufspreis erzielen läßt, mit in Betracht zu ziehen ist.

Weiter wird das Aufkohlen von Stahleinsätzen kleiner Abmessungen mittels Koks oder Anthrazit im Elektroofen behandelt, wodurch ein Guß mit einem Höchstkohlenstoffgehalt von 2 vH erreichbar ist. Dies Verfahren erscheint für Frankreich unter entsprechenden Strompreisverhältnissen deshalb wirtschaftlich, weil Stahlabfälle nur etwa ein Drittel so teuer sind wie Gießereiroheisensorten.

Beim Duplex-Verfahren wird das Eisen zunächst in einem Kuppelofen bei möglichst hoher Temperatur geschmolzen, wobei man bereits nach dem gewünschten Kohlenstoffgehalt des Gußstückes streben sollte. Da die Schmelze in dem Elektroofen entschwefelt wird, kann man im Kuppelofen ohne weiteres schwefelhaltigen Koks, z. B. den von den Gasanstalten gelieferten billigen, verwenden. Die Schmelze wird in den Elektroofen gegeben, wo man durch entsprechende Zusätze dem Eisen die gewünschte Zusammensetzung gibt und es auf die erforderliche Gießtemperatur bringt. Der Stromverbrauch hängt von den Charakteristiken des Ofens und von der Führung der Schmelzung ab, er kann, bezogen auf das Enderzeugnis, 300 kWh/t erreichen, während es unter gewissen Umständen gelungen ist, mit 150 bis 180 kWh/t auszukommen. Die mitgeteilte Wirtschaftlichkeitsberechnung fällt zugunsten des Duplex-Verfahrens aus.

Der zweite Teil des Vortrages beschäftigt sich mit der Herstellung von Sondergußeisensorten im Elektroofen nach dem Duplex-Verfahren. Es kommen in Frage: Gußeisen sehr hoher Festigkeit, schmiedbarer Guß mit weißem und schwarzem Kern, andre Spezialgußsorten und Stahlguß.

Bei der vielseitigen Verwendbarkeit des Elektroofens und der Möglichkeit, mit ihm ohne Schwierigkeit Eisenlegierungen beliebiger Zusammensetzung zu erschmelzen, wird seine Benutzung besonders dann, selbst bei höheren Strompreisen, noch für wirtschaftlich gehalten, wenn es sich um hochwertigen Guß handelt und wenn nach dem Duplex-Verfahren gearbeitet wird.

A. Lévi, Direktor der Schmieden und Gießereien St. Nicolas, Révin, sprach über die erblichen Eigen-

schaften des Gußeisens. Hierunter wird die Tatsache verstanden, daß es gewisse dem Gußeisen eigentümliche Eigenschaften gibt, die es bei einer oder mehreren Schmelzungen beibehält und die von seiner chemischen Zusammensetzung unabhängig sind. Als Ergebnis wird in längeren Ausführungen festgestellt, daß die Festigkeit des Gußeisens vor allem von der Größe und der Verteilung der Graphitlamellen über den Querschnitt abhängig ist und hierauf die erblichen Eigenschaften des Gußeisens beruhen.

F. Renaud erörterte den Einfluß des Aluminiumoxyds auf den Guß von Aluminium. Nach einigen allgemeinen Betrachtungen über den Umstand, daß sich gegossenes Aluminium mit einer feinen Oxydschicht bedeckt, die er als innere Oxydation bezeichnet gegenüber einer äußeren, die dadurch entsteht, daß Teile dieser Oxydationsschicht beim Gießen mit in die inneren Teile des Gußstücks gespült werden, geht der Redner näher auf diese Erscheinung ein. Als Hauptmittel zu ihrer Verhütung werden mehrere Arten von Eingüssen und Eingußverfahren bekanntgegeben, wobei eine Reihe von Skizzen zum Verständnis der Ausführungen herangezogen ist. Zusätze zur Auflösung dieser Oxydteile in der Schmelze zu geben, kann nicht empfohlen werden, da sie in ihren Auswirkungen den Guß ihrerseits wieder nachteilig beeinflussen, vielmehr soll man die Ursachen, die zur Oxydation führen, durch geeignete Formgebung der Gußstücke, zweckmäßige Anordnung der Eingüsse und Steiger, richtige Gießtemperatur und Gießgeschwindigkeit und Beeinflussen der Abkühlung zu verhindern trachten. Die Betrachtungen erstrecken sich auf eine Aluminiumlegierung mit 92 vH Al.

In einem zweiten Vortrage behandelte P. Lemoine den Elektroguß von Kupferlegierungen. Die in Frage kommenden Elektroöfen werden kritisch beschrieben, und zwar zunächst die mit Tiegel: Fitzgerald (1905), Baily (1914), Hoskins (1916), Helberger, Morgan. Sie kommen nach Ansicht des Redners für industrielle Metallgußzwecke nicht in Betracht, weil hochwertige Legierungen sich ebensogut in Elektroherdöfen schmelzen lassen und die Tiegel leicht zu Bruch gehen, außerdem teuer sind, so daß sie die Schmelzkosten erhöhen. Die Herdöfen werden in Widerstand-Strahlungsöfen, Lichtbogenöfen und Induktionsöfen eingeteilt. Von den Widerstandöfen wird auf die von Hoskins (1914), Baily, General Electric Co. und Rennerfelt eingegangen, von den Lichtbogenöfen auf den einfachen Ofen mit unmittelbarem Lichtbogen, der bisher nur zum Schmelzen von Monelmetall gebraucht wurde, und auf die mit mittelbarem Lichtbogen von Stassano in fester und kippbarer Ausführung, über die Ergebnisse von Schmelzversuchen mit den verschiedensten Kupferlegierungen mitgeteilt werden. Eine verbesserte Form des kippbaren Stassano-Ofens ist der Detroit-Ofen, von dem gleichfalls Versuchsergebnisse vorgelegt werden. Als Vertreter der Induktions- und Niederfrequenzöfen behandelt der Vortragende den Ajax-Wyatt-Ofen und berichtet über Schmelzversuche an einem solchen Ofen. Schließlich weist er noch kurz auf die Hoch- und Mittelfrequenz- und die Drehstromöfen hin.

Zusammenfassend wird festgestellt, daß zum Schmelzen von Kupferlegierungen in erster Linie nur die kippbaren Lichtbogenöfen verwendet werden sollten. Bei großen Metallgießereien mit ununterbrochenem Schmelzbetrieb leisten auch die Niederfrequenz-Induktionsöfen gute Dienste.

Als letzter Redner sprach noch einmal Le Thomas, und zwar über einige Eigenschaften von Sonderlegierungen mit Nickel und Mangan. Er gab Versuche bekannt, die in den staatlichen Marinewerkstätten von Indret mit diesen Rohstoffen angestellt worden sind, und zwar mit dem Zweck, festzustellen, wie sich die mechanischen Eigenschaften bis zu einer Temperatur von 500° veränderten. Zahlentafeln, Gefügebilder und Kurvenblätter ergänzen die gemachten Ausführungen. Auf die Bedeutung der Desoxydation für die Güte der Legierungen wird besonders hingewiesen, namentlich die große Widerstandfähigkeit der Sonderlegierungen mit starkem Gehalt an Nickel und Mangan gegen Anfressung hervorgehoben. Selbst bei Temperaturen bis 400° zeigen sie keine Anfressungserscheinungen.

An den vier Kongreßtagen war außer bei den Vorträgen anschließend an das gemeinsame Frühstück, das nach Sondergruppen getrennt in drei Sälen stattfand, Gelegenheit zu fachwissenschaftlicher Unterhaltung geboten. Außerdem hielten die Vertreter der einzelnen Nationen kurze Sondersitzungen ab, die in erster Linie der allgemeinen Unterrichtung über die Veranstaltungen des Kongresses dienten.

Am letzten Tage wurde die offizielle Sitzung der Internationalen Kommission der Gießereifachvereine unter Vorsitz ihres bisherigen Präsidenten Rospy abgehalten. Als sein Nachfolger für das kommende Jahr wurde Dr.-Ing. S. Werner, Düsseldorf, gewählt. Als nächster Tagungsort für den internationalen Gießereikongreß wurde Barzelona bestimmt, wo im April 1928 getagt werden soll.

Den Schluß des Kongresses bildete ein offizielles Festbankett im Hôtel Palais d'Orsay unter dem Vorsitz des Unterrichtsministers Edouard Herriot, der in einer von allen Teilnehmern mit größtem Beifall aufgenommenen Ansprache besonders betonte, wie sehr er es begrüße, daß durch die Vereinigung von Männern der Wissenschaft und Praxis der verschiedenen Nationen zur Erörterung von bedeutsamen Fragen ihrer Fachgebiete das wirtschaftliche Band, das die Kulturvölker miteinander verbinde, immer fester geschlungen werde.

Besichtigungen

Die Großindustrieunternehmungen von Paris und Umgebung hatten den Kongreßteilnehmern Gelegenheit zur Besichtigung ihrer Gießereien gegeben, die rege ausgenutzt wurde. Es kamen etwa 20 Unternehmungen in Frage, unter denen die Gießereimaschinenfabrik Ph. Bonvillain & E. Ronceray, Choisy-le-Roi, und das Citroën-Werk, die weltbekannte Kraftwagenfabrik, mit ihrer ganz neu nach amerikanischem Vorbild erbauten Gießerei in Clichy wohl den stärksten Besuch aufzuweisen hatten. Über die letztere, die ganz auf Fließarbeit eingestellt ist, wird in dieser Zeitschrift demnächst besonders berichtet werden.

Etwa 120 Teilnehmer fanden sich im Anschluß an den Kongreß dann noch zu einer sehr aufschlußreichen mehrtägigen Studienreise zur Besichtigung einiger nordfranzösischer Gießereien zusammen. Es wurden besucht: Die Werkstätten und Wohlfahrtseinrichtungen des durch den großen Denker und Menschenfreund Godin 1846 gegründeten Unternehmens Le Familistère, Guise, das sich in erster Linie mit der Herstellung von Heizvorrichtungen aller Art befaßt, das Unternehmen der Hauts-Fourneaux, Forges et Aciéries, Denain et Anzin, Denain bei Valenciennes, wo sich das Hochofenwerk, Thomaswerk, Martinwerk, die Walzwerke und Gießereien der Firma befinden. Sie wurden im Kriege fast ganz zerstört und sind auf Reparationskonto wieder neu errichtet worden. Am gleichen Ort die Werke der Société Française de Constructions Méchaniques, seit 1898 Nachfolgerin der Société Cail, deren Gründung auf das Jahr 1812 zurückgeht. Die Firma befaßt sich mit dem Bau von Lokomotiven, Eisenbahn-Güter- und Personenwagen, Eisenkonstruktionen, Kranen und Einrichtungen für Zuckerfabriken. Auch dieses Werk wurde nach dem Kriege neu aufgebaut und eingerichtet.

Der letzte Tag galt dem Besuch von Lille, wo die Reisegesellschaft zunächst durch den Vorsitzenden des Industriellenverbandes von Nordfrankreich in dem Lesesaal des Vereinsgebäudes begrüßt wurde. Er gab eine kurze Übersicht über die Schicksale dieses Industriebezirks in den letzten Jahrzehnten und schilderte die Bemühungen für seinen Wiederaufbau nach dem Kriege.

Mit einer Kraftwagenfahrt durch das nähere Industriegebiet der Stadt wurde die Besichtigung der Werkstätten von Fives-Lille verbunden. Namentlich die Modelltischlerei und die große Stahlgießerei zeichneten sich durch Größe und neuzeitliche Anordnung der Gebäude und Einrichtungen ganz besonders aus.

Ein gemeinschaftliches Mittagessen bildete den Schluß der Reise. Im Anschluß daran reisten die Teilnehmer wieder in ihre Heimat zurück; wohl ausnahmslos nahmen sie den besten Eindruck sowohl von dem Kongreß als auch von der Studienreise mit nach Hause. [N 907]

Hamburg Lohse

Elektrische Bahnen

Elektrische Zugförderung bei der Great Northern-Eisenbahn

Auf dem zwar kurzen (39 km), aber durch seine besonders schwierigen Betriebsbedingungen bedeutsamen Streckenabschnitt nahe dem Kaskadengebirge der Great Northern-Eisenbahn werden neuartige Umformerlokomotiven benutzt, bei denen der mit 11 000 V und 25 Per./s zugeführte Wechselstrom in Gleichstrom zum Speisen der Triebmotoren umgewandelt wird. Diese Strecke der Great Northern-Eisenbahn hat ihren schwierigsten Abschnitt bei der Überquerung des scharfgeschnittenen Kaskadengebirges, Abb. 1, zu überwinden.

Diese nur eingleisig ausgeführte Strecke bedarf wegen der sehr ungünstigen klimatischen Verhältnisse im Winter ausgedehnter und kostspieliger Schneeschutz-Kunstbauten. Der Kamm des Gebirges wird von dem 4,5 km langen Kaskadentunnel in 1000 m Höhe über dem Meere durchschnitten. Dieser hat 17 vT mittlere Steigung und wurde wegen der außerordentlichen Schwierigkeiten des Dampfbetriebes bereits im Jahre 1909 auf elektrischen Betrieb umgestellt, und zwar mit Drehstrom von 6600 V bei 25 Per./s.



Obwohl Störungen nicht auftraten, erwies sich der Betrieb mit seinen hohen Kosten als unwirtschaftlich. Hinzu kommt, daß die Steilrampe auf der Seite, auf der sich bislang der Verkehr mit Dampflokomotiven abwickelte, mit ihrem eingleisigen Betrieb nicht mehr genügte. Hier befindet sich eine 35 km lange Dauersteigung von 22 vT, die zugleich zahlreiche scharfe Krümmungen aufweist. Für die Beförderung eines Zuges von 2500 t Gewicht über das Kaskadengebirge braucht eine 250 t schwere „Mikado"-Lokomotive mit 29 300 kg Dauerzugkraft für den ersten 130 km langen, sanft steigenden Abschnitt von Seattle bis Skykomish 5½ h. In Skykomish werden zwei 260 t schwere 1 C + D-Mallet-Lokomotiven von 35 600 kg Dauerzugkraft in den Zug eingeschaltet, die ihn in rd. 3 h über die 35 km lange Steilrampe befördern. In Tye, an der westlichen Tunnelmündung, werden die Dampflokomotiven durch Drehstromlokomotiven, und zwar je zwei an der Spitze und in der Mitte des Zuges ersetzt, die in 22 min durch den Tunnel fahren. Für die folgende wesentlich flachere Talfahrt tritt die Dampflokomotive wieder in Dienst.

Wegen der Überlastung der eingleisigen Strecke und der unwirtschaftlich hohen Kosten des Drehstrombetriebes wurde der Umbau dieser Strecke und die Einführung des elektrischen Betriebes auf der westlichen Steilrampe durchgeführt. Die gewählte Betriebsart mit hochgespanntem Einphasen-Wechselstrom von 25 Per./s und Umformung auf der Lokomotive in Gleichstrom wird zwar selten verwendet, aber für die Wahl dieser Stromart war die Rücksicht auf die Einrichtungen der stromliefernden Kraftwerke, die der Eisenbahngesellschaft nicht gehören, entscheidend.

Die neuen Lokomotiven, Abb. 2, Bauart Baldwin-Westinghouse, bestehen aus je zwei mechanisch und elektrisch gleichartigen 1 D 1-gekuppelten Fahrzeugen. Diese Doppellokomotive wiegt 357,5 t, ist 29,8 m lang und hat eine Dauerzugkraft von 40 400 kg bei 25 km/h. Die Leistung einer Lokomotiveinheit beträgt rd. 5150 kW bei 60 km/h Höchstgeschwindigkeit. Diese Lokomotiven sind bisher die stärksten ihrer Art. Der Drehstrom von 110 kV und 60 Per./s wird von der Puget Sound Light & Power Co. aus Wasserkraft geliefert, nachdem er in Umformerwerken in Einphasen-Wechselstrom von 25 Per./s umgeformt worden ist.

Um Störungen zu vermeiden, werden die Signalanlagen, die bisher mit Gleichstrom betrieben wurden, auf Drehstrom von 6000 V und 60 Per./s umgestellt, die Fernsprechleitungen teils als Kabel, teils von der Strecke entfernt verlegt. Infolge des Antriebes der Frequenzumformer der Unterwerke und der Stromerzeuger auf den Lokomotiven mittels Synchronmotoren kann der Leistungsfaktor des Netzes auf $\cos \varphi = 1$ erhalten oder dem Strom kann eine Voreilung erteilt werden.

Mit der Einführung des elektrischen Betriebes wurde auch der Bau eines neuen Kaskadentunnels aufgenommen, der die großen Betriebschwierigkeiten ebenfalls verringern soll. Dieser neue Tunnel wird bei einer Länge von 12,5 km nach Fertigstellung der längste Eisenbahntunnel in den Vereinigten Staaten sein. Der gegenwärtige, 4,2 km lange Tunnel mit 17 vT mittlerer Steigung liegt 1030 m über dem Meeresspiegel, während der neue, rd. 150 m tiefer liegende Tunnel, die Strecke um 12 km verkürzt und außerdem den im Winter stark verschneiten Kamm des Gebirges gänzlich vermeidet. („Railway and Locomotive Engineering" Bd. 39 (1926) S. 313) [M 121]

Zehlendorf Günther

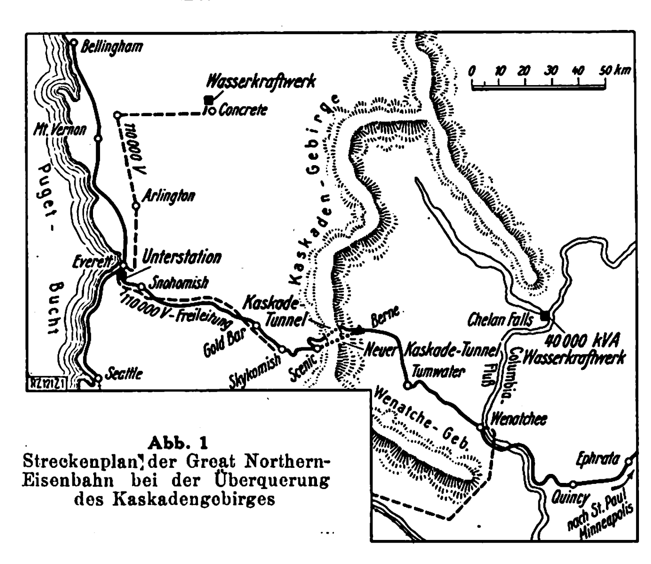


Abb. 1
Streckenplan der Great Northern-Eisenbahn bei der Überquerung des Kaskadengebirges

Neue Doppeldeck-Straßenbahnwagen

Während sich die Doppeldeck-Kraftomnibusse in den letzten Jahren in einer ganzen Reihe von Großstädten in großem Umfang eingeführt haben, ist die Entwicklung des Doppeldeck-Straßenbahnwagens stark zurückgeblieben. Gegenwärtig beschränkt sich seine Verwendung merkwürdigerweise vornehmlich auf England und ein oder zwei Städte in Südafrika.

Dem Doppeldeckwagen wird vielfach zum Vorwurf gemacht, daß er infolge seines größeren Fassungsvermögens auch eine entsprechend längere Zeit zur Abfertigung auf den Haltestellen erfordere. Das ist aber nur bei ungünstiger Anordnung der Ein- und Aussteigstellen der Fall. Werden diese für beide Stockwerke getrennt und mit der gleichen Breite wie beim normalen Wagen ausgeführt, so kann auch in der Abfertigung gegenüber diesem keine nennenswerte Verzögerung eintreten. Neuere Bauarten von Doppeldeck-Straßenbahnwagen und -Kraftomnibussen beweisen dies vollauf. Als wesentliche Vorteile der Doppeldeck-Bauart bleiben demgegenüber bestehen bei gleichem Fassungsvermögen die geringere Länge und das geringere Gewicht. Je nach der Anordnung der Einsteigstellen und der Treppen zum oberen Stock kann man zwei Bauarten unterscheiden: Bei den englischen Doppeldeckwagen wird, wie auch bei den Berliner Doppeldeckomnibussen, ein Einstieg und eine Treppe an der hinteren Plattform bevorzugt, eine Anordnung, die die größte Zahl von Sitzplätzen unterzubringen gestattet, aber an Haltestellen mit gleichzeitigem größerem Ein- und Aussteigeverkehr einen etwas längeren Aufenthalt bedingt als die amerikanische Bauweise des getrennten Ein- und Ausstieges mit zwei Treppen, die aber die Preisgabe mehrerer Sitzplätze fordert.

Wird die Treppe so geführt, daß ihre Benutzung auch während der Bewegung des Wagens möglich ist, also während des Anhaltens und des Anfahrens, so entfällt jeder Grund für einen längeren Aufenthalt eines Doppeldeckwagens gegenüber einem einstöckigen. Der Wagen kann dann auch durchaus die gleiche Reisegeschwindigkeit er-

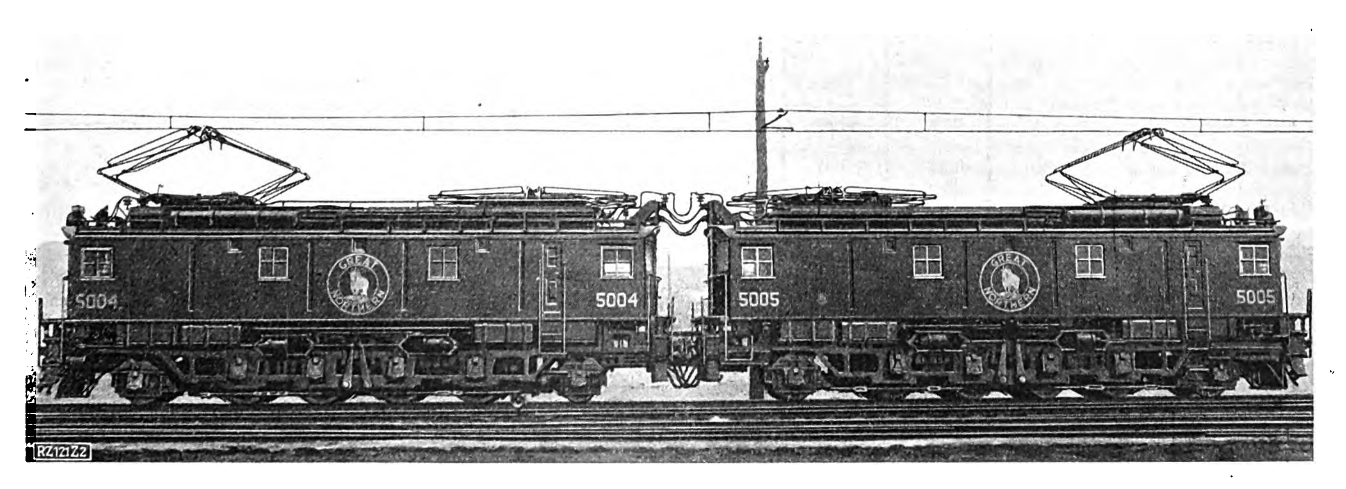


Abb. 2. Umformer-Doppellokomotiven für die Great Northern-Eisenbahn

reichen wie der einstöckige. So haben die Straßenbahnwagen in Johannesburg, wo nur Doppeldeckwagen benutzt werden, eine Reisegeschwindigkeit von 17 km/h, während englische Netze mit ungünstigen Streckenverhältnissen in verkehrsreichen Straßen eine solche von 15,5 bis 16 km/h haben. Die Erfahrung hat gelehrt, daß sich bei gut durchgearbeiteten Konstruktionen ein ruhiger Lauf der Wagen sowie eine große Standsicherheit erreichen läßt, so daß ein Umkippen oder Umgeworfenwerden durch Sturm zu den größten Seltenheiten zählt. Infolge der meist ungünstigen Witterungsverhältnisse herrscht die Bauart mit geschlossenem Oberdeck vor. Allgemein wird dabei das Oberdeck für Raucher bestimmt.

Die Vorteile, die eine neuzeitliche Bauart des Doppeldeck-Straßenbahnwagens bietet, werden durch zwei neue Ausführungen deutlich gezeigt, die von der Metropolitan-Straßenbahn in London in Dienst gestellt worden sind. Die eine Bauart wurde von der Straßenbahngesellschaft selbst, die andre von der London General Omnibus-Gesellschaft in Anlehnung an die Bauweise und Erfahrungen mit Doppeldeckomnibussen entwickelt. Der Wagen der Straßenbahngesellschaft zeigt die Vereinigung von Stahl- und Holzbauart mit stahlbewehrten Holzträgern (Eiche und Esche). Damit zwischen zwei einander begegnenden Wagen Platz für einen Mann verbleibt, wie dies in London üblich ist, hat das untere Deck eine erheblich kleinere Breite als das obere, so daß es auch nur drei Sitzplätze in der Querrichtung enthält gegen vier im oberen Deck. Die Sitze sind unten mit Plüsch, oben mit Kunstleder bezogen und gepolstert. Alle Sitze sind umklappbar. Der Fußboden ist unten mit grauem Gummi belegt, oben mit einem Lattenrost. Die Drehgestelle haben Treibachsen mit 710 und Laufachsen mit 810 mm Rad-Dmr. Zum Antrieb jedes Wagens dienen zwei Motoren von je 37 kW und 21,5 kg/kW Einheitsgewicht, die dem Wagen auf ebener Strecke eine Geschwindigkeit von 50 km/h, in starker Steigung von 25 km/h und eine Reisegeschwindigkeit von 19 km/h bei 2,5 Halten je Kilometer und einer Haltedauer von je 10 s verleihen. Jeder Wagen hat getrennten, vorn liegenden Ausstieg und hinten liegenden Einstieg mit zwei vollkommen eingebauten geschützten Treppen zum oberen Deck.

Die von der London General Omnibus-Gesellschaft entwickelte Bauart weist demgegenüber Ein- und Ausstieg nur an der hinteren Plattform auf sowie einen abgetrennten vorderen Führerraum mit einem Notausgang für die Fahrgäste. Auch hinter der hinteren Plattform ist ein solcher offener Führerraum angeordnet. Der Aufbau dieses Wagens schließt sich an den der Londoner Omnibusse an. Die Langträger des Untergestells bestehen aus U-Profilen, die an den Enden eingezogen und zu einem kreisförmig gebogenen, durch Gurtplatten verstärkten Kopfstück vereinigt sind. Die Seitenwandsäulen bestehen aus Esche, die Dachbekleidung aus Leichtmetallblech. Beide Wagenbauarten sind mit Luftdruckbremse ausgerüstet, im Gegensatz zu der sonst in London üblichen Magnetbremse. An beiden Wagenenden findet man Notbremsventile.

Die Metropolitan-Straßenbahngesellschaft betreibt im westlichen und nördlichen London ihr Netz mit rd. 600 Doppeldeckwagen mit einer Reisegeschwindigkeit zwischen 15 und 16 km/h. Die Abmessungen der im Betrieb befindlichen älteren und neuen Bauarten zeigt Zahlentafel 1. („El. Rail way Journal“ Bd. 70 (1927) Nr. 4 und 5) [N 844]

Berlin-Zehlendorf Günther

Zahlentafel 1
Abmessungen von Londoner Doppeldeck-Straßenbahnwagen

	Bluebell[1])	Poppy[2])	ältere Bauart
Länge über die Puffer . . m	11,1	11,0	10,5
größte äußere Breite . . . „	2,1	2,1	2,1
Breite zwischen den Innenwänden, unten . . . . . „	1,92	1,91	1,84
desgl. oben . . . . . . „	2,00	1,92	1,92
Ganze Höhe über S.-O. . . „	4,62	4,92	4,71
Fußbodenhöhe über S.-O. . mm	735	760	852
Gewicht des Wagenkastens mit Ausrüstung . . . . kg	6120	9600	10700
Gewicht der Drehgestelle mit Ausrüstung . . . . „	6380	6380	6120
Gesamtleergewicht . . . . „	12500	15980	16820
Zahl der Sitzplätze:			
unten	27	28	27
oben	44	36	46
insgesamt	71	64	73
Zahl der Stehplätze	34	16	12
Gesamtfassungsvermögen . . .	105	80	85
Leergewicht je Sitzplatz . kg	176	250	230
Leergewicht je Platz überhaupt . . . . „	119	200	198
Leergewicht auf 1 m² Bodenfläche . . . . . kg/m²	535	690	760

[1]) Die von der Metropolitan-Straßenbahn entwickelte neue Bauart.
[2]) „ „ „ Omnibusgesellschaft entwickelte neue Bauart.

Maschinenteile

Ausnutzung der Bandreibung für die Verstärkung von Drehmomenten

Wenn ein an beiden Enden belastetes Band auf einer umlaufenden Trommel gleitet, stehen die Spannkräfte nach den Gesetzen der Bandreibung in einem Verhältnis, das durch die Beziehung $\frac{S_1}{S_2} = e^{\mu a}$ gekennzeichnet ist. Dieses Verhältnis nimmt einen um so größeren Wert an, je größer die Reibungszahl μ zwischen Trommel und Band und je größer der Umschlingungswinkel a ist. Durch geeigneten Bandbelag und möglichst nahes Aneinanderlegen der Endpunkte des Bandes kann man ein hohes Übersetzungsverhältnis der an diesen Endpunkten angreifenden Kräfte erreichen, das beispielsweise bei einer Reibungszahl $\mu = 0,6$ und einem Umschlingungswinkel $a \sim 360°$ rd. 40 : 1 beträgt.

Diese hohe Übersetzung läßt sich zur Verstärkung von Drehmomenten ausnutzen. Hierzu dient ein von der Bethlehem Steel Co. gebautes Getriebe[1]). Es besteht aus zwei

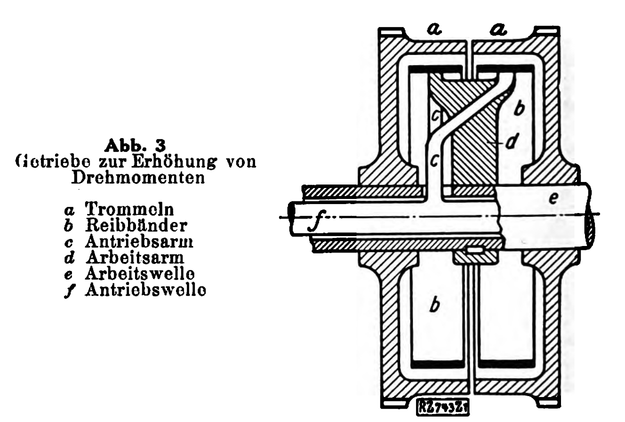


Abb. 3
Getriebe zur Erhöhung von Drehmomenten

a Trommeln
b Reibbänder
c Antriebsarm
d Arbeitsarm
e Arbeitswelle
f Antriebswelle

im entgegengesetzten Sinn umlaufenden, durch Motorkraft mit einer bestimmten Höchstgeschwindigkeit angetriebenen Trommeln, in denen sich je ein Reibband mit geringem Spiel und mit nahezu geschlossenen Enden befindet, Abb. 3. An den Enden der Reibbänder greifen gegabelte Hebelarme an, von denen der eine mit der Antriebwelle, der andere mit der getriebenen Arbeitswelle in Verbindung steht. Die Gabelenden der Hebelarme greifen über Kreuz an den Bandenden an, so daß durch eine Bewegung des Antriebhebelarmes nach rechts das Band der rechts umlaufenden Trommel zum Eingriff gebracht und gleichzeitig das Band der links umlaufenden Trommel abgehoben wird; bei der Bewegung des Antriebshebels nach links ist das Band der links umlaufenden Trommel in Eingriff und das andre Band abgehoben. Die Welle mit dem Antriebhebelarm läuft durch die hohle Arbeitswelle und erhält ihren Antrieb mechanisch oder elektrisch oder mit der Hand. Das an die Arbeitswelle abgegebene Drehmoment steht zum aufgewendeten Drehmoment der Antriebwelle stets im Übersetzungsverhältnis $\frac{S_1}{S_2}$. Antrieb- und Arbeitswelle laufen mit gleicher Geschwindigkeit; letztere folgt Geschwindigkeitsänderungen der ersteren geräuschlos und stoßfrei. Selbst bei plötzlichen Geschwindigkeitsänderungen und schneller Umsteuerung eilt die Arbeitswelle hinter der Antriebwelle nicht mehr als einen Winkelgrad nach. Die Geschwindigkeit der beiden Wellen ist nach oben durch die gleichbleibende Geschwindigkeit der Reibtrommeln begrenzt.

Wenn die Übersetzung eines Getriebes nicht ausreicht, lassen sich durch Reihenschaltung mehrerer Getriebe beliebige Übersetzungen in geometrischer Reihe erreichen.

Barmen [M 743] Narath

[1]) „American Machinist“ (Europ. Ausg.) Bd. 66 (1927) S. 895.

Kleine Mitteilungen

Einspritzverfahren für schnellaufende Dieselmotoren

Das Verfahren von C. L. Cummins beruht auf der Verwendung einer Pumpe mit einer selbsttätigen Düsennadel, die eine genau abgemessene Brennstoffmenge unter 21 bis 28 at Druck in das Brennstoffventil fördert. Hier sammelt sich die Brennstoffmenge in einem Ringraum am Grunde des Brennstoffventils; dieser Ringraum wird während des Verdichtungs-, Expansions- und Auspuffhubes durch die Zylindergase geheizt, so daß sich die Brennstoffmenge anwärmt, jedoch ohne zu verdampfen. Beim nächsten Ansaughub des Motors wird die Brennstoffmenge mit der nächsten Förderung der Brennstoffpumpe in das Innere des Brennstoffventils getrieben, wo infolge Anhebens der Spindel des Brennstoffventils ein Unterdruck hervorgerufen wird, so daß der Brennstoff nicht in den Zylinder austreten kann. Während des folgenden Verdichtungshubes tritt sodann ein Teil der erhitzten verdichteten Luft durch die Bohrungen des Brennstoffventiles in diesen Raum ein und verdampft darin die Brennstoffladung; infolgedessen wird, wenn im Totpunkt die Spindel des Brennstoffventils niedergeht, durch die Bohrungen fast trockner Brennstoffdampf in den Zylinder gedrückt. Versuche mit diesem Arbeitsverfahren, das in gewisser Hinsicht an das der Brons-Motoren[1]) erinnert, sollen bei Drehzahlen von rd. 600 Uml./min mittlere nutzbare Kolbendrücke von 6,3 bis 8,1 at ergeben haben. (Journ. Soc. Automotive Engineers Okt. 1927 S. 388/92*)
[N 945 a] H.

[1]) Z. Bd. 67 (1923) S. 778.

Vereinigter Luft- und Speisewasservorwärmer

Nach der Bauart von A. E. Leek, Wigan, stellt die Firma Galloways, Manchester, einen Vorwärmer her, bei dem die Rauchgase durch die Ringräume zwischen ineinander gesteckten Rohren abziehen, derart, daß durch die Außenwände der äußeren Rohre die Verbrennungsluft und durch die Innenwände der inneren Rohre das Speisewasser im Gegenstrom vorgewärmt werden kann. Die Außenrohre sind in Zwischenböden eingewalzt, die Innenrohre durch Krümmer verbunden, die von außen leicht zugänglich sind. Ein Vorwärmer dieser Art ist seit einem Jahr an einem Lancashire-Kessel von 2,74 m Dmr. und 9,14 m Länge mit selbsttätiger Rostfeuerung und Überhitzer im Betrieb. Bei einem Versuch von 120 h Dauer verdampfte dieser Kessel im Mittel 3450 kg/h, wobei der Wirkungsgrad nach Abzug des Verbrauches der Gebläse 79,6 vH betrug. Bei einer andern Gelegenheit wurde festgestellt, daß sich die Luft beim Durchgang durch den Vorwärmer von 12 auf 137 °, das Wasser von 60 auf 122 erwärmte, während sich die Rauchgase von 370 ° hinter dem Kessel auf 110 ° vor dem Fuchs abkühlten. Der Vorwärmer hat 1168 mm Dmr., 4,57 m Länge und 66 Rohrpaare, die 106,5 m² Heizfläche für die Luft und 56 m² Heizfläche für das Wasser darbieten. Die Gefahr der Anfressungen an den Rohren soll wegen der hohen Geschwindigkeit und Temperatur der Gase gering sein, doch werden zur Vorsicht die unteren Rauchrohre und alle Wasserrohre aus rostsicherem Stahl hergestellt. („The Engineer" 21. Oktober 1927 S. 462/63*) [N 945 g] H.

Werkzeugmaschinen-Ausstellung in Cleveland

Auf der im vergangenen September in Cleveland, O., veranstalteten Werkzeugmaschinen-Ausstellung nahmen die mit hydraulischem Vorschub ausgerüsteten Maschinen eine bemerkenswerte Vorrangstellung ein. Unter ihnen waren senkrechte Ein- und Mehrspindel-Bohrmaschinen, Wagrecht-Bohrmaschinen mit selbsttätigem beschleunigtem Rücklauf und Vorschubgeschwindigkeiten zwischen null und 1,90 m/min, Flächenschleifmaschinen mit bis zu 22 m/min Tischgeschwindigkeit u. a. m. Einige Bohrmaschinen waren mit Anzeigegeräten für die Bohrkraft ausgerüstet.

Für die Oberflächenbearbeitung von Augen an Maschinenteilen diente eine nach dem Räumverfahren arbeitende senkrechte Maschine mit zwei Gleitbahnen, die abwechselnd arbeiten. Sie liefert stündlich 600 Querstücke für Pleuelstangen aus Chromnickelstahl, an denen je 4 Augen von 19 mm Dmr. zu bearbeiten sind, oder 840 ähnliche Querstücke aus weicherem Stahl, während beim Fräsen stündlich nur 200 solcher Querstücke bearbeitet werden konnten. Als weitere Besonderheiten der ausgestellten Maschinen werden Druckluft-Spannfutter, elektrischer Antrieb mit Knopfsteuerung und Zentralschmierung erwähnt. („American Machinist" 22. Okt. 1927 S. 116 E*) [N 945 b] Pa.

Plan einer Verbindungsbahn von Graubünden nach dem Tessin

Die von einem schweizerischen Zweckverband befürwortete Strecke schließt sich bei Misox an die von Bellinzona kommende Meterspurbahn an und erreicht, nach Überschreiten des S. Bernardin durch das Rheinwaldtal, Schams und die Via Mala (Hinterrhein), Thusis und die Rhätische Bahn. Die 61 km lange Bahn würde den Zugang vom Bodensee und den angrenzenden Ländern zum Lago Maggiore beträchtlich verkürzen und die Kurorte des Hinterrheintales besser erschließen, als es jetzt mit dem von der Witterung beeinträchtigten Kraftwagenverkehr möglich ist.

Die Strecke steigt von 769 m ü. M. bei Misox auf 1677,6 m in dem 5580 m langen Scheiteltunnel durch den S. Bernardin und fällt im Rheintal bis Thusis auf 700,5 m. Die größte Steigung beträgt 60 vT, der kleinste Krümmungshalbmesser 100 m. Außer dem S. Bernardin sind viele kürzere Tunnel, auch Schleifen- und Kehrtunnel, erforderlich, so daß 19,4 vH der Gesamtlänge Tunnelstrecken sind. Die Brücken machen 3 vH der Gesamtstrecke aus; die längste Brücke, bei Sulfers, ist 150 m lang und 20 m hoch, die höchste, die Viamala-Brücke, ist 43 m hoch und 33 m lang. Zum Betrieb ist Wechselstrom vorgesehen.

Der Bau wird drei Jahre beanspruchen; die Baukosten schätzt man auf 32 Mill. Schweizer Franken, also 525 Fr/m; auf die Bahnanlage rechnet man 455 Fr/m, auf den großen Tunnel 1400 Fr/m. Die Beschaffung der Geldmittel für das Bauunternehmen ist noch nicht gesichert, da man nur etwa die Hälfte wird verzinsen können. (Schweiz. Bauzeitung 22. Oktober 1927 S. 213/16*) [N 945 c] K. M.

Groß-Tender

Aus einer Baureihe von 30 Tendern hat die Norfolk & West Railway Co. in ihrem Werke Roanoke kürzlich den ersten fertiggestellt. Diese Tender sind die größten auf dieser Bahn und, abgesehen von einigen Ausnahmen, die größten in den Vereinigten Staaten überhaupt. Sie fassen 68 m³ Wasser und 26 t Kohle und ruhen auf zwei dreiachsigen Drehgestellen der besonderen Bauart dieser Bahngesellschaft. Die Räder haben 840 mm Dmr., die Achszapfen 152,4 mm Dmr. und 279,4 mm Länge, das Dienstgewicht beträgt rd. 140 t. Die Tender, die aus einer älteren Bauart der Norfolk & West Railway Co. entwickelt worden sind, sollen hinter 1 D-D 1 Drehgestell-Verbundlokomotiven mit 46 000 kg Zugkraft laufen. („Railway Age" 1. Oktober 1927 S. 644*) [N 945 d] Krs.

Turboelektrischer Schiffsantrieb

Einer der größten Fracht- und Fahrgastdampfer „California" mit turboelektrischem Antrieb für den Dienst New York – San Franzisko ist bei der Newport News Shipbuilding & Dry Dock Co. im Bau.

Zwölf Doppelend-Wasserrohrkessel mit Ölfeuerung für 19,5 at liefern den Dampf für die beiden Turbinensätze. Diese leisten bei 2640 Uml./min je 6750 PS_e und sind unmittelbar mit den Stromerzeugern für je 5250 kW bei 3700 V Spannung gekuppelt. Die Höchstleistung beträgt insgesamt 17 000 PS_e bei 2880 Uml./min der Turbinen. Die Drehstrom-Propellermotoren sind ein Deck tiefer angeordnet und laufen mit 110 und 120 Uml./min.

Bemerkenswert ist die große Zahl der Ladepforten. Unterhalb des Hauptdecks sind auf jeder Seite je neun, 2,25 m hoch und 2,40 m breit, angeordnet. („The Engineer" 21. Oktober 1927 S. 461*) [N 954 e] Ls.

Dampfwagen für Straßenreinigung in London

Der Wagen dient außer zum Sprengen und Abwaschen von Straßen zur Entleerung und Reinigung der Senklöcher, die das Regenwasser aufnehmen. Der Kasten ist in der Längsrichtung in drei Kammern geteilt. Die mittlere nimmt den aus den Senklöchern gepumpten Schlamm auf und faßt 4,1 m³, die beiden äußeren von zusammen 4,2 m³ Inhalt enthalten das klare Wasser für die Reinigung der Straße.

Die Senklöcher werden durch ein an der linken Wagenseite herabhängendes, mittels einer Wippvorrichtung heb- und senkbares Rohr von 11,5 cm l. W. entleert, wobei eine Luftpumpe oben auf dem Wagen den zum Ansaugen nötigen Unterdruck erzeugt. Für die Straßensprengung ist eine besondere Pumpe eingebaut.

Beide Pumpen sowie das Fahrwerk werden durch Dampfkraft betätigt. Die Verbunddampfmaschine arbeitet bei 15,8 at Arbeitsdruck mit überhitztem Dampf. An einem Tage kann der Wagen rd. 160 große Senklöcher, wie sie in London üblich sind, entleeren oder 7,2 km Straße von rd. 9 m Breite abwaschen. („Engineering" 21. Oktober 1927 S. 534*) [N 945 f] Sd.

BÜCHERSCHAU

Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, 291. H.: **Untersuchungen über den Einfluß des Druckes auf die Zähigkeit von Ölen und seine Bedeutung für die Schmiertechnik.** Von S. Kießkalt. Berlin 1927, VDI-Verlag. 14 S. m. 8 Abb. Preis 3,50 *M.*

Die Theorie der Lagerreibung ist besonders im letzten Jahrzehnt ausgebaut worden. Wichtig ist für die Praxis vor allem die Frage, welche Ölsorte hinsichtlich ihrer Zähigkeit bei gegebenen Flächendrücken, Gleitgeschwindigkeiten und Lagerspielen am Platz ist. Je größer der Flächendruck und das Lagerspiel und je kleiner die Gleitgeschwindigkeit, desto zäher muß das Öl sein, damit es nicht weggedrückt wird und das Lager sich unzulässig erwärmt. Da nun die Zähigkeit eines Öles vom Druck und besonders auch von der Temperatur abhängig ist, so sind Versuche zur Klärung dieser Abhängigkeit von großer praktischer Bedeutung. Der Verfasser des vorliegenden Forschungsheftes berichtet über solche Versuche, die er an der Hochschule Karlsruhe mit 12 Ölen, darunter Mineral-, Pflanzen- und tierischen Ölen, bei 20, 50 und 80° und bei Überdrücken bis 600 at und mehr ausgeführt hat. Sie haben zu dem Ergebnis geführt, daß bei gleichbleibender Temperatur der Wert

$$k = \frac{\text{Zähigkeit bei hohem Druck}}{\text{Zähigkeit bei Normaldruck}}$$

nach einer Exponentialfunktion verläuft. Nach Kießkalt ist $k = a^p$.

Die Abhängigkeit der Zähigkeit von der Temperatur ist nach den vorliegenden Versuchen verwickelter.

Kurze Inhaltangabe: Ältere Versuche; Theorie und Ausbau der Versuchsanlage, Auswertung der Ergebnisse; Veränderlichkeit der inneren Reibung nach der physikalischen Theorie; Bedeutung der Druckzähigkeit für die Schmierfrage; Quellennachweis. [E 851] W. S.

Vorrichtungen im Maschinenbau. Von Otto Lich. 2. Aufl. Berlin 1927, Julius Springer. 500 S. m. 656 Abb. Preis 26 *M.*

Die vorliegende zweite Auflage des Buches bringt insofern eine Erweiterung gegenüber der ersten Auflage, als die Abbildungen noch wesentlich vermehrt worden sind. Um den Umfang des Buches beizubehalten, hat der Verfasser den Inhalt auf den Vorrichtungsbau selbst beschränkt, indem er die Abschnitte über Rentabilitätsrechnung und über die Instandhaltung der Vorrichtungen fortgelassen hat; auch die Tafeln genormter Einzelteile sind fortgefallen, da die Normen dieser Teile vom Deutschen Normenausschuß festgelegt und veröffentlicht sind.

Da man sonst in der Industrie im allgemeinen nicht sehr freigebig ist mit der Bekanntgabe der Hilfsmittel und Verfahren für die Herstellung, so ist dieser umfangreiche Anschauungsstoff besonders wertvoll. Erwünscht wäre allerdings gewesen, wenn der Verfasser sich nicht auf die Beschreibung der Vorrichtungen beschränkt, sondern wenn er auch etwas Kritik geübt hätte, damit der junge Vorrichtungskonstrukteur, der aus dem Buche lernen will, dazu angeleitet wird, über die Zweckmäßigkeit der einzelnen Vorrichtungen nachzudenken. [E 853] Pa.

Die deutsche Wirtschaft und ihre Führer 9. Bd.: **Die oberschlesische Montanindustrie.** Von Bruno Knochenhauer. Gotha 1927, Flamberg-Verlag. 152 S. Preis 6 *M.*

Das Buch will einen Überblick über die Entwicklung der oberschlesischen Montanindustrie und die Abhängigkeit eines weiteren Aufschwunges vom deutschen Hinterlande geben. Es zeigt ferner, wie gerade in Oberschlesien die Industrie ihre Entstehung und weitere Ausdehnung der Kenntnis und Tatkraft sowie dem kaufmännischen und technischen Weitblick einzelner Führerpersönlichkeiten verdankt. Aus diesem Grunde wird nicht nur die Entwicklung und der Aufbau der verschiedenen größeren und kleineren Montangesellschaften, ausgehend von den ersten Anfängen, während der Kriegsjahre und nach dem Genfer Schiedsspruch gegeben, sondern es wird auch der Einfluß der Führer — sowohl der oberschlesischen Magnaten als Besitzer, als auch der Generaldirektoren als Leiter — auf den Aufstieg dieser Gesellschaften dargelegt. Das Buch zeigt den weitgehenden Einfluß der deutschen Kultur auf die Entwicklung des gesamten oberschlesischen Industriegebietes. [E 871] Pr.

Motor Vehicles and their engines. Von Edward S. Fraser und Ralph B. Jones. 3. Aufl. New York 1927, D. van Nostrand Co. 434 S. m. 367 Abb. Preis 3 $.

Das Buch, das in den Vereinigten Staaten große Verbreitung erlangt hat, ist für Vorträge in Fachschulen gedacht und geht über den beschreibenden Charakter ohne Anwendung von Rechnungen nicht hinaus. Es bietet aber doch einen schnellen, sachlich geschriebenen Überblick über die Hauptpunkte der Wirkungsweise des Motors, des Vergasers und der andern Teile des Kraftwagens, wobei besonderer Wert darauf gelegt wurde, den Leser in die Anfangsgründe, also z. B. in die Wirkungsweise von Motoren, Getrieben u. dergl., einzuführen. Das gleiche Bestreben beherrscht auch die Behandlung des elektrischen Teils der Anlage, der Zünder, Anlasser und Lichtmaschinen, denen unverhältnismäßig viel Raum geboten wird. Für den deutschen Ingenieur dürfte der Inhalt interessieren, weil er technische Angaben über amerikanische Erzeugnisse enthält, obschon die Abbildungen fast ohne Ausnahme undeutliche Katalogbilder sind. [E 846] H.

Taschenbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie. Herausgeg. von F. Banneitz. Berlin 1927, Julius Springer. 1253 S. m. 1190 Abb. Preis 64,50 *M.*

Anerkannte Fachleute haben unter Berücksichtigung der neuesten Erfahrungen der Technik in diesem Buche die Erfahrungen der letzten Jahre auf dem Gebiete der drahtlosen Telegraphie und Telephonie in zahlreichen Tafeln und Schaulinien zusammengestellt und unter Beifügung der physikalischen und technischen Grundlagen auch der verwandten Gebiete (Fernmelden auf Draht) ein ausgezeichnetes Nachschlagewerk für den Fernmeldetechniker geschaffen. Ausführlich werden behandelt die Hochfrequenztechnik, die Vorgänge in Schwingungskreisen (Ableitung von Formeln) und im Äther (Heavisideschicht), die atmosphärischen Störungen. Ein besonderer Teil bringt Einzelteile der Hochfrequenzgeräte mit zahlreichen Abbildungen und Berechnungsgrundlagen, u. a. über Isolatoren, Kondensatoren, Spulen, Frequenzwandler, Antennen, Detektoren, Lautsprecher und besonders die verschiedenen in- und ausländischen Arten von Elektronenröhren mit Kennlinien, Betriebzahlen und Angaben über die Herstellung. Den Meßinstrumenten und den Meßverfahren ist ein weiterer Abschnitt gewidmet. Einrichtungen zum Senden und Empfang werden an Ausführungsbeispielen besprochen (drahtlose Schnelltelegraphie und Schreibempfang), ebenso Funkpeilung. Der Schluß bringt die Funkanlagen Deutschlands mit technischen Einrichtungen sowie Organisation und Rechtsverhältnisse des Funkverkehrs. Im Anhang findet man Zahlentafeln mit Werten von Schwingungskreisen. [E 705] Liske

Jahrbuch der **Hafenbautechnischen Gesellschaft.** 8. Bd. 1925. Hamburg 1927, Verlag der Hafenbautechnischen Gesellschaft. 170 S. m. zahlr. Abb. u. versch. Landkarten. Preis 20 *M.*

Der Band enthält die Vorträge der Breslauer Hauptversammlung, die die Fragen der Oder als Schiffahrtstraße, die Notwendigkeit des Ottmachauer Staubeckens für die Oderschiffahrt, ferner verkehrspolitische Aufgaben zur Stärkung des Wettbewerbs der deutschen Seehäfen und Neuerungen in der mechanischen Hafenausrüstung behandeln.

Anschließend werden die Ergebnisse des Wettbewerbs für die künftige Ausgestaltung der Breslauer Hafenanlagen, sowie die Häfen und Hafenpläne und die Kanalfragen im Odergebiet besprochen. Den Schluß bildet eine eingehende Darstellung der elektrischen Kohlenkipper in Breslau und Cosel. Dieser Band, der mit vorzüglichen Kartentafeln und Abbildungen ausgestattet ist, gibt eine gute Übersicht über die Hafenwirtschaft Schlesiens. [E 667] Ls.

Technologie der Textilfasern. Herausgeg. von R. O. Herzog. 7. Bd.: **Kunstseide.** Berlin 1927, Julius Springer. 354 S. m. 203 Abb. Preis 33 *M.*

Das an und für sich knappe Schrifttum über Kunstseide ist durch das vorstehende Buch sehr wertvoll bereichert worden. Der Verfasser, der sich zur Lösung der gestellten Aufgabe die Mitarbeit bedeutender Fachleute gesichert hat, gibt in dem Werk eine umfassende Darstellung des gesamten in der letzten Zeit zu so großer Bedeutung gelangten Industriezweiges. Alle Kunstseidenarten werden sowohl von



der technischen als auch chemischen Seite eingehend beschrieben. Der Nitroseide, Kupferseide, Viskoseseide und der Azetatseide sind umfangreiche Abschnitte gewidmet. Besonders wertvoll ist das Buch durch klare und übersichtliche Abbildungen, graphische Darstellungen und Zahlentafeln. Die Färberei ist sehr ausgiebig behandelt, und besonders der Einteilung und Beurteilung der verschiedenen Kunstseidenarten in färbereitechnischer Beziehung ist Rechnung getragen. Ein umfangreicher Teil des Buches behandelt die mechanische Technologie der Kunstseidenverarbeitung. Die Strickerei, Wirkerei und Weberei wird eingehend beschrieben, ferner die Verarbeitung der Kunstseide durch Flechten und Klöppeln, Häkeln und Posamentieren. Auffallend ist, daß der Erzeugung der Nitroseide allein rd. 90 Seiten gewidmet werden, ein Umfang, der der Bedeutung dieser Seidenart gegenüber den andern Seiden nicht entspricht. Fast 80 vH sämtlicher Kunstseidenfabriken arbeiten nach dem Viskoseverfahren, so daß die Nitroseide eigentlich mehr der Vergangenheit angehört. Neue Nitroseidenfabriken werden kaum noch gebaut, während man die Azetatseide schon heute als die Seide der Zukunft bezeichnen kann. Alles in allem ist das Buch eine wertvolle Fundgrube; es kann daher jedem in der Kunstseidenindustrie tätigen Praktiker und Theoretiker aufs wärmste empfohlen werden. [E 869]

Ratingen Obering. Wurtz

Lebende Bücher: **Mathematische Hilfsmittel für Techniker.** Formeln und andere Gesetzmäßigkeiten der Differential- und Integral-Rechnung. Von A. Deckert und E. Rother. Wittenberg, Bez. Halle, 1927, A. Ziemsen. 254 S. m. 54 Zeichn. Preis 7,50 ℳ.

Diese Bücher sind nach ähnlichen Gesichtspunkten ausgearbeitet wie die Ingenieurtaschenbücher, z. B. die „Hütte“, in den entsprechenden Teilen, nur ist der Stoff bei den beiden vorliegenden Büchern ausführlicher und mehr nach bewährten pädagogischen Grundsätzen behandelt. Damit sind Nachschlagewerke entstanden, die sich durch eine kurze, klare Sprache und eine übersichtliche Stoffverteilung auszeichnen. Behandelt werden im erstgenannten Werke die Differentiationsregeln des ersten, des höheren und des partiellen Differentialquotienten, unbestimmte Formen, Reihen usw., ferner die Integrationsregeln, Integrationsformeln, geordnet nach dem Aufbau allgemeiner Integrale, Fouriersche Reihen, Differentialgleichungen und das Rechnen mit Symbolen. Die Formen, die die allgemeinen Integrale in Sonderfällen bei bestimmten Exponenten annehmen, werden in einer großen Anzahl von Fällen angegeben.

Im zweiten Werke werden die analytische Geometrie der Ebene und die des Raumes nach den gleichen Gesichtspunkten behandelt. [E 852] W. S.

Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, 296. Heft: **Der Kugelschlaghärteprüfer.** Von J. Class. Berlin 1927, VDI-Verlag. 20 S. m. 18 Abb. u. 4 Zahlentafeln. Preis 12,50 ℳ; für VDI-Mitglieder 11,25 ℳ.

Ein ausführlicher Auszug erscheint demnächst.

Technische Mikroskopie. Ein Lehrbuch der mikroskopischen Warenprüfung. Von Viktor Pöschl. Stuttgart 1927, Ferdinand Enke. 296 Abb. Preis 25 ℳ.

Handbuch für Lehrlinge der allgemeinen Feinmechanik. Herausgeg. von Robert Bosch A.-G., Stuttgart. 3. Aufl. Berlin 1927, VDI-Verlag. 112 S. Text, 92 S. Abb. Preis 15 ℳ, für VDI-Mitglieder 13,50 ℳ.

Taylorisierung, Rationalisierung der Sägeindustrie. Von Leopold Lutz. Jena 1927, Hermann Costenoble. 80 S. Preis 1,75 ℳ.

Wissenschaftliche Gesellschaft für Luftfahrt E. V. (WGL). **Arbeiten zur Luftnavigierung.** Herausgeg. vom Navigierungsausschuß der WGL. München und Berlin 1927, R. Oldenbourg. 63 S. m. 72 Abb. Preis 6,50 ℳ.

Die Wassereisenbahn. Ein Schleppsystem auf Kanälen und Flüssen ohne Inanspruchnahme der Ufer. Von Richard Koß. Berlin u. Leipzig 1927, Walter de Gruyter & Co. 117 S. m. 50 Abb. Preis 12 ℳ.

Die Bekämpfung des Erd- und Kurzschlusses in Höchstspannungsnetzen. Von Paul Bernett. München und Berlin 1927, R. Oldenbourg. 47 S. m. 5 Abb. Preis 4 ℳ.

Grundriß der anorganischen Chemie. Von Carl Oppenheimer. Leipzig 1927, Georg Thieme. 332 S. Preis 7 ℳ.

Die Differential- und Integralgleichungen der Mechanik und Physik. Herausgeg. von Philipp Frank. 2. physikalischer Teil, Braunschweig 1927, Vieweg & Sohn. 863 S. m. 88. Abb. Preis 58 ℳ.

Werkstofftagung Berlin 1927

Am Sonnabend, dem 22. Oktober 1927, begann in Berlin die große Werkstofftagung. Sie wurde eingeleitet durch die Eröffnung der Werkstoffschau in der größten Ausstellungshalle Berlins am Kaiserdamm. Hierbei begrüßte der Vorsitzende des Vereines deutscher Ingenieure, Dr.-Ing. Dr. phil. h. c. R. Wendt, Essen, im Namen der veranstaltenden technisch-wissenschaftlichen Vereine[1]) die erschienenen Gäste.

Jahrelang zurückliegende, planmäßige Vorbereitungsarbeit war notwendig, um die Werkstoffschau zu schaffen, in der aus der großen Reihe der im täglichen Leben verwendeten Werkstoffe zunächst nur einige der wichtigsten gezeigt werden. Eisen und Stahl, die Nichteisenmetalle und die Isolierstoffe der Elektrotechnik lernen wir in ihren Eigenschaften in der Werkstoffprüfschau und in ihren Verwendungsmöglichkeiten, ausgehend vom Rohstoff bis zum Fertigerzeugnis, in der Werkstoffübersicht kennen. Die Behandlung der andern Werkstoffe ist einer späteren Zukunft vorbehalten.

Aufgabe der Werkstoffschau ist, der breiten Öffentlichkeit zu zeigen, welche Verfahren zur Prüfung und Feststellung der Eigenschaften beim Werkstoff im Gebrauch sind. Arbeiten doch viele geistig hochstehende Kräfte jahraus jahrein an den Verbesserungen auf diesem wichtigen Gebiet. Durch die Werkstoffschau wird der Schleier, der über unsre wissenschaftlichen Laboratorien und Untersuchungsanstalten ausgebreitet ist, weggezogen. Aus der Ausstellung ersieht man, welch ungeheure Sorgfalt und Mühe auf den Werkstoff und seine Prüfung verwendet wird, um ihn in seinen Eigenschaften zu nutzen, ohne die Sicherheit der Bauwerke zu gefährden. Hierauf die große Öffentlichkeit hinzuweisen, ist eines der Ziele der Werkstoffschau. Die Besucher werden durch erfahrene Männer eingehend über die Werkstofffragen an der Hand der Werkstoffe selbst und über Prüfungsvorrichtungen unterrichtet.

Eine volle Hingabe an die große Aufgabe erforderten die Vorarbeiten. Viele einzelne Arbeiten mußten unermüdlich geleistet werden bis zur Vollendung der Schau, die jetzt dasteht als ein Zeichen der Lebenskraft und des Lebenswillens unsrer Industrie. Nachdem sie fertig ist, erwarten uns noch besonders arbeitsreiche Wochen, in denen wir das geschaffene Werk voll für den Fortschritt deutscher Arbeit ausnutzen wollen.

Erzeuger und Verbraucher hierdurch zu dauerndem, fruchtbringendem Zusammenarbeiten, zu ständigem Gedanken- und Erfahrungsaustausch anzuregen, ist ein weiteres Hauptziel dieser Ausstellung. Der Verein deutscher Ingenieure hat ja als Zweck des Vereines in seiner Satzung stehen: „die Zusammenfassung der geistigen Kräfte deutscher Technik zum Wohle der gesamten vaterländischen Industrie“. Diese Zweckbestimmung ist durch die Werkstofftagung glänzend erfüllt.

Dr. Wendt sprach dann tief empfundene Dankesworte all den Kreisen aus, die das große Werk zustandegebracht haben. Staats- und städtische Behörden, die großen technischen Vereine und die für Deutschlands Wirtschaft wichtigsten Industrien haben an dieser Aufgabe mitgearbeitet. Dank gebührt auch den Ingenieuren, technischen Angestellten und Arbeitern, die in den letzten Monaten Tag und Nacht das Werk rechtzeitig vollenden halfen. Ebenso dem Ausstellungs-, Messe- und Fremdenverkehrsamt der Stadt Berlin, das seine Organisation und weitgehende Erfahrung in den Dienst der Werkstoffschau gestellt hat.

Mit einer Ansprache eröffnete hierauf im Auftrage der Reichsregierung Reichswirtschaftsminister Dr. Curtius die Werkstoffschau.

Er führte aus: Unendlichen Dank schulden wir den Männern, die den Plan gefaßt haben, der Öffentlichkeit

[1]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 1413 u. 1481. Die vier hauptsächlich beteiligten Vereine haben für die geschäftliche Durchführung der Werkstofftagung und Werkstoffschau eine Gesellschaft mit beschränkter Haftung gebildet.

einmal vor Augen zu führen, wie bedeutungsvoll zweckmäßige Auswahl und Verwendung des Werkstoffes ist und welch überragende Stellung die Bewirtschaftung der Grundstoffe in der gesamten Wirtschaft einnimmt. Große Anerkennung verdient die jahrelang mit großen Opfern verbundene Arbeit unserer Eisen-, Maschinen-, Metallindustrie und andrer Industrien an diesem Werk. Unsere Hochachtung müssen wir den großen technischen Ingenieurverbänden aussprechen, den wissenschaftlichen Instituten und Materialprüfungsanstalten, den Technischen Hochschulen und all den Männern der Praxis und der Wissenschaft, die ihr Wissen, ihr Können und ihre Arbeitskraft dem großen Ziele zur Verfügung gestellt haben. Im Gegensatz zu Ausstellungen und Messen soll ja die Werkstoffschau aufklärend und belehrend, nicht absatzwerbend wirken. Das Messeprinzip mußte daher einer Ordnung Platz machen, die durch den technisch-wissenschaftlichen Charakter der Veranstaltung bedingt ist. Geschäftliche Einzelinteressen kommen nicht zur Geltung. Der Konkurrenzkampf der Firmen, der den Ausstellungen sonst das kennzeichnende Gepräge gibt, ruht hier, dem gemeinsamen Ziele des Fortschrittes der Gesamtwirtschaft zuliebe.

Hohe Qualität des Werkstoffes ist für den Fortschritt einer Industrie ausschlaggebend. Steigerung der Güte der Werkstoffe schließt Steigerung der industriellen Gesamtleistung in sich, zumal ja die neuzeitlichen Arbeitsverfahren höchste Anforderungen an die Werkstoffe stellen.

Auch diese Veranstaltung, ja sie vielleicht mehr als andre, ist geeignet, Absatzmöglichkeiten im In- und Auslande für unsre Wirtschaft zu schaffen. Planmäßige Veredelungstechnik auf dem Gebiete der Stoffwirtschaft wird von nun an eine der Hauptaufgaben unsres wirtschaftlichen Wiederaufstieges sein. Den zahlreich erschienenen Vertretern des Auslandes müssen Werkstoffschau und Werkstofftagung einen Überblick geben über den Stand der deutschen Wissenschaft, Technik und Industrie. Krieg und Nachkriegszeit haben uns in der Werkstofffrage große Schwierigkeiten bereitet. Durch die Ersatzwirtschaft sind Vorurteile über deutsche Waren entstanden, die schwere Nachteile für unsern Absatz zur Folge hatten. Diese Vorurteile sind glücklicherweise fast überall überwunden. Wo es noch nötig ist, wird unsre Werkstoffschau den letzten Zweifel am Willen und Können des deutschen Volkes zu Qualitätsleistungen beseitigen.

Mit dem Wunsche, daß die Werkstoffschau dem In- und Ausland ein Bild vermitteln möge von dem Hochstand unsres technischen Schaffens und der Fruchtbarkeit der Verbindung von deutscher Wissenschaft und deutscher Wirtschaft erklärte Dr. Curtius die Werkstoffschau für eröffnet.

Am Abend dieses Tages waren von der Stadt Berlin die zahlreichen Vertreter der Industrie und Wissenschaft, der Reichs- und Staatsbehörden, die aus Anlaß der Werkstofftagung nach Berlin gekommen waren, zu einem Empfang in das Rathaus eingeladen. Sie wurden von Oberbürgermeister Böß begrüßt. Er sprach allen, die an dieser großen Schau mitgewirkt haben, seinen Dank aus. Es ist ein gewaltiges Verdienst, daß unsre deutsche Industrie die Werkstoffschau veranstaltet hat, ohne daß dabei der Versuch gemacht wird, daß ein einzelner für sich selbst oder für sein Unternehmen etwas dabei herausholt. Gerade in einer Zeit, in der doch der Mensch fast restlos auf das Verdienen angewiesen zu sein glaubt, wird diese Ausstellung so durchgeführt. Ganz besondere Beachtung wird aber diese Schau im Auslande finden; zeigt sie doch dem Ausländer, was die deutsche Industrie leistet, kann er doch hier prüfen und sich ein lebendiges Bild davon machen, welche Eigenschaften unsre Werkstoffe aufweisen.

Namens der Veranstalter der Werkstofftagung dankte dann Generaldirektor Dr.-Ing. Fritz Springorum, Dortmund, für den Willkommensgruß der Stadt Berlin. Wissenschaft und ihre Anwendung, Erfahrung und Fleiß, Ausdauer und Gemeinsinn haben sich vereint, die Werkstofftagung durchzuführen. Sie ist ein Teil der großen Gemeinschaftsarbeit, die unser Volk wieder vorwärts und aufwärts bringen will. Erzeuger und Verbraucher werden Nutzen aus ihr ziehen. Dienst am Gemeinwohl soll ihr Motto sein. Berlin als Kristallisationspunkt geistiger und kultureller Werte ist daher die geeignete Stadt zur Durchführung der großen Aufgabe.

Am Vormittag des 28. Oktober besuchte der Reichspräsident v. Hindenburg, einer Einladung der Werkstofftagung folgend, die Werkstoffschau. Namens der Geschäftsführung von Prof. C. Matschoß empfangen, wurde der Reichspräsident am Eingang zur Halle vom Reichswirtschaftsminister Dr. Curtius und Bürgermeister Scholtz begrüßt. Nachdem die Vorsitzenden und die Geschäftsführer der beteiligten Verbände sowie andere am Zustandekommen der Veranstaltung besonders beteiligte führende Herren der Industrie dem Reichspräsidenten vorgestellt worden waren, begann sofort der Rundgang durch die Werkstoffschau, wobei die Leiter der einzelnen Abteilungen die notwendigen Erklärungen abgaben.

Den rund zweihundert wissenschaftlichen Vorträgen der Werkstofftagung gingen die Vorträge der Hauptversammlung des Vereines deutscher Eisenhüttenleute voraus, die am Sonntag, dem 23. Oktober, abgehalten wurde. Auch andre technisch-wissenschaftliche Vereine haben aus Anlaß der Werkstofftagung ihre Hauptversammlung in diese Zeit verlegt. So fand am Dienstag, dem 25. Oktober, und den folgenden Tagen die Hauptversammlung der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde, des Deutschen Dampfkesselausschusses, der Deutschen keramischen Gesellschaft, am Donnerstag, dem 27. Oktober, die Hauptversammlung des Deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik, am Freitag, dem 28. Oktober, die des Deutschen Normenausschusses und am Freitag, dem 4. November, des Reichsausschusses für Metallschutz statt. Außerdem tagten in Fachgruppen, Vorstandsitzungen, Obmännersitzungen, Geschäftsführerkonferenzen viele andre technisch-wissenschaftliche Verbände. [B 946]

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

1601

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

Bd. 71 SONNABEND, 12. NOVEMBER 1927 Nr. 46

Die Kolbendampfmaschine als neuzeitliche Kraftmaschine

Von Obering. J. Kluitmann, Berlin

Bestrebungen zur Entwicklung der Kolbendampfmaschine vor und nach dem Weltkriege: Betriebsicherheit, Wirtschaftlichkeit — Kapital- und Brennstoffnot als treibende Kräfte — Grenzen der Wettbewerbfähigkeit der Kolbendampfmaschine gegenüber der Verbrennungsmaschine und der Dampfturbine — Die Kolbendampfmaschine in der Kraft- und Wärmewirtschaft: Zwischendampfentnahme, Abdampfverwertung, Beispiele — Steigerung der Drehzahl

Die Überlegenheit der Dampfturbine gegenüber der Kolbendampfmaschine in bezug auf Gewicht für die Einheit der Leistung, wie die der Verbrennungsmaschine in bezug auf die Ausnutzung der Brennstoffwärme und die Betriebsbereitschaft haben die schon seit Jahrzehnten totgesagte Kolbendampfmaschine zwar in ihrem Anwendungsbereich eingeengt, nicht aber verdrängt. Daß sie noch nicht verschwunden ist, ist erstaunlich und regt zum Nachdenken an. Der wichtigste Grund dafür ist wohl, daß die Kolbendampfmaschine den Brennstoff nicht unmittelbar verarbeitet, sondern über ein Mittel, den hochgespannten Wasserdampf; dieser eignet sich, wenn er in der Maschine Arbeit geleistet hat, vorzüglich zur Weiterverwertung für die Zwecke der wärmeverbrauchenden Industrie und gestattet, nicht in fortlaufendem Strom, sondern Hub für Hub Leistung zu erzeugen.

Die Bestrebungen zur Entwicklung der Kolbendampfmaschine in den letzten Jahrzehnten vor dem Weltkriege sind durch diesen in eine andre Richtung gedrängt worden. Nur ein Ziel ist das alte geblieben: die Erhöhung der Betriebsicherheit unter gleichzeitiger Vereinfachung der Bedienung. Dies um so mehr, als gegenwärtig bei der bis aufs äußerste getriebenen Verkettung von Kraft- und Wärmewirtschaft selbst kurze erzwungene Betriebspausen, zumal zu Zeiten des größten Kraft- oder Wärmebedarfs die Brennstoffersparnisse langer Wochen aufzehren und die wirtschaftlichste Maschine unwirtschaftlich machen können.

Verwickelte Steuerungen und Regelungen, die bis zum Kriege in großer Mannigfaltigkeit gebaut wurden, sind einigen wenigen, und zwar den einfachsten, gewichen. So sieht man bei der Ventildampfmaschine vorwiegend die Lentz-Steuerung mit Achsenregler, bei Schiebermaschinen die Kolbenschiebersteuerung, ebenfalls mit Achsenregler, bei Umsteuermaschinen fast nur noch Steuerungen nach Stephenson, Klug, Hackworth oder Marshall. Dem Streben nach einfacherer Wartung sucht man durch Anwendung selbsttätiger Regelungen zu genügen (Leistungsregelung bei angehängten Pumpen, Kompressoren oder Gebläsen, selbsttätige Regelung des Entnahmedrucks für Zwischendampf oder Abdampf, nötigenfalls mittels Ölrelais bei zu großen Verstellkräften). Auch die Schmierung hat man mehr und mehr von der Bedienung unabhängig gemacht; Schmierpressen für die Zylinder, Stromschmierung und bei größeren oder höher beanspruchten Maschinen Druckölschmierung für die Triebwerkteile kennzeichnen die neuzeitliche Kolbendampfmaschine, die vielfach an keiner Stelle mehr mit der Hand geschmiert zu werden braucht.

Umstürzend hingegen wirkte der Weltkrieg insofern auf die Entwicklung der Dampfmaschine, als er dem Begriff der Wirtschaftlichkeit ein andres Gesicht gab. Gewiß suchte man auch vor dem Kriege die Herstellung aus Gründen des Wettbewerbs zu verbilligen und geringen Dampfverbrauch aus Rücksicht auf die Betriebskosten zu erreichen; doch hielt man eine Maschine schon dann für wirtschaftlich, wenn ihr Dampfverbrauch niedrig war. Die Kriegs- und Nachkriegszeit erzwang eine gründliche Nachprüfung dieser Anschauung unter dem Einfluß der Kapital- und Brennstoffnot. Man erkannte, daß eine Dampfmaschine noch nicht wirtschaftlich zu sein braucht, wenn sie im Dampfverbrauch wirtschaftlich ist. Man erkannte in der Drehzahl einen wichtigen Faktor der Wirtschaftlichkeit; denn die Drehzahl beeinflußt das Gewicht und damit den Baustoffaufwand, die Kosten von Herstellung und Beförderung und somit den Zinsen- und Tilgungsdienst; höhere Drehzahl ergibt kleinere Gründungen, geringeren Raumbedarf, also billigere Baulichkeiten. Mit dieser Erkenntnis setzten die Bestrebungen ein, die Drehzahl der Kolbendampfmaschine zu steigern.

Recht eindringlich führte uns die Zeit der Not auch vor Augen, daß der Dampfverbrauch einer Dampfkraftanlage nicht allein das Kohlenkonto des Unternehmens belastet, sondern daß die Kohle auch ein wertvolles Volksgut ist, mit dem man haushalten muß. Daraufhin setzten die Bestrebungen ein, die Brennstoffwärme der Kohle durch Erhöhung der Spannung und Überhitzung des Dampfes, durch Verringerung der Verluste in der Dampfmaschine und der Abgasverluste besser auszunutzen. Außerdem erkannte man im Kondensator einen Wärmefresser, in dem man bislang 50 bis 60 vH der gesamten Brennstoffwäre sinnlos vernichtet hatte, ähnlich wie man in noch früherer Zeit die Gichtgase der Hochöfen in hellen Flammen nutzlos zum Himmel hatte lodern lassen. Damit reifte die Erkenntnis, daß zur Kraftwirtschaft auch eine Wärmewirtschaft gehöre, daß man die Dampfmaschine in die Kraft- und Wärmewirtschaft eines Unternehmens einzugliedern habe, wozu sich gerade die Kolbendampfmaschine, wie man bald merkte, hervorragend eigne. All diese Einsichten wurden nunmehr die treibenden Kräfte in der weiteren Entwicklung dieser Maschine.

Grenzen der Anwendung der Kolbendampfmaschine

Es seien kurz die Grenzen gekennzeichnet, innerhalb deren die Kolbendampfmaschine mit den andern Wärmekraftmaschinen: Verbrennungsmaschinen und Dampfturbinen, erfolgreich in Wettbewerb treten kann; Wasser- und Windkraftmaschinen mögen ausscheiden, da sie an bestimmte Bodenverhältnisse gebunden sind.

Bei der Verbrennungsmaschine wird der Brennstoff, der in flüssigem oder gasförmigem Zustand in den Zylinder geleitet wird, dort durch Verbrennung in ein Gas von hohem Druck übergeführt, und er setzt damit die ihm innewohnende Wärme unmittelbar in mechanische Energie um. Diese Maschine ist daher, im Gegensatz zur Dampfmaschine, stets betriebsbereit und erfordert bei Stillstand keinen Brennstoffaufwand. Zudem ist sie in der Ausnutzung der Brennstoffwärme der Dampfmaschine bedeutend überlegen (rd. 36 vH gegenüber rd. 13 vH), da diese nur mittelbar durch den Brennstoff betrieben wird und der Umweg über den Wasserdampf große Verluste mit sich bringt.

Dennoch besteht die Überlegenheit nur dann, wenn man beide Maschinen als reine Kraftmaschinen vergleicht. Sobald in einem Betriebe größerer Wärmebedarf auftritt und keine Brenngase als Abfall zur Verfügung stehen, ist die Dampfmaschine als Kraftquelle am Platze. Grundsätzlich eignen sich die Abgase der Verbrennungsmaschine auch zum Wärmeaustausch weniger als der Dampf, da sie wegen der Gefahr der Säurebildung nicht allzu stark abgekühlt werden dürfen. Das Kraftmittel der Dampfmaschine — man ist auf dieses Mittel gekommen, da Wasser überall fast kostenlos zur Verfügung steht — kondensiert hingegen nach dem Verlassen der Maschine bei wärmewirtschaftlich günstigen Temperaturen und gibt dann gewaltige Wärmemengen frei, ohne an Temperatur einzubüßen; dieser Umstand macht gerade den Wasserdampf zum Kochen, Heizen, Dämpfen, zur Warmwasserbereitung usw. hervorragend geeignet.

Hinzu kommt noch, daß die Verbrennungsmaschine nur in geringem Maß überlastbar ist, weniger deshalb, weil es nicht gelingt, die dem jeweiligen Kraftbedarf entsprechende Brennstoffmenge in den Zylinder einzuführen, sondern weil es unmöglich ist, bei jeder Belastung jedem Brennstoffteilchen die für die wirtschaftliche Verbrennung erforderliche Sauerstoffmenge beizugesellen. Bei der Kolbendampfmaschine gelangt das Kraftmittel fertig in den Zylinder, und man kann das bei jedem Hub je nach der Belastung einzuführende Dampfgewicht in weiten Grenzen ändern, so daß die Maschine Überlastungen von mehr als 100 vH ohne Schwierigkeit überwindet. Hieraus folgt, daß bei der Dampfmaschine die Leistung in weitem Bereich von der Drehzahl unabhängig ist, im Gegensatz zu der Verbrennungsmaschine; diese kann man als eine Maschine mit unveränderlichem Drehmoment ansehen, während die Kolbendampfmaschine eine wagerechte Kennlinie hat, also eine Maschine mit unveränderlicher Leistung ist. Die Dampfmaschine eignet sich also besonders für Betriebe, die starke Anzugmomente brauchen und Schwankungen und Stößen der Belastung unterworfen sind; die Verbrennungsmaschine eignet sich hierfür nur, wenn man mechanische, hydraulische oder elektrische Getriebe einschaltet (Lokomotive, Kraftfahrzeug).

Bei der Dampfturbine wird der Druck des Dampfes in Geschwindigkeit umgesetzt und die Strömungsenergie an die Schaufeln des Laufrades abgegeben. Die Leistung wird erzielt durch kleine Kräfte, aber hohe Geschwindigkeiten, d. h. die Turbine arbeitet mit hohen Drehzahlen und kleinen Kräften, also geringen Abmessungen und Gewichten, schwächeren Gründungen und geringerem Raumbedarf. Bei der Kolbendampfmaschine wird dagegen im Zylinder der Druck des Dampfes unmittelbar über den Kurbeltrieb auf die Welle übertragen, und da der Kurbeltrieb nur geringe Drehzahlen zuläßt, so muß die Leistung dieser Maschine das Produkt aus kleinen Geschwindigkeiten und großen Kräften sein (teurer in Anschaffung und Aufstellung).

Nun arbeitet aber die Dampfturbine im Hochdruckteil mit ungünstigem thermodynamischen Wirkungsgrad, da bei hohem Druck und kleinem spezifischem Volumen des Dampfes die Schaufeln kurz und die Spaltverluste groß sind, die Kolbendampfmaschine dagegen mit günstigem thermodynamischen Wirkungsgrad; im Niederdruckteil ist der Wirkungsgrad der Turbine vorzüglich wegen der langen Schaufeln und der verhältnismäßig kleinen Spalte, der der Kolbenmaschine dagegen schlecht, da es nicht möglich ist, bei sehr niedrigem Gegendruck den Dampf mit seinem riesigen spezifischen Volumen aus dem Zylinder zu entfernen.

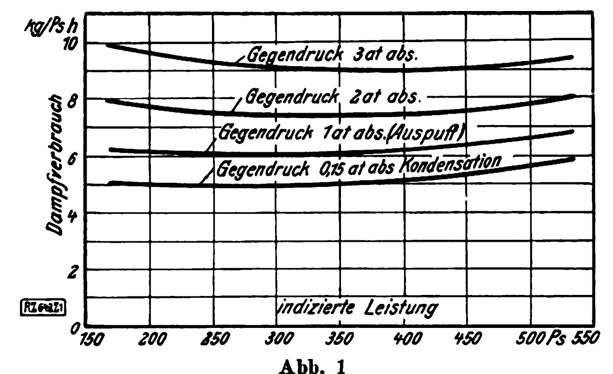


Abb. 1
Abhängigkeit des Dampfverbrauchs der Kolbendampfmaschine vom Gegendruck

Daraus erklärt es sich, daß man der Kolbenmaschine gern den Niederdruckteil nimmt und ihn als Dampfturbine ausführt. Es sei hier nur an die Schiffsmaschine nach Bauer-Wach[2]) erinnert. Weiter geht daraus hervor, daß die Kolbenmaschine die gegebene Gegendruckmaschine ist. Hier tritt noch hinzu, daß man die Beschaufelung der Dampfturbine für eine bestimmte Dampfmenge und für bestimmte Dampfgeschwindigkeiten entwerfen muß, also der Wirkungsgrad nicht nur bei Änderungen der Belastung, sondern auch bei Änderungen der Dampfmenge (Zwischendampfentnahme) und Drehzahl gegenüber den der Berechnung zugrundegelegten Werten empfindlich sinken muß. Bei der Kolbenmaschine ändert sich dagegen der Dampfverbrauch bei veränderter Beschikkung der Zylinder mit Dampf nur wenig, Abb. 1, da lediglich der Anteil der fast gleich bleibenden mechanischen Verluste an der Gesamtleistung ein anderer wird.

Die Wettbewerbfähigkeit der Kolbenmaschine gegenüber der Dampfturbine ist um so größer, je mehr der ungünstig arbeitende Niederdruckteil ausgeschaltet wird. Bei Betrieb mit reiner Kondensation ist die Dampfturbine der Kolbenmaschine schon bei Leistungen über 800 PS überlegen. Diese Grenze erhöht sich, wenn bei Zwischendampfentnahme der Niederdruckzylinder verhältnismäßig weniger leistet, und noch mehr, wenn der Niederdruckzylinder bei Einzylinder- oder Zwillings-Gegendruckmaschinen ganz verschwindet. Die obere Grenze liegt bei 1500 PS, ja es gibt Einzelfälle, wo bei 2000 PS Leistung die Kolbenmaschine wirtschaftlicher ist, weil sie infolge der Dampfersparnis die höheren Kosten der Anschaffung und Aufstellung wettmacht.

Bei Leistungen über 2000 PS hat die Kolbendampfmaschine, wenigstens bei Landanlagen, der Dampfturbine das Feld räumen müssen; denn bei diesen Leistungen beginnt die niedrige Drehzahl der Kolbenmaschine auch den Preis des elektrischen Teils der Anlage, des Stromerzeugers, mit dem Kraftmaschinen dieser Größe vorwiegend gekuppelt sind, stark zu erhöhen. Beim Schiffsantrieb liegt die Grenze höher, bei 3000 bis 4000 PS, da hier der elektrische Teil fehlt und die im Niederdruckraum, bei hoher Seewassertemperatur in schlechter Luftleere, mitlaufende Rückwärtsturbine die Kolbenmaschine bis zu dieser Grenze wirtschaftlicher macht.

Erhöhung der Wirtschaftlichkeit der Kolbenmaschine

Die Entwicklung der Kolbenmaschine nach dem Kriege bewegt sich in der Richtung, daß man gegenüber der Verbrennungsmaschine den thermischen Wirkungsgrad zu heben suchte, indem man Druck und Temperatur des Dampfes steigerte und den Arbeitsvorgang durch Verringerung der Verluste durch Droßlung, Wärmeaustausch usw. verbesserte; man suchte ferner gegenüber der Verbrennungsmaschine und der Dampfturbine die Anpaßfähigkeit der Kolbendampfmaschine an die Bedingungen der Kraft- und Wärmewirtschaft auszunutzen und gegenüber der Dampfturbine die Baukosten durch Steigerung der Drehzahl zu verringern. Diese Entwicklung ist heute noch nicht abgeschlossen.

Auf die Anwendung von Hoch- und Höchstdruckdampf, die Verringerung der Verluste durch Zwischenüberhitzung, Gleichstromwirkung, Verhüten der Schleifenbildung im Diagramm, Verkleinern der schädlichen Räume mittels der Hochhub-Tellerventile usw. sei hier unter Hinweis auf diese einschlägigen Aufsätze[3]) dieser Zeitschrift nicht näher eingegangen.

Die Kolbendampfmaschine immer mehr an die Bedürfnisse der Kraft- und Wärmewirtschaft anzupassen, ist zur Zeit wohl das Hauptbemühen der Dampfmaschinenkonstrukteure. Die Ziele der Kraft- und Wärmewirtschaft

[2]) Z. Bd. 70 (1926) S. 1588.
[3]) z. B. Josse, Z. Bd. 68 (1924) S. 65; Noack, Z. Bd. 70 (1926) S. 1004



mit Dampf sind neben der Verringerung der Kessel- und Abgas-, Maschinen- und Leitungsverluste: keine Wärme in den Kondensator oder in die freie Luft entweichen zu lassen, nur Hochdruckkessel zu betreiben, hohe Drücke nicht in Drosselventilen zu vernichten, sondern in Kraftmaschinen auszunutzen, in Wärmeverbrauchstellen möglichst niedrige Drücke zu verwenden, auch bei starken Schwankungen des Wärmebedarfs möglichst keinen Frischdampf zu verbrauchen und möglichst ohne Dampf- oder Wärmespeicher auszukommen.

Als Hauptziel ist aber die möglichst weitgehende Ausschaltung des Kondensators und des Auspuffs in die freie Luft anzusehen. Das größte Hindernis auf diesem Wege ist das stetige Schwanken des Kraft- und Wärmebedarfs eines Betriebes.

Bei Kolbendampfmaschinen mit Zwischendampfentnahme zweigt man vom Aufnehmer eine Dampfentnahmeleitung ab. Man läßt also nur einen Teil des der Maschine zugeführten Dampfes auch im ND-Zylinder Arbeit leisten und regelt die Dampfentnahme durch Verändern der Leistung des ND-Zylinders, wobei die Druckschwankungen in der Entnahmeleitung diese Regelung einleiten. Diese Regelung kann als Drossel- oder Füllungsregelung wirken.

Einen Entnahmeregler der ersten Art (Bauart Wumag) zeigen Abb. 2 bis 4. Zwischen den Leitungen vom HD- zum ND-Zylinder und zur Entnahmestelle wird durch einen Drucköl-Servomotor ein Drosselschieber betätigt, der den Durchgang des Dampfes vom HD-Zylinder in den ND-Zylinder oder in die Entnahmeleitung beeinflußt. In den Grenzstellungen wird entweder nur so viel Dampf in den ND-Zylinder geleitet, daß dieser nicht trocken läuft, und die übrige Dampfmenge fließt der Entnahmestelle zu, oder der Dampf tritt ganz in den ND-Zylinder über, während die Entnahmeleitung geschlossen bleibt.

Man kann also die Leistung der Maschine zwischen Voll und etwas über Halb ändern, wobei angenommen sei, daß man die Leistung zu gleichen Hälften auf HD- und ND-Zylinder verteilt hat, und auf der andern Seite die Entnahmemenge von null bis auf ungefähr 100 vH der in die Maschine eingeleiteten Dampfmenge steigern. Allerdings ist diese Art der Regelung nicht ideal, da der ND-Zylinder fast stets mit gedrosseltem Dampf arbeitet, was Verluste bedingt. Man wendet diese Regelung nur noch da an, wo man sich nicht entschließen kann, die Steuerung des ND-Zylinders umzubauen. Immerhin hat die Vorrichtung den Vorzug, daß man sie in Reihen herstellen und in kurzer Zeit jede Verbundmaschine in eine Entnahmemaschine umbauen kann.

Weitaus gebräuchlicher sind Entnahmevorrichtungen, bei denen durch die Schwankungen des Entnahmedrucks die Steuerung des NDI-Zylinders, d. h. dessen Füllung, verstellt wird, u. zw. zwischen rd. 5 vH, damit der Zylinder nicht leer mitläuft, und der Höchstfüllung von rd.

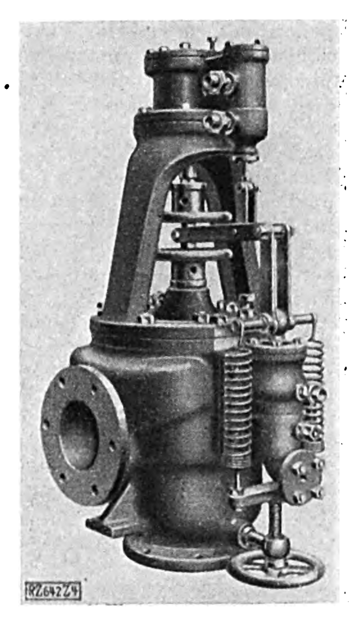


Abb. 4
Entnahmeregler, Bauart Wumag

70 vH. Abb. 5 zeigt eine unmittelbar wirkende Regelung dieser Art von A. Borsig. Der Aufnehmerdampf tritt über einen Tauchkolben *a* im Druckzylinder *b*, der mit der Einlaßsteuerung des ND-Zylinders in Verbindung steht. Die Gegenkraft wird durch zwei Federn *c* ausgeübt. Druckänderungen in der Entnahmeleitung lösen also Verstellkräfte zur Veränderung der Füllung des ND-Zylinders aus.

Die Einrichtung eignet sich aber nur für Steuerungen, die kleine Verstellkräfte erfordern (Ausklink-Steuerungen). Für andre Steuerungen benutzt man eine Servoeinrichtung, Abb. 6. Der Entnahmedampf wirkt hier auf einen Ölschieber *a*; dieser teilt Drucköl einem Zylinder *b* zu, der die Steuerung des ND-Zylinders verstellt. Diese Verstellung kann auch elektrisch erfolgen. Bei der Vorrichtung der Hanomag nach Abb. 7 und 8 betätigt ein mit der Entnahmeleitung verbundener Verstellzylinder in der Entnahmevorrichtung einen Kontakt; dadurch wird ein Elektromotor gesteuert, der auf die Steuerung des ND-Zylinders einwirkt.

Grundsätzlich haben alle Zwischendampf-Entnahmemaschinen den Fehler, daß immer ein Teil des Dampfes in den Kondensator entweicht, da der ND-Zylinder nicht ganz leer mitlaufen darf. Außerdem kann die Maschine bei voller Zwischendampfentnahme nie mehr als etwa die

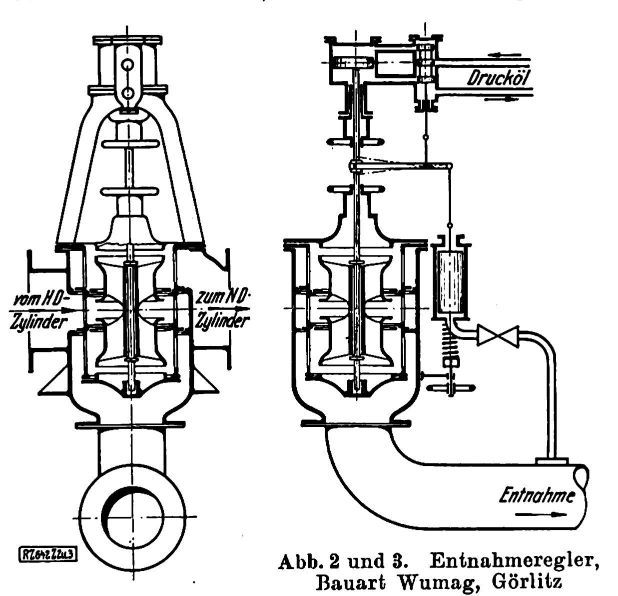


Abb. 2 und 3. Entnahmeregler, Bauart Wumag, Görlitz

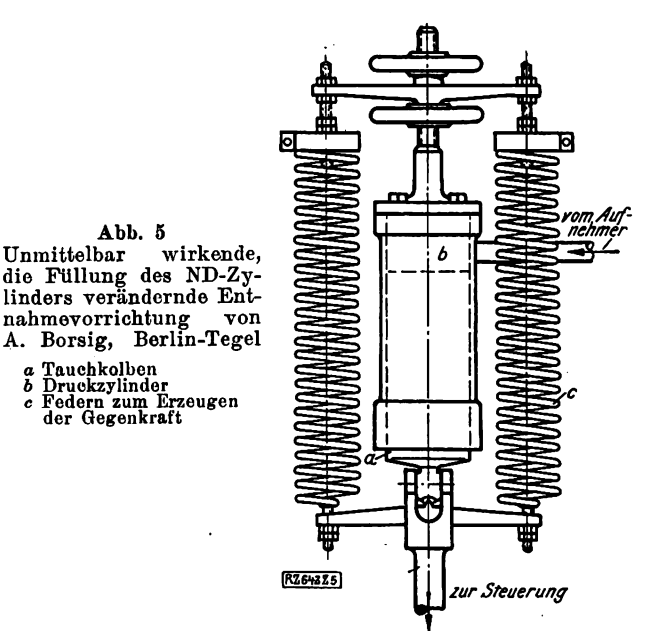


Abb. 5
Unmittelbar wirkende, die Füllung des ND-Zylinders verändernde Entnahmevorrichtung von A. Borsig, Berlin-Tegel

a Tauchkolben
b Druckzylinder
c Federn zum Erzeugen der Gegenkraft

Hälfte der Höchstleistung entwickeln, während kein Zwischendampf entnommen werden kann, wenn die Maschine ihre Höchstleistung abgeben soll. Leistung und Entnahmemöglichkeit wirken hier also einander entgegen, während der Betrieb vielfach das Umgekehrte verlangt.

Dem sucht man durch einstufige Maschinen mit Abdampfentnahme abzuhelfen. Sie haben in neuester Zeit stark an Boden gewonnen; denn sie kommen dem Bestreben entgegen, Dampf von möglichst niedrigem Druck für Heizzwecke zu verwenden, also das Druckgefälle möglichst restlos zur Krafterzeugung auszunutzen. Zudem wird bei steigender Überhitzung die Verbundwirkung immer entbehrlicher, da der Dampf meistens die Maschine noch trocken verläßt.

Für Maschinen mit Abdampfentnahme gibt es verschiedene Anordnungen. Die einfachste ergibt sich, wenn man dauernd mehr Abdampf braucht, als dem Kraftbedarf des Betriebes entspricht. Dann arbeitet die Maschine als reine Gegendruckmaschine, d. h. der ganze Abdampf geht ins Heiznetz.

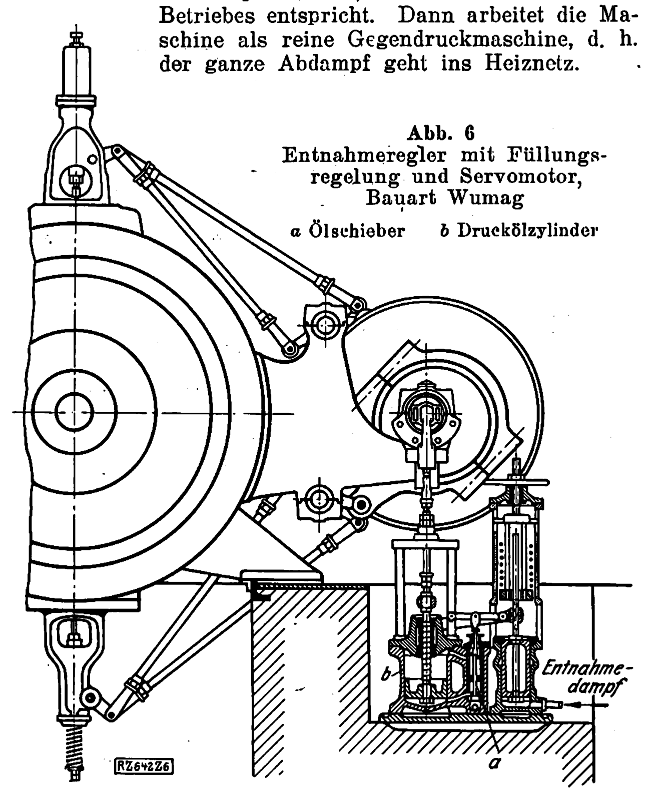


Abb. 6
Entnahmeregler mit Füllungsregelung und Servomotor, Bauart Wumag
a Ölschieber *b* Druckölzylinder

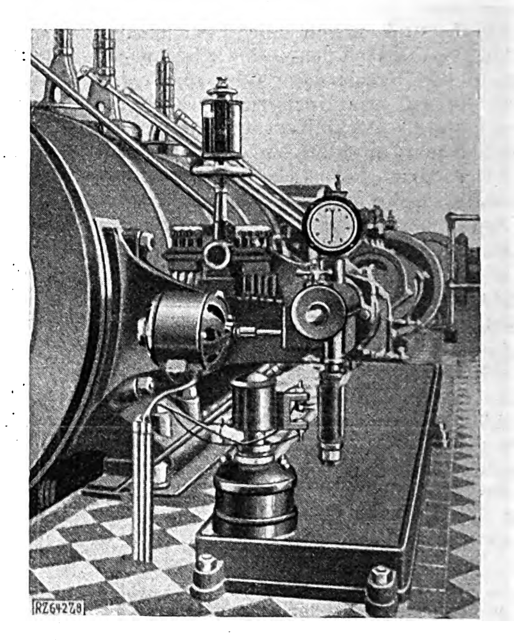


Abb. 8
Entnahmeregler, Bauart Hanomag

In einem andern Falle sind z. B. zwei Maschinen vorhanden, die mechanisch (Kurbelwelle oder Transmission) oder elektrisch (Stromerzeuger, Netz) gekuppelt sind. In Abb. 9 ist Maschine *A* eine Einzylindermaschine, deren Leistung entsprechend dem Abdampfbedarf durch Verändern der Füllung geregelt wird, wobei der ganze Dampf in die Abdampfleitung geht. Maschine *B* ist eine Verbundmaschine mit Kondensation, die den Mehrbedarf an Leistung gegenüber Maschine *A* deckt und bei schwankendem Bedarf an Leistung geregelt wird. Sie kann auch eine Einzylindermaschine sein, die mit Kondensation oder, bei großem Grundbedarf an Abdampf, mit Gegendruck arbeitet. Man muß aber dafür sorgen, daß die Maschinen nicht durchgehen, wenn mehr Abdampf gebraucht wird, als der Summe ihrer Leistungen entspricht. Man deckt dann den Bedarf an Abdampf zum Teil aus der Frischdampfleitung oder aus Speichern. Diese Anordnung ist dann am Platze, wenn man die Leistung einer Anlage durch Aufstellen einer zweiten Maschine erhöhen will.

Nach Abb. 10 kann man die Leistungs- und Abdampfregelung auch in einer und derselben Maschine vereinigen. Beim Zylinder *A* wird durch den Entnahmeregler *a* die Leistung verändert, während die Leistung von Zylinder *B*

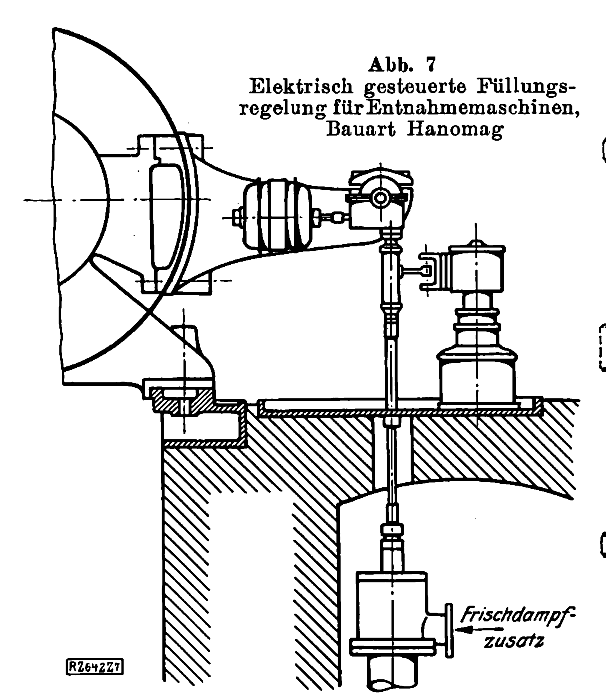


Abb. 7
Elektrisch gesteuerte Füllungsregelung für Entnahmemaschinen, Bauart Hanomag

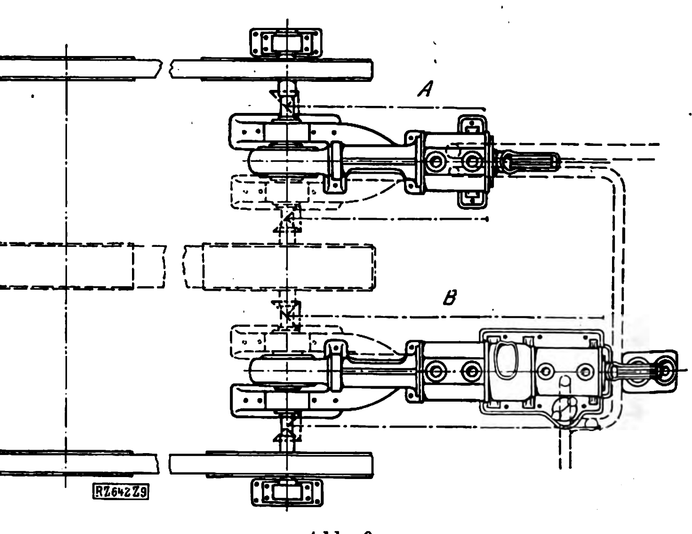


Abb. 9
Abdampfentnahme aus gekuppelten Maschinen
A Einzylinder-Dampfmaschine *B* Verbunddampfmaschine mit Kondensation

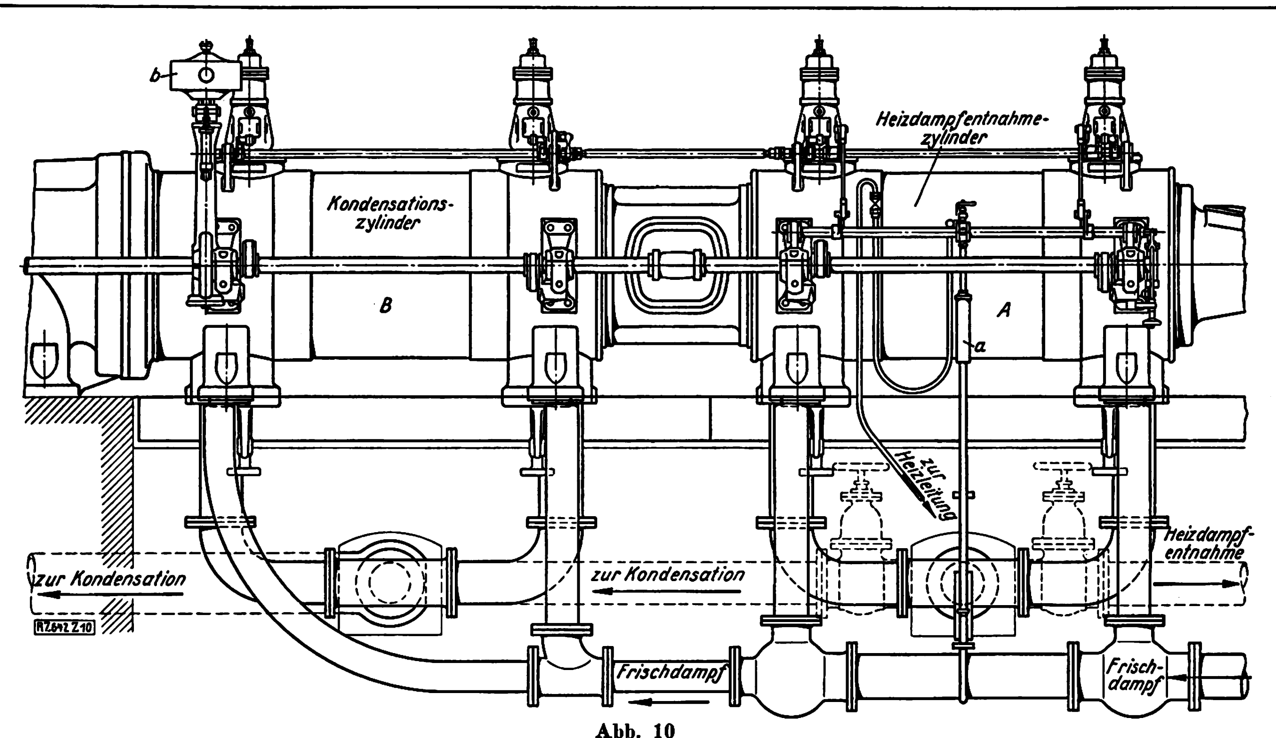


Abb. 10
Tandem-Zwillingsmaschine mit vereinigter Leistungs- und Entnahmereglung, Bauart Hartmann
a Entnahmeregler für Heizdampf-Entnahmezylinder *A* *b* Geschwindigkeitsregler für Kondensationszylinder *B*

durch einen Geschwindigkeitsregler *b* eingestellt wird. Zu beachten ist, daß dieser Regler beim Überschreiten der vorgeschriebenen Drehzahl auch im Zylinder *A* die kleinste Füllung einstellt. Im übrigen geht auch bei dieser Anordnung Dampf an die Kondensation verloren, da Zylinder *B* nicht ganz leer mitlaufen darf.

Diesen Nachteil vermeidet man nach Abb. 11. Hier ist nur noch ein Zylinder vorhanden. Die Deckelseite *B* arbeitet mit Abdampfentnahme und Entnahmeregler *a*, die Kurbelseite *A* mit Kondensation und Regelung der Leistung mittels des Geschwindigkeitsreglers *b*. Auch hier werden bei Drehzahlüberschreitung beide Seiten auf die Kleinstfüllung eingestellt; doch ist hier auf der Seite *A* voller Leerlauf möglich.

Auch bei den Anordnungen nach Abb. 10 und 11 läßt sich die Abdampfentnahme nur bis zu der der halben Höchstleistung entsprechenden Dampfmenge steigern, im Gegensatz zu den Maschinen mit Zwischendampfentnahme kann man aber hier bei Höchstleistung die größte Dampfmenge entnehmen. Solche Anlagen passen sich also den Betriebsverhältnissen leichter an.

Einen weiteren Schritt in dieser Richtung bedeutet die Einzylinder-Entnahmemaschine der Bauart Starke & Hoffmann, Abb. 12 und 13. Hier werden auf jeder Seite zwei Auslaßventile hintereinandergeschaltet, ein Ventil *a*, das vom Regler unabhängig und auf feste Vorausströmung von rd. 10 vH und 10 vH Verdichtung eingestellt ist, sowie darunter ein Ventil *b*, das durch den Entnahmeregler beeinflußt wird und ebenfalls feste Vorausströmung von rd. 10 vH, aber veränderliche Verdichtung zwischen 30 und 110 vH ergibt. Im letzteren Fall öffnet sich das Ventil überhaupt nicht. Der Raum hinter diesem Ventil steht mit dem Kondensator, der Raum zwischen den Ventilen *a* und *b* mit der Entnahmeleitung in Verbindung. In diesem Raum sind noch Rückschlagventile *c* angeordnet, die sich schließen, wenn der Druck unter den Entnahmedruck sinkt.

Soll kein Abdampf entnommen werden, so öffnet sich das Ventil *b* voll und stellt, wie bei einer gewöhnlichen Einzylinder-Kondensationsmaschine, 30 bis 40 vH Verdichtung ein, die bis zum Schließen von Ventil *a*, also bis zu rd. 10 vH vor dem Totpunkt, mit dem zusätzlichen schädlichen Raum zwischen den Ventilen *a* und *b* stattfindet, da die Rückschlagventile geschlossen sind. Bei Dampfentnahme stellt der Abdampfregler höhere Verdichtung ein, und vom Beginn der Vorausströmung bis zum Ende der Verdichtung ist der Zylinder mit dem Kondensator verbunden. Von da ab aber steigt der Druck im Zylinder, bis der Entnahmedruck erreicht wird; dann öffnen sich die Rückschlagventile, und der Abdampf wird in die Entnahmeleitung ausgeschoben, bis das Ventil *a* bei 10 vH vor dem Totpunkt den Zylinder abschließt.

Je größere Verdichtung das Ventil *b* einstellt, um so mehr Abdampf wird entnommen. Bei voller Abdampfentnahme bleibt das Ventil *b* geschlossen, gelangt also kein Dampf in die Kondensation. Die Diagramme in Abb. 14 und 15 zeigen die verschiedenen Stufen des Entnahmebetrie-

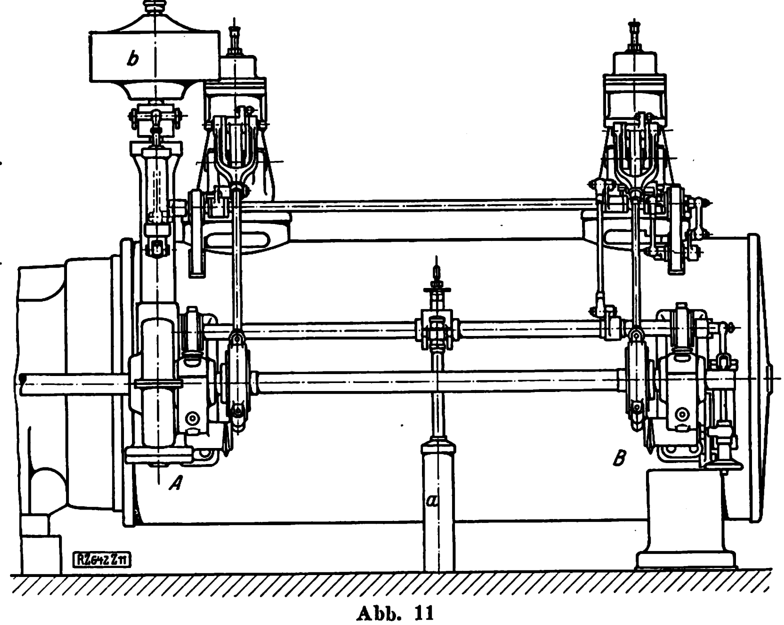


Abb. 11
Einzylindermaschine mit vereinigter Leistungs- und Entnahmereglung, Bauart Hartmann
a Entnahmeregler der Deckelseite *B* des Zylinders *b* Geschwindigkeitsregler der Kurbelseite *A* des Zylinders

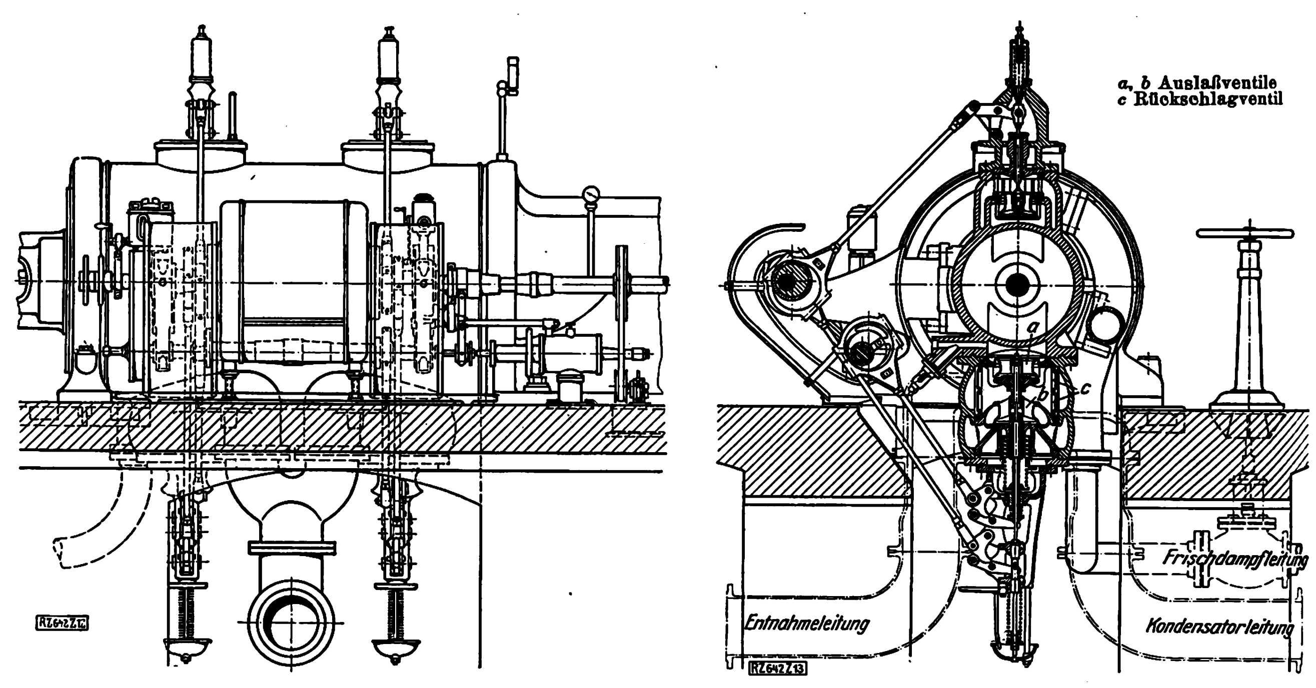


Abb. 12 und 13
Einzylinder-Entnahmemaschine, Bauart Starke & Hoffmann, Hirschberg i. Schl.

bes. Die Bauart hat den Vorteil, daß man an Abdampf bis zu 100 vH der der Maschine zugeführten Dampfmenge entnehmen und die Leistung bis zum Höchstwert steigern kann, auch wenn kein Abdampf gebraucht wird. Selbst bei voller Abdampfentnahme kann die Leistung fast den Höchstwert erreichen, wenn man von dem Diagrammstreifen unter der Gegendrucklinie absieht. Bei voller Entnahme geht auch kein Dampf an die Kondensation verloren.

Einschaltung der Maschine in die Kraft- und Wärmewirtschaft

Alle Vorrichtungen zur Zwischendampf- und Abdampfentnahme haben das Merkmal, daß man im äußersten Fall nur so viel Dampf entnehmen kann, wie der Maschine als Frischdampf zugeführt wird. Verlangt der Betrieb mehr Dampf zu Heizzwecken, so muß man entweder Kesseldampf oder Speicherdampf zusetzen; das geschieht vielfach selbsttätig, wenn die Entnahmevorrichtung ganz offen ist und der Entnahmedruck trotzdem wegen des großen Bedarfs an Heizdampf weiter sinkt. Frischdampfzusatz verschlechtert aber die Wirtschaftlichkeit, weil Druckenergie verloren geht oder ein kostspieliger Dampfspeicher notwendig wird. Mitunter kann man sich so helfen, daß man benachbarte Betriebe kraft- oder wärmewirtschaftlich kuppelt, also überschüssigen Abdampf (Kraftwerke) an fremde wärmeverbrauchende Betriebe (Fernheizung) abgibt oder überschüssige Energie aus Betrieben mit starkem Wärme-, aber geringem Kraftbedarf (z. B. Papierfabriken) in ein fremdes Netz speist.

Die Einschaltung der Kolbendampfmaschine in die Kraft- und Wärmewirtschaft hat zu mannigfaltigen Anordnungen geführt. Eine Anlage, die die Anpaßfähigkeit der Kolbendampfmaschine besonders klar zeigt, Abb. 16, wurde von A. Borsig für eine Spinnerei in Ostasien geliefert. Die Zweikurbelmaschine hat zwei gleiche Zylinder, arbeitet mit Gegendruck und läßt sich bei großem Kraftbedarf als Zwillingsmaschine oder als Verbundmaschine (Zylinderverhältnis 1 : 1) mit Zwischendampfentnahme betreiben, wobei die ND-Seite allerdings wenig leistet, oder endlich für den Notfall als Einzylindermaschine, wenn die andere Seite ausfällt. Der Drehzahlregler wirkt entweder auf die rechte oder auf die linke Seite oder auf beide Seiten, der Entnahmeregler und die Steuerwellen lassen sich auskuppeln. Beim Ausschalten der einen Maschinenseite muß man natürlich auch die Schubstange abhängen. Alle übrigen Umstellungen werden durch Lösen oder Einlegen einfacher Kupplungen sowie durch Umlegen von Wechselventilen ausgeführt.

Steigerung der Drehzahl

Die Steigerung der Drehzahl als Mittel, die Leistung der Maschine zu erhöhen, liegt zu nahe, als daß man ihm auch bei Kolbendampfmaschinen nicht immer zugestrebt hätte. Leider mit nur geringem Erfolg, wenn man

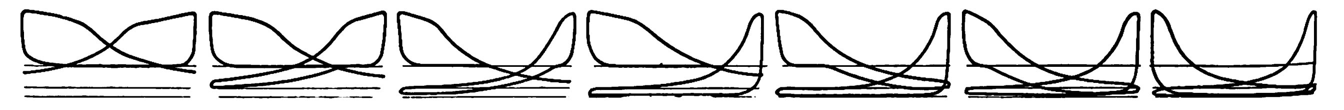


Abb. 14
Einzeldiagramme eines Betriebes mit Entnahmemaschine bei verschieden starker Entnahme
550 mm Zyl.-Dmr., 650 mm Hub, 150 Uml./min, 350 bis 400 PS_i, 9,4 at, 275° C Frischdampf, 2,4 at Entnahmedampf

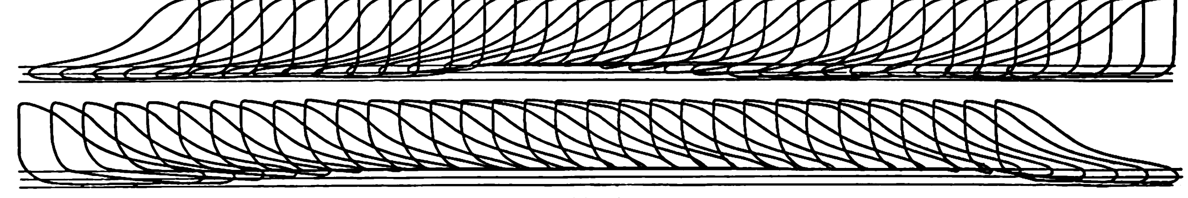


Abb. 15
Fortlaufende Diagramme eines Betriebes mit Entnahmemaschine
370 mm Zyl.-Dmr., 750 mm Hub, 102 Uml./min, 120 bis 170 PS_i, 10,5 at, 300° C Frischdampf, 0,95 at Entnahmedruck



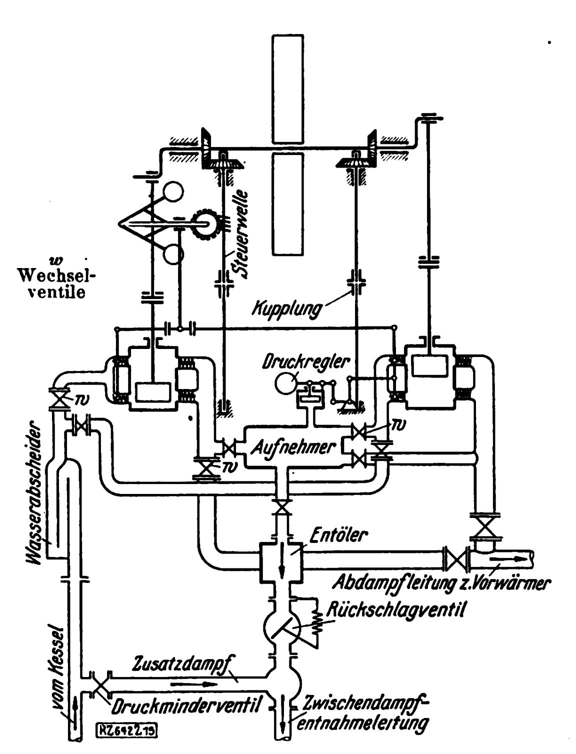


Abb. 16
Zweizylindermaschine von A. Borsig für eine Spinnerei in Ostasien

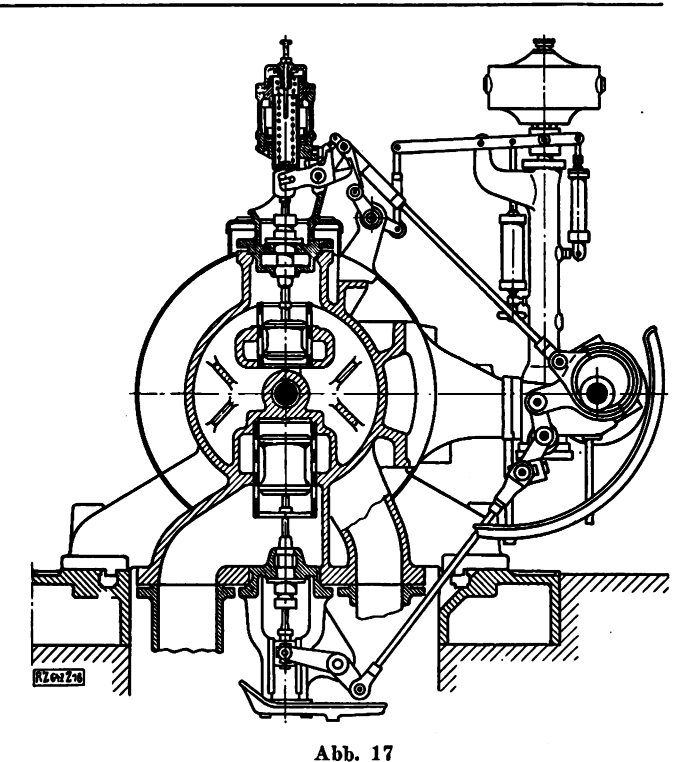


Abb. 17
Liegende Dampfmaschine von Rich. Hartmann, Chemnitz, für 350 Uml./min mit Kerchhove-Kolbenventilen in Verbindung mit Collmann-(Freifall-)Steuerung

von kleinen stehenden Schiebermaschinen absieht, die man als Lichtmaschinen oder zum bequemen Antrieb von Ventilatoren usw. ohne Rücksicht auf die Wirtschaftlichkeit bis zu rd. 700 Uml./min ausgebildet hat. Dem Fernerstehenden scheint es befremdlich, daß man bei leichten Verbrennungsmaschinen, die doch auch Kolbenmaschinen sind, selbst bei Leistungen von vielen Hunderten PS Drehzahlen von 1000 und 2000 Uml./min im Dauerbetrieb zuläßt, während die Kolbendampfmaschine bei Leistungen über 100 PS nur vereinzelt über Drehzahlen von 200 Uml./min hinausgekommen ist.

Die Schwierigkeiten, die sich da in den Weg stellen, sind außerordentlich groß und verschiedener Art. Bei der Verbrennungsmaschine steht für das Ansaugen des Gemisches in den Zylinder ein ganzer Hub zur Verfügung. Die Zubereitung der arbeitsfähigen Ladung erfolgt im Zylinder. Die Dampfmaschine bezieht das fertige Arbeitsmittel aus dem Kessel; dieses muß aber während eines Bruchteils des Hubes in den Zylinder befördert werden. Ist es also schon schwierig, bei üblichen Drehzahlen für die kurze Dauer des Dampfeintritts so viel Querschnitt zu schaffen, daß keine übermäßige Droßlung stattfindet, so wird dies für hohe Drehzahlen fast zur Unmöglichkeit, da die Bolzen und Gestänge der Steuerung den Beschleunigungskräften nicht gewachsen sind, die bei hohen Drehzahlen auftreten. Ähnlich ist es auch bei den Auslaßquerschnitten. Zwar stehen für den Auslaß längere Zeiten zur Verfügung als für den Einlaß, dafür hat aber der Dampf nach der Dehnung ein vielmal größeres spezifisches Volumen.

Dazu kommt die Schwierigkeit, die Massenwirkungen des Triebwerkes zu beherrschen. Die leichte Verbrennungsmaschine ist einfachwirkend. Kolbenstange und Kreuzkopf entfallen. Kolben und Schubstange sind bei Anwendung von Leichtmetallen leicht, die umlaufenden Massen durch Gegengewichte an den Kurbeln, die Wirkungen der hin- und hergehenden Massen durch geeignete Zylinderzahl und Kurbelversetzung innerhalb der Maschine ausgeglichen.

Einfachwirkende Kolbendampfmaschinen hat man dagegen bisher nicht mit Erfolg herstellen können. Das am Kolben entlang in das Kurbelgehäuse übertretende Dampfkendensat vermischt sich mit dem Schmieröl im Kurbelgehäuse, während dieses durch das Triebwerk hochgeschleudert wird und in den Expansionsraum gelangt, wo es den Dampf verunreinigt und beim Rückspeisen Kesselschäden hervorruft. Werden aber doppeltwirkender Kolben und Kreuzkopf beibehalten, so lassen sich die Massen nicht wesentlich verringern, da man wegen der hohen Temperaturen im wärmeisolierten Zylinder — im Gegensatz zu den gekühlten Zylindern der Leichtmotoren — und der damit verbundenen großen Ausdehnungen für Kolben und Kolbenstange keine Leichtmetalle anwenden kann.

Die Sächsische Maschinenfabrik vorm. Rich. Hartmann, Chemnitz, hat trotz dieser Schwierigkeiten eine größere liegende Dampfmaschine für 350 Uml./min betriebsicher und mit hohem Wirkungsgrad durchgebildet[4]). Hierbei kamen die Vorteile der von dieser Fabrik seit 1905 verwandten Kerchhove-Kolbenventile in Verbindung mit der neuen Collmann-(Freifall-)Steuerung, Abb. 17, gut zu statten. Die Ausklinksteuerung übt, auch bei hohen Drehzahlen, nur ganz geringen Rückdruck auf den Regler aus, im Gegensatz zu allen Zwanglauf- und kraftschlüssigen Steuerungen. Anderseits erlaubt gerade das Kolbenventil die Anwendung der Ausklinksteuerung, da es wegen seiner großen Überdeckungen auch bei kleinen Füllungen noch große Hübe ermöglicht. Im Gegensatz zu den Aufsetzventilen, die mit der Geschwindigkeit null öffnen und schließen, gibt das Kolbenventil schnell genügenden Querschnitt frei, da man die Überdeckungen so bemessen kann, daß die Eröffnung gerade bei der größten Ventilgeschwindigkeit beginnt und endet. So erzielt man hier auch bei Drehzahlen von 350 Uml./min noch fast ungedrosselte Diagramme.

Die Massenwirkung der Triebwerkteile, die von der gebräuchlichen Anordnung nur wenig abweichen, wird durch sorgfältige Durchbildung der Druckölschmierung bekämpft. Aus den Versuchen von Polster[5]) geht hervor, daß die Gefährlichkeit der Stöße im Triebwerk, die der Druckwechsel in der Nähe der Totpunkte hervorruft, nicht von der Lage des Druckwechsels, sondern vom Maß des Druckanstiegs abhängt, d. h. von der Drehzahl und von dem Winkel, unter dem die Überdrucklinie die Nulllinie schneidet. Hieraus folgt zunächst, daß sich Gegendruckmaschinen für hohe Drehzahlen besonders gut eignen. Außerdem haben diese Versuche gezeigt, daß bei ange-

[4]) Vergl. „Hochdruckdampf", Berlin 1924, VDI-Verlag, S. 58.
[5]) Forschungsarbeiten, herausgeg. vom V. d. I., Heft Nr. 172/78.



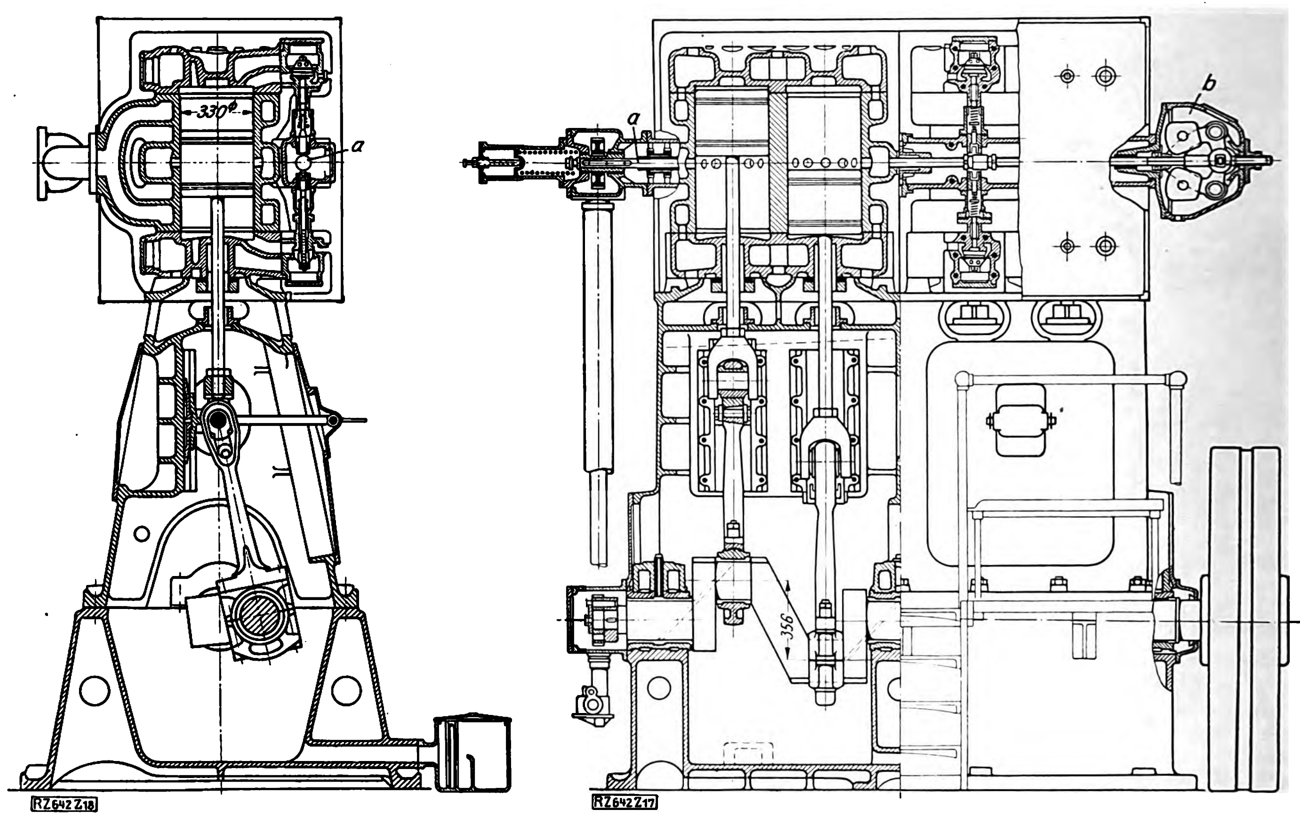


Abb. 18 und 19. Stehende schnellaufende Gleichstrom-Dampfmaschine der Ames-Iron-Works, Oswego N. Y.
a Nockenwelle für die Einlaßsteuerung *b* Achsenregler

messenem Lagerspiel die Druckstöße am Kreuzkopfbolzen und am Kurbelzapfen stark gemildert werden, wenn man genügend zähflüssiges (gekühltes) Öl unter hinreichendem Druck zuführt; als Öldruck an der Lagerstelle hat sich 0,7 at schon als genügend erwiesen. Diese Feststellungen hat man bei der Entwicklung der raschlaufenden Dampfmaschine Bauart Hartmann benutzt. Die verhältnismäßig kleine Maschine hat als mechanischen Wirkungsgrad 95 vH und (bei der ungünstigen Eintrittspannung von 6 at) als thermodynamischen Wirkungsgrad ebenfalls 95 vH ergeben.

Zur Behebung der Dampfeinlaßschwierigkeiten bei hohen Drehzahlen hat Stumpf als Ersatz für das gebräuchliche, oft undichte Doppelsitzventil ein Tellerventil[6]) ausgeführt, das geringere Masse hat und zur Erzielung genügender Durchgangsquerschnitte besonders hoch angehoben wird. Der Antrieb für die Steuerung wird von einer Welle mit doppelter Drehzahl der Maschine abgeleitet.

Eine bemerkenswerte Bauart schnellaufender Dampfmaschinen aus dem amerikanischen Dampfmaschinenbau ist eine stehende vierzylindrige Gleichstrom-Auspuffmaschine, von 500 PS bei 360 Uml./min, Abb. 18 und 19, die die Ames-Iron-Works, Oswego N. Y., in Reihen herstellen. Merkmale dieser Maschine sind: Auspuffbetrieb — im amerikanischen Dampfmaschinenbau tritt immer noch Wirtschaftlichkeit gegenüber Leistungsfähigkeit zurück —, vier Zylinder zum besseren Ausgleich der Massenwirkungen bei 180° Kurbelversetzung (zweite und dritte Kurbel unter 90°), Gleichstromwirkung, also Fortfall der Auslaßsteuerung und die Möglichkeit, reichliche Auslaßquerschnitte unterzubringen. Die Einlaßsteuerung betätigt eine vor den Zylindern liegende Nockenwelle *a*, die ähnlich wie bei Fördermaschinen durch einen Achsenregler *b* axial verschoben wird. Hierdurch werden die hin- und hergehenden Massen der Steuerung auf das äußerste Maß beschränkt.

Das Triebweerk wird mit Drucköl geschmiert. Beachtenswert sind Maßnahmen, die die billige Herstellung ermöglichen sollen: je zwei Zylinder sind in einem Block gegossen, Ventiltaschen und Steuerwellengehäuse sind abschraubbar, die Kurbelwelle ist nur dreimal gelagert. Derartige Maschinen werden fast ausschließlich mit Stromerzeugern gekuppelt. Zur Zeit ist das Werk dabei, die Strömungsenergie des Auspuffdampfes in einer Düse hinter den Auspuffschlitzen und einem gemeinsamen Diffusor in der Auspuffleitung auszunutzen, also den Dampf aus dem Zylinder abzusaugen (Saugauspuff), damit die Drehzahl weiter gesteigert werden kann.

Die weitere Entwicklung der Kolbendampfmaschine wird in hohem Maße davon abhängen, daß es der Werkstofftechnik gelingt, neben hohen Drücken auch Temperaturen über 410 °C zu beherrschen, über die man bis heute noch nicht hinausgehen durfte. Zur weiteren Erhöhung der Drehzahlen fehlen ferner Leichtmetalle, die bei geringem spezifischen Gewicht und hoher Festigkeit auch bei hoher Temperatur geringe Dehnungen aufweisen. Von der Schmiermitteltechnik wird noch ein wohlfeiles Schmieröl erwartet, das bei hohem Verdampfpunkt hohe Überhitzungen und Kolbengeschwindigkeiten über 4 m/s, der heutigen oberen Grenze, erlaubt.

Je besser sich diese Hoffnungen erfüllen, um so mehr wird die Kolbendampfmaschine in ihr ureigenes Gebiet, das Hochdruckgebiet, abwandern und das Niederdruckgebiet mit Abdampfverwertung der Dampfturbine überlassen. Man wird bei Vorschaltmaschinen mit hohem Eintrittsdruck und hohem Gegendruck auf die Verbundwirkung verzichten können, da sie nur im Bereich hoher Überhitzung arbeiten. Hohe Drehzahlen werden Vermehrung der Zylinder zur Erzielung guten Massenausgleichs und hohen Gleichganges bedingen. So werden sich die Kolbendampfmaschinen immer mehr den leichten Verbrennungsmaschinen nähern. Ob es allerdings angängig ist, bei sehr hohen Drehzahlen die Steuerbewegung zwangläufig durch Gestänge auf die Ein- und Auslaßorgane zu übertragen, ist fraglich. Übertragungsmittel, die mit Druckwasser, Drucköl, Dampf oder Druckluft arbeiten, sind in den Ansätzen schon vorhanden und bieten vielleicht einen Ausweg.

Welche Möglichkeiten der Kolbendampfmaschine noch offen stehen, mag man daraus ersehen, daß eine schnelllaufende Höchstdruck-Vorschaltmaschine von den Abmessungen und der Drehzahl der Maschine in Abb. 18 und 19 bei 60 at abs Anfangsdruck und 10 at abs Gegendruck (p_m = 18,7 at) 3500 PS leisten würde. [B 642]

[6]) Z. Bd. 70 (1926) S. 672.

Messung von Arbeitswiderständen und Beanspruchungen

Von Prof. Dr.-Ing. Sachsenberg, Dr.-Ing. Osenberg und cand. ing. Gruner, Dresden

Es wird ein neues Meßgerät beschrieben, das mit Hilfe elektrischer Schwingungen trägheitsfreie Messungen an Werkzeugmaschinen sowie Feststellung von Induktivitätsveränderungen und Lageveränderungen kleinster Art gestattet. An einer Reihe von Beispielen wird die Wirkungsweise erklärt.

Bei der Untersuchung der verschiedensten Beanspruchungen in der Technik, z. B. bei Werkzeugmaschinen, war man bis heute auf verhältnismäßig wenig empfindliche und nicht trägheitsfreie Meßgeräte angewiesen, wie Meßdose, Feder, Hebelwagen u. ä. Auch wenn man auf die feineren Verfahren, z. B. mit dem Oszillographen übergeht, muß man doch träge Vorrichtungen einschalten, soweit es sich nicht um reine Schwingungsvorgänge handelt. Diese Übelstände machten sich auch im Institut für Werkzeugmaschinen-Untersuchungen und Fertigungsverfahren an der Technischen Hochschule zu Dresden bei den verschiedensten Forschungen an Werkzeugmaschinen und Werkzeugen fühlbar, so daß ein Meßgerät gefunden werden mußte, das mehr leistete als die bisherigen und das nach Möglichkeit auch eine Übertragung von der Meßstelle an geschützte Untersuchungsstellen oder in die Hörsäle erlaubte. Man erstrebte ein leicht tragbares mit der zu untersuchenden Stelle nicht fest verbundenes Meß- und Aufnahmegerät; an der Meßstelle sollten nur leicht anzubringende einfache Meßmittel vorhanden sein. Die Eigentümlichkeit der Vorgänge erforderte höchste, regelbare Empfindlichkeit des Aufnahmegeräts. Die Meßdose[1]), die bisher immer benutzt wurde, ist in ihrem Meßbereich beschränkt. Bei dem Gerät sollte der Meßbereich für jede neue Lage leicht und sicher in kurzer Zeit für jeden verlangten Bereich ohne wesentliche Veränderungen einzustellen sein.

Neben diese Aufgaben traten andere, die der Psychologe und Physiologe zu lösen hat und die am besten gelöst werden können, wenn der Meßbereich des Gerätes in weitem Umfang verändert werden kann. So entstand im Zusammenarbeiten der drei Verfasser mit dem Psychologen Dr. Wohlfahrt ein Gerät, das die Bedingungen erfüllt, Abb. 1.

Elektrische Hochfrequenz-Schwingungskreise sind sehr empfindlich gegen kleinste Veränderungen. Ihre Eigenfrequenz ist bestimmt durch ihre Kapazität und Induktivität. Wenn man also den Meßgegenstand mit zwei Kondensatorplatten so verbindet, daß diese infolge der zu untersuchenden Veränderungen einander nähern oder von einander entfernen, so ist die Frequenz eines mit dem Kondensator verbundenen Hochfrequenz-Schwingungskreises abhängig von den Veränderungen des Meßgegenstandes. Man braucht nur die Frequenz des Schwingungskreises aufzuzeichnen, um ein genaues Bild der Vorgänge am Meßgegenstand zu erhalten. Das Gerät zeichnet die Frequenzänderungen als helle und dunkle Streifen auf den lichtempfindlichen Papierbelag einer Trommel, die während ihrer Drehung gleichmäßig in Achsenrichtung verschoben wird. Der Vorteil dieser Anordnung liegt neben der Trägheitslosigkeit auch in der Möglichkeit, die Ordinatengröße der Aufzeichnungen in weitestem Maße zu verändern, also verschiedene Meßbereiche zu benutzen. Dies wird sehr einfach erreicht, indem man entweder den Flächeninhalt der Kondensatorplatten verändert, oder indem man die Platten in größerer oder geringerer Entfernung von einander anordnet.

Aus der Art der Aufzeichnung ergibt sich die Berechnung des Zeitunterschiedes T zweier Aufnahmepunkte eines Schaubildes. Bezeichnet

h den Streifenabstand im Schaubild in mm,
n die Zahl der Trommelumläufe in 1s,
u den Umfang der Trommel in mm,
y_1 und y_2 die Ordinaten der beiden Punkte in mm,
l den Abszissenunterschied in mm,

und setzt man

$$\frac{u}{h} = c_1, \text{ so ist}$$

$$T = \frac{u + y_2 - y_1 + c_1\, l}{u\, n}\ \text{s}.$$

Will man einen Vorgang von t s Dauer über einer Abszissenlänge von a mm aufzeichnen, so muß die Trommel in 1 s

$$n = \frac{a}{h\, t}$$

Umläufe machen.

Für Vorführungszwecke (Hörsäle) werden die Frequenzänderungen durch Überlagerung einer gleichbleibenden Hochfrequenzschwingung hörbar gemacht; die Höhe des entstehenden Schwebungstones richtet sich nach den Veränderungen am Versuchsgegenstand. Auch dieses Verfahren ist höchst empfindlich und unabhängig von der räumlichen Entfernung von Aufnahme- und Beobachtungsort.

Für die Anwendung seien hier einige Beispiele gebracht. Die Messung der drei Druckkräfte am Drehstahl wurde bisher entweder am Meßschlitten[2]) von Losenhausen oder mit getrennten Meßdosen vorgenommen.

Abb. 2 zeigt diese Messung nach dem neuen Verfahren. Der Kondensator ist am Stahl und am Schlitten selbst angebracht, so daß die Schwingungen des Schlittens die Messung nicht beeinträchtigen. Selbstverständlich kann ein Kondensator auch in der zweiten Seitenrichtung angebracht werden, so daß durch abwechselnde Einschaltung des einen oder des anderen Kondensators die zwei Kräfte gleichzeitig in dem Schaubild aufgezeichnet werden, und zwar übereinanderliegend. Der Rückdruck würde im Schlitten selbst durch einen dritten Kondensator, der abwechselnd mit eingeschaltet werden könnte, gleichzeitig gemessen und auf dem gleichen Bildstreifen aufgezeichnet werden.

In Abb. 4 ist die Aufzeichnung der Messung wiedergegeben. Das Schaubild macht zunächst einen unregelmäßigen Eindruck. Dies war aber in diesem Fall beabsichtigt, um möglichst große Veränderungen des Stahldruckes zu zeigen. Die Strecke a zeigt die erste ganz

[1]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 317.

[2]) „Maschinenbau" Bd. 4 (1925) S. 176.

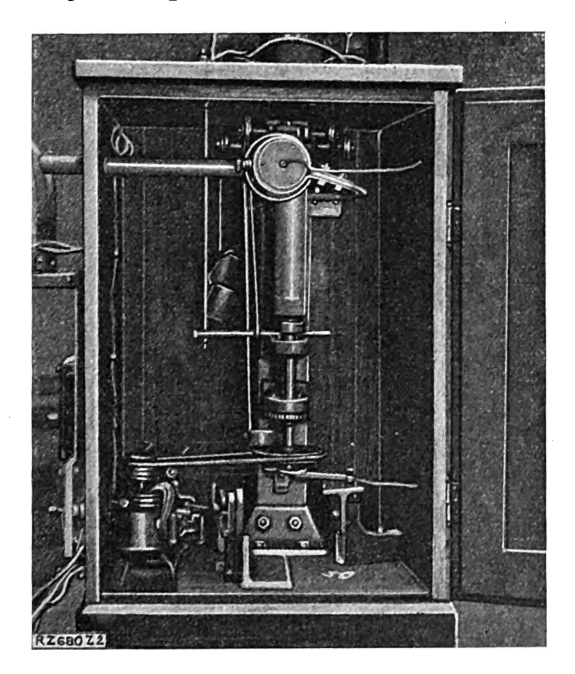


Abb. 1
Meßgerät, geöffnet

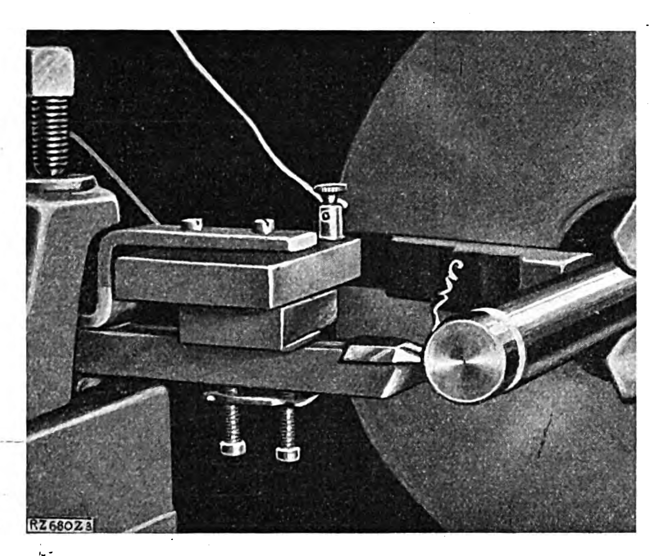


Abb. 2
Einbau des Aufnahmekondensators an der Drehbank

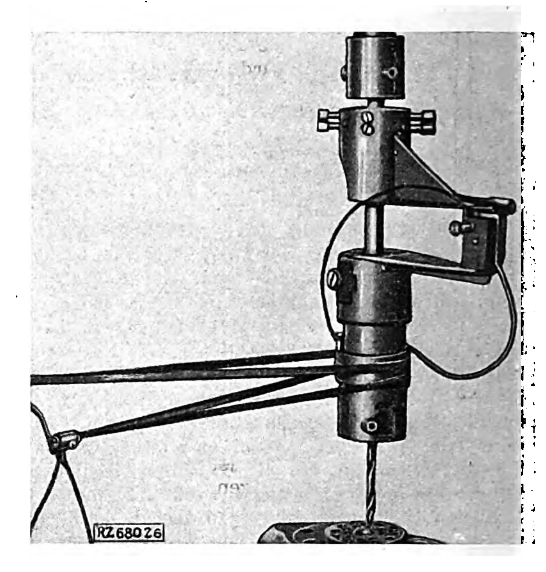


Abb. 5. Einbau des Aufnahmekondensators an dem Torsionstück der Bohrmaschine

leichte Zustellung mit leichtem Einhaken des Stahles, *b* zeigt eine kräftigere, kurze Zustellung, worauf der Stahl zurückgenommen wurde; *c* zeigt eine längere Zustellung etwa gleicher Größe, bei der Schwingungen des Stahles durch Einhaken, das mit dem Auge nicht zu beobachten war, stattgefunden haben. Die Strecke *d* zeigt zweimaliges sehr kurzes Einstechen; *e* zeigt die Beanspruchung des Stahles beim Längsdrehen, ebenso die Strecke *f* bei kurzem Längsdrehen und die Strecke *g* beim Längsdrehen mit geringer Spandicke. Die Zeitdauer der Messung betrug etwa 30 s. Selbstverständlich kann man jede beliebig lange Zeit, bis zu Stunden, auf dem Bildstreifen aufnehmen; dann treten natürlich die ganz kurzen Feinheiten mehr zurück.

Am Hobelstahl wird der Meßkondensator ebenso eingespannt wie beim Drehstahl. Hieraus ist das Schaubild, Abb. 4, entstanden. Das Werkstück war absichtlich schief eingespannt, so daß der Span zunächst dünn war und immer dicker wurde. Außerdem war die Oberfläche nicht eben. Die Hobellänge betrug nur 20 mm; infolgedessen sind die Lichtlinien, die die Beanspruchungen zeigen, sehr schmal geworden. Lichtlinie *a* zeigt die Beanspruchung des Hobelstahles über die Fläche von 20 mm hinweg, und zwar in mehreren Stufen. Man sieht zunächst deutlich das Ansteigen der Beanspruchungen gegen Ende des Hobelganges. Die Lichtlinie *b* zeigt ein Aussetzen des Stahles infolge der Unebenheit der Fläche. Beachtenswert ist die Lichtlinie *c*. Der Hobelstahl setzt bei *c* ein, kommt in ein Loch, der Druck hört auf, setzt bei *c'* wieder ein, und die Beanspruchung steigt höher. Bei *d* und *d'* liegen die Verhältnisse entsprechend, nur ist das Loch nicht mehr vollständig ausgebildet. Bei der Fläche *e* ist mit Absicht eine Person in den Sendekreis hineingetreten und hat die Übertragung gestört. Das zeigt die hohe Empfindlichkeit des Gerätes natürlich auch gegen Störungen. Bei richtiger Verwendung kann man diese Empfindlichkeit jedoch für die verschiedensten Meßzwecke ausnutzen.

Abb. 5 zeigt den Einbau des Meßkondensators in eine Bohrmaschine. Der Bohrer ist in ein Futter eingespannt; zwischen Spindel und Bohrer sitzt ein Verdrehungsstück ähnlich dem Torsionsdynamometer[3]). Die beiden Enden des Dynamometers tragen die beiden Kondensatorenplatten. Bei diesen Messungen sind die beiden Bildstreifen, Abb. 6 und 7, entstanden.

Abb. 6 stellt dar, wie das Gerät für drei Drehmomente geeicht worden ist. Für wissenschaftliche Versuche würde man zweckmäßig die Eichung in mehrere kleine Abschnitte zerlegen.

In Abb. 7 sieht man sehr deutlich das Arbeiten des Bohrers. Links setzt die Bohrspitze ein, geht immer tiefer in das Metall hinein und bohrt auf der rechten Seite des Schaubildes voll. Zum Schluß zeigt sich noch durch Spanversetzung eine Steigerung des Drehmomentes über die Bildhöhe hinaus.

[3]) Vergl. Z. Bd. 68 (1924) S. 830 und Bd. 69 (1925) S. 353.

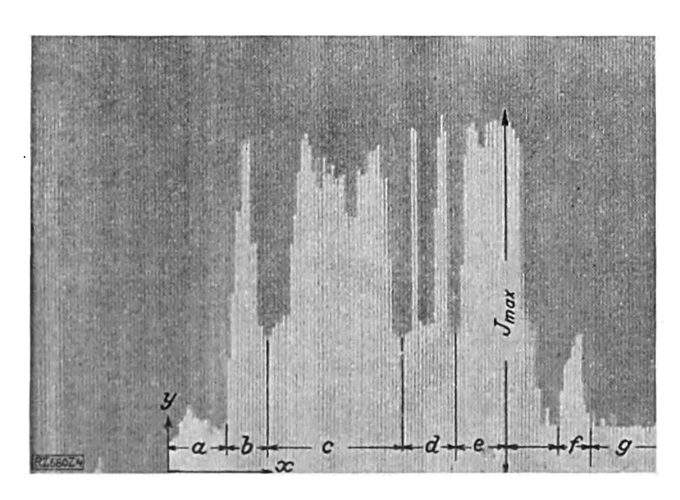


Abb. 3
Messen des Stahldruckes auf der Drehbank

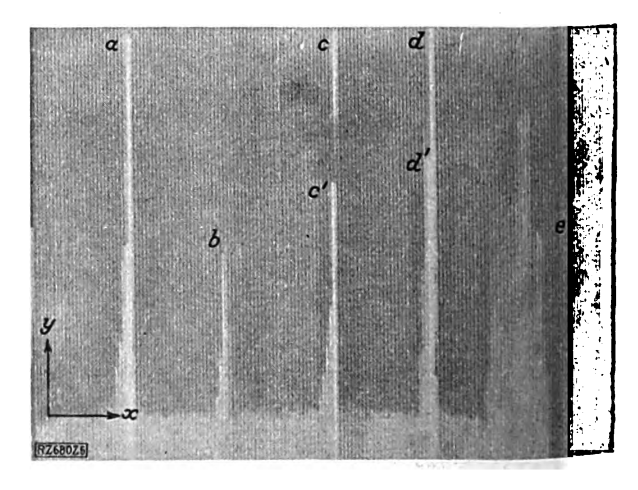


Abb. 4
Messen des Stahldruckes beim Hobeln



Nach Abb. 8 wurde die Durchbiegung eines Trägers gemessen. Hier sind die Ordinatenachsen nach unten gekehrt, weil sich die Kondensatorplatten nicht wie bei den andern Aufnahmen bei zunehmender Belastung voneinander entfernten, sondern näherten. Bei *a* ist eine gleichmäßige, langsam zunehmende Belastung des Balkens, bei *b* eine stoßartige, bei *c* und *d* eine etwas ruckartige Abnahme der Belastung hervorgerufen worden. Die Spitzen sind nicht ganz ausgelaufen, weil die Einstellung den Meßbereich überschritt. Aus der Abbildung sieht man auch, wie man Höhen- und Entfernungsveränderungen verschiedenster Art aufzeichnen kann, je nach Einstellung des Gerätes auf große oder geringe Empfindlichkeit.

An diesen Beispielen, die sich beliebig vermehren lassen, kann man die Verwendbarkeit des neuen Geräts für die verschiedensten Messungen an Werkzeugmaschinen, Brücken usw., zum Auswuchten und dergl. erkennen. Schwerpunktverschiebungen jeder Art bei dynamischen und statischen Auswuchtungen sind leicht festzustellen, ebenso Druckverhältnisse an unzugänglichen Stellen und Messungen an schnell laufenden Maschinen an allen Stellen, die Spannungen ausgesetzt sind.

Der Verwendungsbereich des Gerätes ist aber noch größer; er läßt sich auch auf physiologische Erscheinungen ausdehnen. Die Atmung wird häufig durch einen Gummischlauch, der um die Brust gelegt ist, in Verbindung mit einem Quecksilbermanometer gemessen. Weil bei dem Gerät die Übersetzungsverhältnisse beliebig sind, genügen kleinste Änderungen des Quecksilberspiegels. Abb. 9 zeigt den Vorgang beim Atmen. Bei den Abschnitten *a*, *b*, *d* und *e* wurde gleichmäßig geatmet, bei der Strecke *c* wurde gehustet. Die Aufzeichnungen sind abgerundet, da Manometer und Luftpolster eine gewisse Trägheit besitzen. Will man die Form der Atmung genau feststellen, so muß man die Anordnung Abb. 10 wäh-

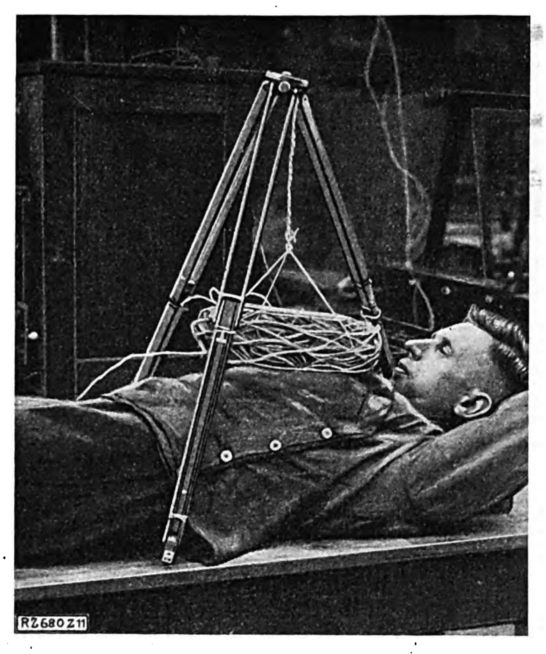


Abb. 10
Trägheitslose Atmungsmessung

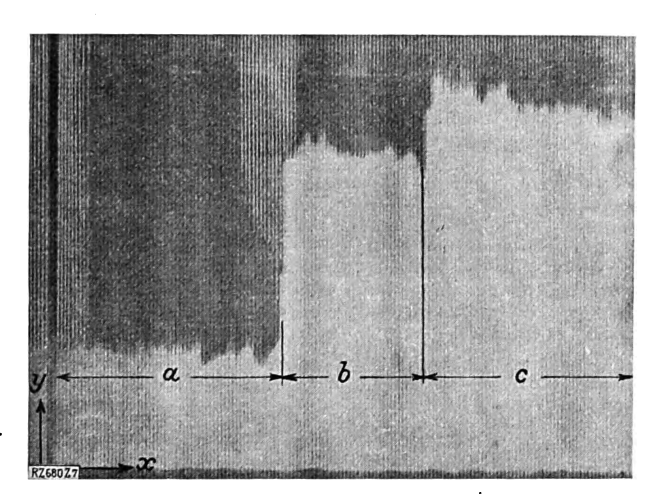


Abb. 6
Eichung des Gerätes an der Bohrmaschine

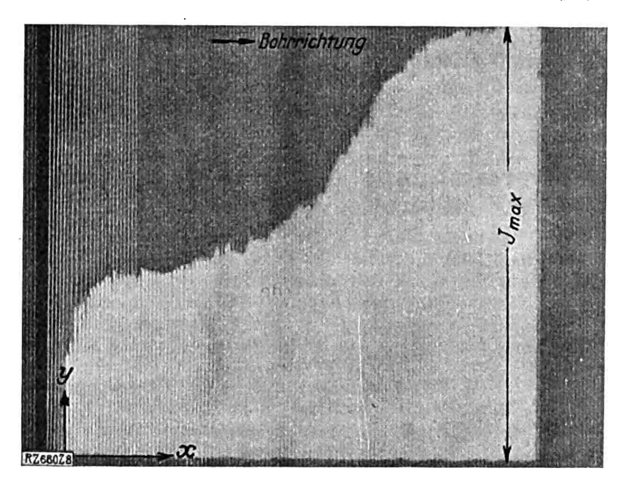


Abb. 7
Messung des Bohrdrehmomentes

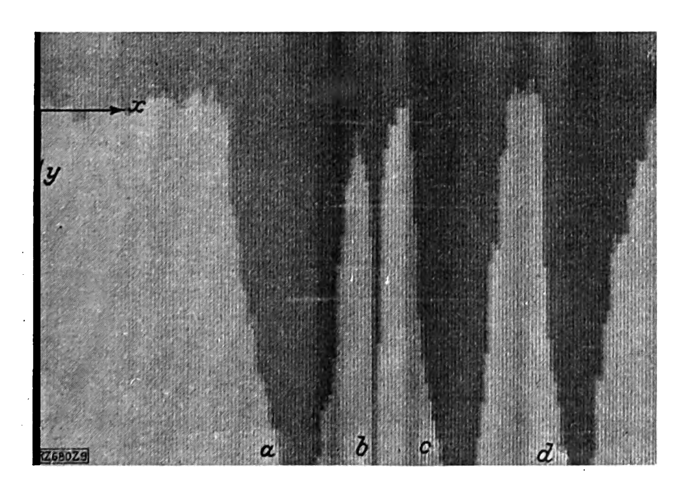


Abb. 8
Durchbiegung eines Trägers

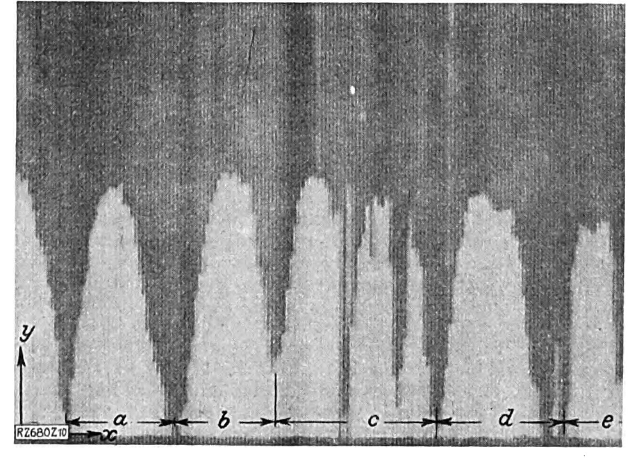


Abb. 9. Schaubild der Atmungsmessung mit Luftschlauch und Manometer



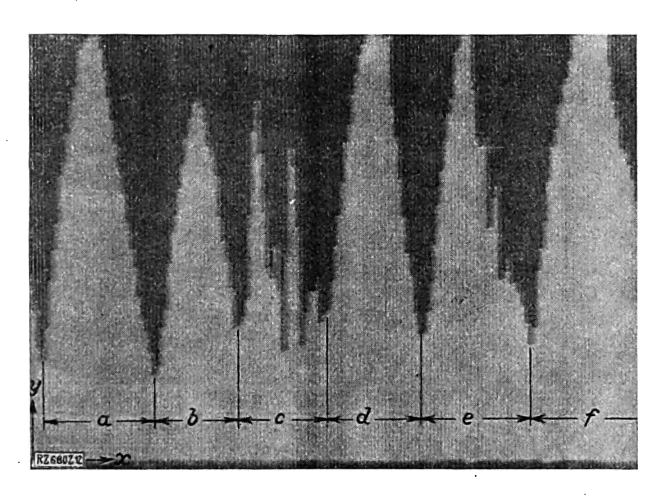


Abb. 11
Schaubild der trägheitslosen Atmungsmessung

len, wobei man die Induktivität einer Spule durch die Annäherung des Brustkorbes beim Atmen verändert. Hieraus ist der Bildstreifen, Abb. 11, entstanden, der scharfe Spitzen zeigt. Die Strecken *a*, *b*, *d* und *f* zeigen regelmäßige Atemzüge, bei *c* ist gehustet und im Abschnitt *e* gesprochen worden.

In Abb. 12 ist die Anbringung des Kondensators auf dem Handgelenk zum Nachweis der Pulskurve dargestellt.

Das Anwendungsgebiet dieses Meßgerätes läßt sich noch beliebig ausdehnen. So könnte man die Stärke von Licht- und Wärmestrahlen durch das Ausweichen berußter Flächen infolge der Reaktionswirkung der Strahlen messen. Der Vorteil des Gerätes liegt besonders darin, daß es im luftverdünnten Raum, in dem diese Wirkung gemessen werden muß, sehr leicht anzubringen ist und daß auch ganz geringe Bewegungen mit beliebiger Vergrößerung trägheitslos übersetzt werden. Auch Schallvorgänge sind sehr leicht zu verfolgen, indem die Erschütterung einer Membran an den verschiedensten Stellen aufgezeichnet wird. Die Änderung der Dielektrizitätskonstanten für Gas- und Flüssigkeitzusammensetzungen und den Gehalt an festen Körpern, wie Kohlenstaub in Gasen, kann man leicht messen und auftragen. Sehr wertvoll verspricht das Gerät auch für die Werkstoffprüfung zu werden, weil mit ihm schon die kleinste Dehnung von Zerreißstäben und ähnliche Bewegungen festzustellen sind. Zur Messung der Ungenauigkeiten ebener Flächen kann das Gerät benutzt werden, indem eine Kondensatorplatte parallel über die Fläche geführt wird. Die Ungenauigkeiten (Erhöhungen und Vertiefungen) verändern den Abstand zwischen der Fläche und der Kondensatorplatte und werden auf dem Bildstreifen aufgezeichnet. Fernübertragung ist bei allen Messungen möglich.

Das neue Meßgerät wird zur Zeit im Versuchsfeld für Werkzeugmaschinen und Werkzeuge an der Technischen Hochschule Dresden weiter entwickelt. [B 680]

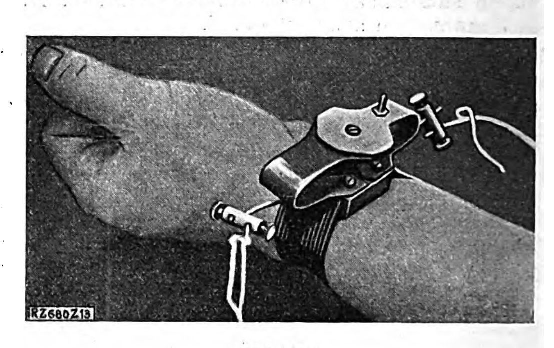


Abb. 12
Pulsmessung

Hauptversammlung des Deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik

Der Deutsche Verband für die Materialprüfungen der Technik hielt am 27. Oktober seine 19. Hauptversammlung im Rahmen der Werkstofftagung in Berlin ab. In der Begrüßungsansprache wies der Vorsitzende, Generaldirektor Dr.-Ing. E. h. Köttgen, auf die gewaltigen Fortschritte hin, die das Materialprüfungswesen in der letzten Zeit gemacht hat, und betonte die Bedeutung der Materialprüfung besonders für die industriellen Betriebe. Die Arbeiten des Verbandes, über die in der Mitgliederversammlung allgemein berichtet wurde, umfassen das gesamte Gebiet der Bau- und Werkstoffprüfung und zeigen, in welch großem Maße die Stoffkunde als Wissenschaft ein unentbehrliches Hilfsmittel der Technik geworden ist.

In Anlehnung an die Aufgaben der Werkstofftagung waren die im wissenschaftlichen Teile der Hauptversammlung gehaltenen Vorträge auf das Gebiet der Metalle abgestellt. Zunächst sprach Prof. Dr.-Ing. Nádai, Göttingen, über die Kinematik der plastischen Formänderungen[1]). An vielen Stellen, besonders in den Werken der metallerzeugenden und -verarbeitenden Industrie, bilden die plastischen Formänderungen der Metalle den Gegenstand eingehender Forschung. Als ein überaus anschauliches Mittel zur Darstellung dieser Formänderungen haben sich die Gleitflächen erwiesen, deren Bildungsgesetze sich bereits weitgehend mit Mitteln der Mechanik voraussagen lassen. Zur Untersuchung der Plastizitätsbedingung diente eine Festigkeitsmaschine, in der Versuchskörper gleichzeitig auf Zug und Verdrehung beansprucht werden konnten. Eine weitere Versuchsanordnung gestattete die Erzeugung von zusammengesetzten Beanspruchungen der Probekörper auf Zug und Innendruck. Zur mathematischen Behandlung des Gleichgewichtzustandes von Massen im plastischen Zustande liegen verschiedene Ansätze vor. Folgende Aufgaben wurden kurz behandelt: das Pressen einer plastischen Masse zwischen zwei harten reibenden Platten, die Biegungsfrage, die Verdrehungsbeanspruchung und Fälle, bei denen ein hoher Druck auf eine kleine Fläche übertragen wird. Zur Unterstützung der theoretischen Ansätze dienten Beobachtungen über die Gleitflächen in plastisch beanspruchten Eisenstücken, von denen eine Anzahl im Lichtbild vorgeführt wurde.

Prof. Dr.-Ing. Ludwik, Wien, behandelte das Thema: „Die Bedeutung des Gleit- und Reißwiderstandes für die Werkstoffprüfung". Dieser Vortrag ist im vollen Wortlaut in Nr. 44 S. 1532 dieser Zeitschrift erschienen.

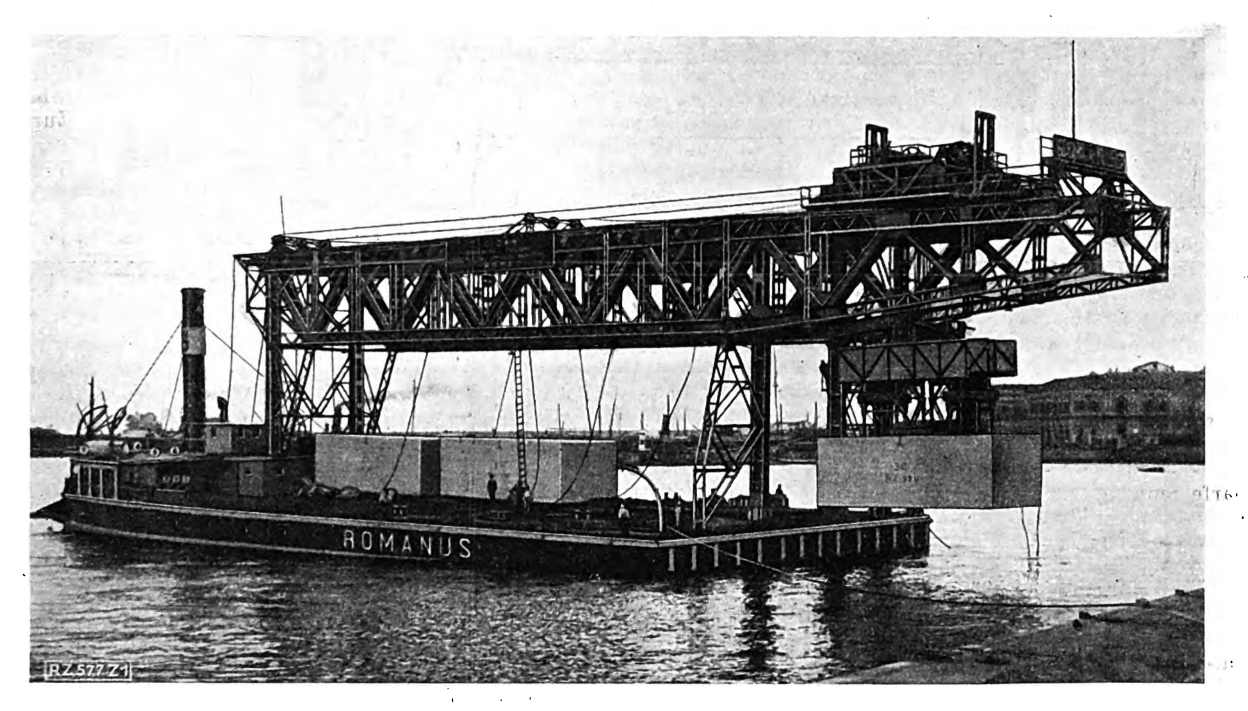
Zum Schluß berichtete Prof. Dr.-Ing. Enßlin, Eßlingen, über die Grundlagen der theoretischen Festigkeitslehre. Seine Ausführungen schließen sich an seinen Aufsatz „Die Festigkeitsaufgaben und ihre Behandlung" in Nr. 43 S. 1486 dieser Zeitschrift an. Schon die scheinbar einfachen Begriffe Elastizität und Streckgrenze, die bei der Festigkeitsrechnung unbedingt gebraucht werden, sind in der letzten Zeit heftig umstritten worden. Hingegen sind auf andern Gebieten der Werkstoffprüfung und -forschung in den letzten Jahren bedeutsame Fortschritte aufzuweisen, z. B. in der Kristall- und Röntgenforschung sowie in der Frage der Dauerfestigkeit.

Zur Aufstellung einer Festigkeitstheorie aus dem Tatbestand des inneren Stoffaufbaues ist es aber bis heute noch nicht gekommen. Die Schwierigkeiten hierbei liegen u. a. darin, daß die Beanspruchungsgrenze, die durch den Versuch festzustellen ist, einerseits den Anforderungen der technischen Praxis entsprechen, anderseits genau festgelegt und einwandfrei durch den Versuch ermittelt sein muß. Die sich hieraus für die Versuchsausführung und die Wahl des Versuchswerkstoffes ergebenden Anforderungen wurden in dem Vortrag besprochen. Es hat sich als besonders dringlich herausgestellt, der Tatsache der Werkstoffehler gegenüber eine klare Stellung zu finden, da mit fehlerhaftem Werkstoff keine Gesetzmäßigkeiten zutage gefördert werden können. Das Ergebnis dieser auch für den Praktiker wichtigen Fragen ist bei Versuchen über die Zug- und Drehstreckgrenze von Stählen verwertet worden, wodurch die Lehrmeinung von der elastischen Arbeit bestätigt wurde, der zufolge der Werkstoff an die Fließgrenze gebracht wird, wenn die elastische Arbeit in 1 cm³ Werkstoff einen dem jeweiligen Werkstoff und seiner Temperatur eigentümlichen Grenzwert erreicht. [N 959] Kr.

[1]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 317.

Molenbau mittels eines 400 t-Schwimmkranes

Entwicklung des Molenbaus — Aufbau der Mole von Bari — Die im Molenbau gebräuchlichen Fördergeräte — Beschreibung des Windwerkes und der Blockaufnahmevorrichtung des 400 t-Schwimmkranes.



Schwimmkran von 400 t Tragkraft, erbaut von der Demag, Aktiengesellschaft, für den Hafen von Bari

Zur Hebung des Osthandels werden in Italien an dem Hafen von Bari bedeutende Umbauten und Erweiterungen vorgenommen. Nach deren Fertigstellung wird der Hafen für etwa 300 Schiffe Liegeplätze an seiner ungefähr 4000 m langen Hafenmauer bieten können, wovon 600 m als Mole frei ins Meer hinausgebaut werden. Die Bauweise der Mole berücksichtigt alle Erfahrungen, die bisher beim Bau und der Unterhaltung derartiger Hafenbauten gemacht worden sind.

Die Entwicklung des Molenbaues ist gekennzeichnet durch die allmähliche Verdrängung der Steinschüttung durch gemauerte Steildämme. Die Böschungen von Molen aus Steinschüttungen flachen sich unter dem Einfluß der Wasserbewegung nicht unwesentlich ab und müssen sehr flach gehalten werden, wenn sie dem Angriff des Wassers überhaupt Widerstand leisten sollen. Die Folge hiervon ist ein ungewöhnlich hoher Aufwand an Baustoff ohne eine befriedigende Sicherheit des Bauwerks. Die Einsicht, daß eine Welle von einer senkrechten Mauer zum größten Teile zurückgeworfen und nur in geringerem Maß gebrochen wird, wodurch die schädliche Stoßkraft zustande kommt, ließ die ursprünglich als Krone den geschütteten Steinmolen aufgesetzten Mauern bei entsprechender Vergrößerung zu dem eigentlichen Molenkörper werden. So besteht die Außenmole von Bari bei einer mittleren Wassertiefe von 17,5 m aus einer etwa 7 m hohen Steinschüttung und aus einer 10,8 m hohen Betonmauer, Abb. 1. Diese Mauerhöhe entspricht ungefähr den höchsten Sturmwellen, die durch die senkrechte Mauer zurückgeworfen werden sollen. Unterhalb dieser Grenzen ist die Bewegung und damit die zerstörende Kraft des Wassers gering, so daß die einfache Steinschüttung widerstandfähig genug ist und dabei noch den Vorteil einer guten Übertragung des Molengewichtes auf den Baugrund unter gleichzeitigem Ausgleich von Unebenheiten bietet. Die für die Hafenseite immer notwendige steile Molenwand, an der auch tiefgehende Seeschiffe anlegen können, ist bis zu genügender Tiefe ohne weiteres vorhanden.

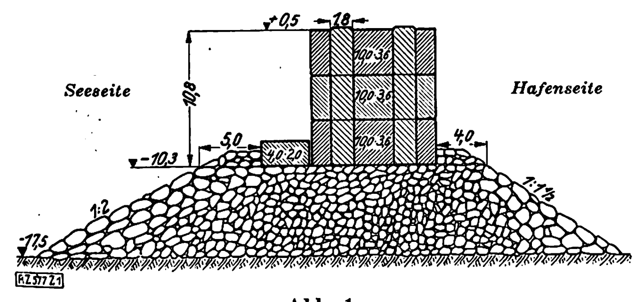


Abb. 1
Querschnitt durch die Außenmole von Bari

Bei der Steinschüttung wird nach der meist üblichen Weise verfahren. Die Steine werden nach der Blockgröße gesondert, damit man für den Kern die kleineren und für die Außenschichten, der besseren Widerstandfähigkeit wegen, die schweren Steine verwenden kann. Da die Schüttung sehr tief liegt, kann auf der Seeseite eine Böschung von 1 : 2 eingehalten werden; die hafenseitige Böschung beträgt 1 : 1,5, so daß bei 23 m oberer Breite etwa 45 m Sohlenbreite erforderlich ist.

Die Betonmauer besteht aus drei Schichten von Betonblöcken, die mit 10 m Länge, 5 m Breite und 3,6 m Höhe und je 380 t Gewicht die größten bisher zu Hafenbauten verwandten Blöcke sind. Um Auswaschungen unter der Mauer zu verhüten, hat man auf einer 9 m breiten seeseitigen Berme 4 m breite Betonblöcke unmittelbar vor die Mauersohle gelegt. Auf beiden Seiten sind am Mauerfuß noch kleinere abschließende Steinschüttungen aufgebracht.

Die Betonblöcke werden am Ufer aus Puzzolanerde und einem tuffigen Kalkstein, die beide in der Nähe natürlich vorkommen, sowie aus Zement mit Sondermaschinen in etwa 6 h hergestellt und müssen bis zur völligen Erhärtung mehrere Monate an der Luft lagern. Die Hauptschwierigkeit bereitet die Beförderung der riesigen Blöcke. Um Beschädigungen hierbei zu vermeiden, muß man darauf achten, daß die Spannungen beim Aufnehmen der Blöcke in zulässigen Grenzen bleiben. Für den Entwurf der Aufnahmevorrichtung wurden 0,6 kg/cm² höchste Zugspannung und 25 kg/cm² höchste Druckspannung vorgeschrieben. Eine Erhöhung dieser Spannungen durch Einbringen einer eisernen Bewehrung verbot sich, nicht

Abb. 3 bis 5
Aufbau des Schwimmkranes für 400 t

nur wegen der erheblichen Vergrößerung der Herstellkosten, sondern auch infolge des Umstandes, daß sie durch die Puzzolanerde doch in verhältnismäßig kurzer Zeit zerstört worden wäre. Im Abstand von 5 m werden zwei annähernd quadratische Schächte von etwa 1,8 m Seitenlänge ausgespart, die unten in 65 cm Höhe um 1 m, also auf 2,8 m, vergrößert wird. In diese Schächte greifen die weiter unten beschriebenen Greiferpratzen ein.

Für die Beförderung der Blöcke vom Herstellungsplatz an Land zur Baustelle und für die Versenkung bestehen im wesentlichen zwei Möglichkeiten, die aber jede für sich die Schaffung eines brauchbaren Arbeitsgerätes bedingt. Einmal kann man die Baustoffe auf Fahrzeugen bis ans Ende des fertigen Teiles der Mole fahren, wo sie dann von einem auf der Mole fahrenden Drehkran aufgenommen und versetzt werden. Der Kran baut auf diese Weise die Mole vor sich auf. Für diesen Zweck werden im allgemeinen drehbare Portalkrane benutzt. Die Verwendung von Portalkranen verbietet sich aber beim Bau der Mole von Bari durch die großen zu befördernden Gewichte, für die die Hebeeinrichtungen auf der Mole schwer unterzubringen sind. In Frage kam nur die zweite Molenbauweise, bei der das Schüttgut und die Blöcke auf dem Wasserwege befördert und sodann an Ort und Stelle auf geeignete Weise versenkt werden. Für diese Bauweise sind früher schon in mannigfacher Weise Vorrichtungen erdacht worden, die heute wegen ihrer Unsicherheit, geringen Tragfähigkeit und Langsamkeit nicht mehr in Frage kommen. Der Schwimmkran mit eigenem Antrieb ist hier das geeignete Mittel, und man findet ihn zahlreich und bis zu den größten Tragfähigkeiten im neuzeitlichen Hafenbau verwendet.

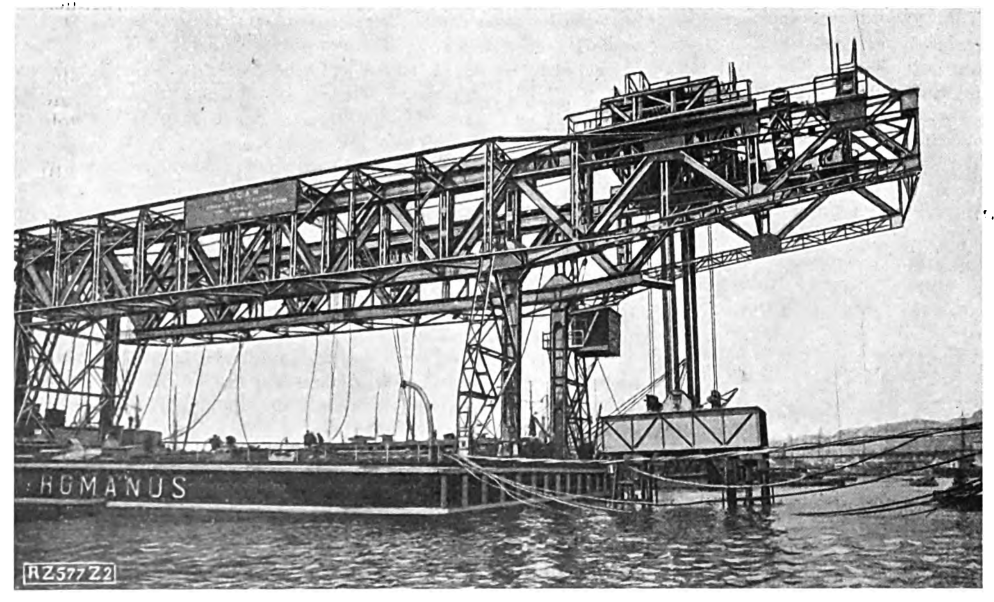


Abb. 2
Ansicht des 400 t-Kranes von der Auslegerseite aus

Aufbau des 400 t-Schwimmkranes

Der Schwimmkran üblicher Bauart, gekennzeichnet durch den hohen schwenk- und wippbaren Ausleger, ist allerdings für vorliegende Arbeit weniger brauchbar. Seine Form entspricht den Anforderungen des Werftbetriebes, der weite Ausladung und außerordentliche Höhe verlangt, wobei die Last beim

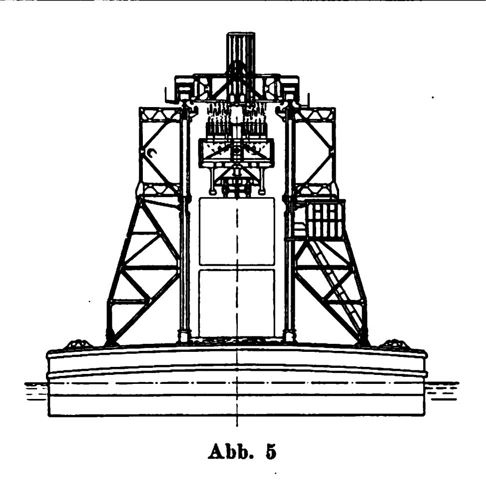


Abb. 5

Verfahren über längere Strecken meist am Lasthaken hängt, so daß ein größerer freier Raum auf dem Kranschiff weniger nötig und deshalb auch nur in beschränktem Umfang vorhanden ist. Bei einem Schwimmkran für Hafenbauten liegen die Verhältnisse gerade umgekehrt. Es wäre sehr zeitraubend, wenn jeder Block einzeln von dem langsamen Schwimmkran zur Baustelle hingeschafft werden müßte. An Deck muß also genügend Platz für mehrere Blöcke sein; hieraus ergibt sich wiederum die Notwendigkeit, in größerem Maße mit den Lasten wagerechte Bewegungen ausführen zu können.

Die gebräuchlichsten Schwimmkrane können dieser Bedingung nur unter Verwendung umständlicher Lenkvorrichtungen genügen, die bislang für schwere Krane nicht ausgeführt worden sind, da bei ihnen größere wagerechte Bewegungen nicht verlangt werden. Aus diesen Erwägungen heraus entstanden die Pläne für das brückenähnliche Krangerüst des 400 t-Schwimmkranes für den Hafen Bari, s. Titelbild S. 1613 und Abb. 2[1]).

Die Stützen lassen sich bei dieser Bauweise zwanglos so anordnen, daß eine große zusammenhängende Deckfläche frei wird, die von der Katze bequem bestrichen werden kann. Da sie nur eine geringe Höhe haben und keine Biegungsmomente aufzunehmen brauchen, fallen sie sehr leicht aus und beanspruchen selbst wenig Raum, so daß die Länge des Kranschiffes kaum durch sie beeinflußt wird. Die Blöcke werden von Land aufs Schiff und umgekehrt zum Versenken über die Bordwand hinaus durch die auf der Brücke fahrende Katze wagerecht befördert. Diese Kranbauart ist nicht neu, schon im Jahre 1903 wurde ein derartiger Schwimmkran für die Schiffswerft Klawitter[2]) in Danzig von der Demag geliefert, doch konnte sich diese Bauweise, wie bereits angeführt, im Werftbetriebe nicht durchsetzen.

Die Spannweite der Brücke von 40 m ergibt sich aus der Forderung, daß drei Blöcke bis zu 12 m Länge hintereinander zwischen den Stützen unterzubringen waren, Abb. 3 bis 5. Der Brückenträger weist in seiner Stabanordnung keine besonderen Merkmale auf und ist als einfacher Gitterträger ausgebildet. Seine Tragfähigkeit von 400 t kommt nur durch die auffallend schwere Ausführung zum Ausdruck. Die vordere Stütze ist als Pendelstütze ausgebildet, die hintere ist mit dem Brückenträger fest verbunden und ruht gelenkig auf dem Schwimmkörper. Man war natürlich bestrebt, die Ausladung des Kranes so weit wie möglich zu beschränken. Immerhin muß die Last 7,7 m über die Pendelstützen hinausgefahren werden, um die Blöcke von der Kaimauer aufnehmen oder hart an der Bordwand vorbei versenken zu können. Die Katze läuft auf dem Obergurt der Brücke; das Gewicht der Nutzlast und der Katze wird durch 16 Rollen auf die Schienen übertragen; je zwei Rollen sind in einem Ausgleichhebel gelagert.

Die Last wird von zwei Flaschenzügen mit je sechs losen und sechs festen Rollen aufgenommen. Die festen Rollen sind in der Laufkatze befestigt, und die beiden unteren Flaschen mit den losen Rollen sind gelenkig mit einem schweren Kasten verbunden, der zum Wagerechthalten der Last dient. Eine gleichmäßige Verteilung der Last auf die beiden Flaschen ist somit gewährleistet.

Am Zwischenträger sind die Greiferpratzen angehängt, die oben von der Katzenplattform aus betätigt werden. Die beiden Hubseile sind mit einem Ende an der Katze angeschlossen, das andre Ende führt über Leitrollen im Krangerüst zu den Windwerken im hinteren Teile des Schwimmkörpers. Die Katze wird mittels Seilzuges verfahren, der beim Ausfahren durch zwei zweisträngige Flaschenzüge vorn an der Katze ausgeübt wird. Die entsprechenden Seile sind vorn an dem Ausleger befestigt, führen über die Rollen an der Katze zurück zu Führungsrollen am Auslegerende und gehen von dort das Brückengerüst entlang über Leitrollen zu den äußeren Katzfahrwinden. Wenn die Katze nach außen fährt, müssen natürlich die Hubseile nachgelassen werden. Das Einziehen der Katze unter Last geschieht durch einfaches Anziehen der Hubseile bei gleichzeitigem Nachlassen der äußeren Katzfahrseile.

Für das Einziehen ohne Last ist am inneren Ende der Katze, ähnlich wie soeben beschrieben, ein zweisträngiger Flaschenzug angebracht. In erster Linie soll dieser Flaschenzug jedoch ein unbedingtes Feststehen der Katze bei Schräglagen des Kranes gewährleisten.

Das Kranschiff ist 60 m lang, 30 m breit, 4,4 m hoch und hat bei Vollast einen Tiefgang von 2,8 m. Es ist durch Längs- und Querschotte ausgesteift. Seine Trimmlage wird außer durch einen festen Ballast von 260 t durch einen Wasserballast von 440 t aufrechterhalten, der durch eine Pumpe von 150 t/h Leistung umgepumpt werden kann. Das Kranschiff wird durch eine Dampfmaschine von 480 PS angetrieben, womit eine Geschwindigkeit bis zu 4 Kn erreicht wird.

Antrieb

Entgegen den ursprünglichen Plänen, die dampfelektrischen Einzelantrieb von Katze und Hubwerk vorsahen, wurde reiner Dampfantrieb eingebaut. Es verbot sich von selbst, die schwere Dampfmaschinenanlage nebst Windwerk oben in dem Krangerüst oder sogar auf der Katze unterzubringen. Man vereinigte vielmehr den gesamten maschinellen Teil im Hinterschiff. Diese Anordnung hat den weiteren Vorteil, daß Antriebmaschine wie Hubmaschine ihren Dampf aus demselben Kessel beziehen können, dessen Benutzungsdauer und damit Wirtschaftlichkeit beträchtlich erhöht wird.

Die Windendampfmaschine, eine Zweizylinder-Auspuffmaschine mit Kulissensteuerung, leistet bei 250 Uml./min und 7 at Dampfdruck etwa 105 PS. Der Dampfverbrauch beträgt 20 kg/PSh; der hohe Verbrauch erklärt sich aus der ungünstigen Arbeitsweise der Maschine, die unter Vollast anfahren muß und bei den dabei notwendigen großen Füllungen nur eine geringe Dampfausnutzung erreicht. Beim Senken der Last wird die Dampfmaschine nicht abgekuppelt, sondern läuft mittels entsprechender Einstellung der Kulisse als Verdichter und bewirkt eine gute Abbremsung. Ein Rückschlagventil an der Dampfzuleitung verhindert hierbei, daß die Druckluft in den Kessel gelangt. Diese entweicht vielmehr über ein Sicherheitsventil nach außen.

Das Windwerk

Neben der Dampfmaschine ruht auf einem kräftigen Rahmen aus Formeisen das Windwerk, Abb. 6 bis 9. Die Last hängt in den beiden Flaschenzügen an 24 Seilsträngen, die bei einem Durchmesser von 51 mm je eine Bruchfestigkeit von rd. 150 t haben. Für jeden Flaschenzug ist eine Winde vorgesehen. Bei etwa 24 m Gesamthub müssen bei 12 facher Flasche 288 m Seil aufgewickelt werden, wozu noch 40 m Seil kommen, wenn die Katze in äußerster Stellung innen steht. Es müssen also auf jeder Trommel rd. 328 m des 51 mm dicken Seiles untergebracht werden. Wollte man das Seil auf einfachen Trommeln in einer Lage aufwickeln, so würden die Trommeln so breit ausfallen, daß ihre Unterbringung in den durch die Längsschotte festgelegten Raum Schwierigkeiten bereiten würde.

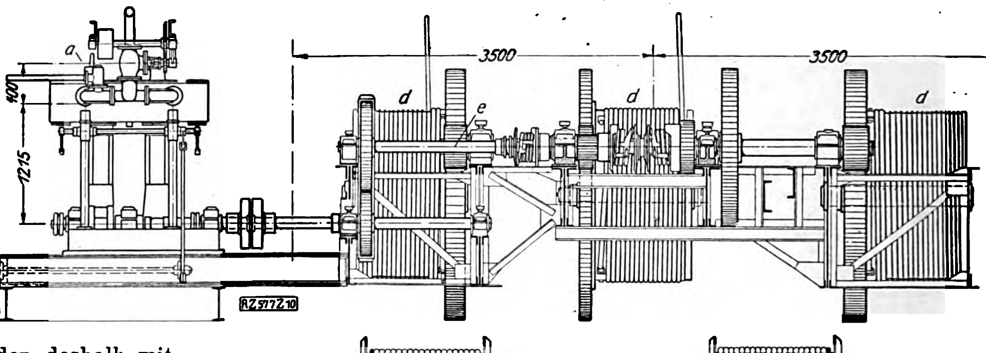
---

[1]) Vergl. a. Z. Bd. 71 (1927) S. 29.

[2]) Pickersgill, Schwimmkran von 60 t Tragfähigkeit, Z. Bd. 49 (1905) S. 1589.

Abb. 8. Antrieb der Katzfahrtrommeln, Schnitt *C-D* in Abb. 7, von rechts gesehen

Abb. 6 bis 9
Windwerk
des 400 t-Kranes



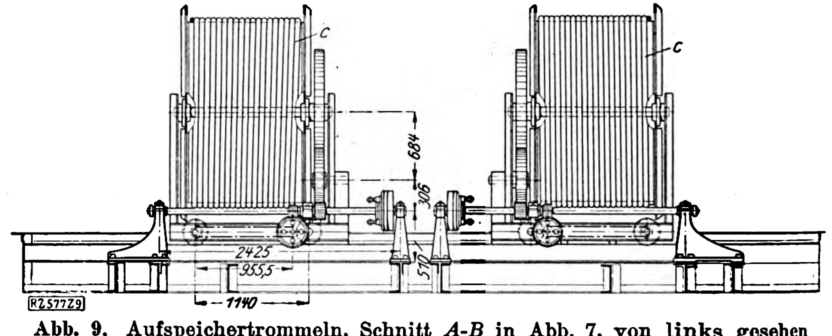


Abb. 9. Aufspeichertrommeln, Schnitt *A-B* in Abb. 7, von links gesehen

Die Hubwinden wurden deshalb mit Doppeltrommeln als sogenannte Spillwinden ausgeführt. Hierbei umschlingt immer die gleiche Anzahl Windungen die beiden Trommeln, da von dem Seil immer gleich viel auf- und abläuft. Durch gleichlaufende, nicht schraubenförmige Rillen wurde außerdem erreicht, daß Auf- und Ablaufstelle ihre Lage nicht ändert. Das ablaufende Seil, das spannungslos ist, kann in mehreren Lagen auf Trommeln annehmbarer Größe untergebracht werden. Diese Aufspeichertrommeln müssen, da das Seil immer von derselben Stelle der Hubtrommeln abläuft, seitlich verschoben werden können, und zwar bei jeder Umdrehung um einen Rillenabstand; diese Seitenbewegungen sowie ihre Drehbewegungen erhalten die Aufpeichertrommeln unmittelbar von den Hubtrommeln durch Kette und Kettenrad, so daß sich der Kranführer um die Speichertrommeln gar nicht zu kümmern braucht.

Die Herabsetzung der hohen Drehzahl der Dampfmaschine wird durch eine vierfache Zahnradübersetzung erreicht. Unter Zwischenschaltung einer festen Kupplung treibt die Dampfmaschine über das erste Zahnradpaar die erste Zwischenwelle, die zwei verschieden große Zahnräder trägt, die durch Federbandkupplungen nach Bedarf mit der Welle verbunden werden können. Eine dritte kleinere Federbandkupplung unterstützt die ihr zunächst liegenden größeren. In diese beiden Zahnräder greift ein weiteres Paar Zahnräder ein, von deren Welle außer der Hubbewegung auch der Antrieb für die Katzfahrtrommeln abgeleitet wird. Es ist klar, daß beim Fahren der Katze die Last nur dann in gleicher Höhe bleibt, wenn Katzfahrseile und Hubseile um gleiche Beträge eingezogen oder nachgelassen werden, d. h. wenn sämtliche Trommeln von einer Stelle aus angetrieben werden. Sämtliche Hubrollen an den Flaschenzügen stehen dabei still, und eine beträchtliche Verminderung des Katzfahrwiderstandes ist dadurch gegeben. Die Fahrbewegung der Katze wird durch Schließen einer Federbandkupplung eingeleitet. Die Hubbewegung wird von der zweiten Zwischenwelle aus durch Zahnräder zu der dritten Zwischenwelle fortgeleitet, von wo aus sich der Antrieb zu den beiden Winden teilt. Ein drittes Räderpaar leitet zu dem Ritzel über, das zwischen den beiden Trommeln der Spillwinden liegt und das mit den unmittelbar an den Trommeln befestigten Zahnrädern die vierte und die letzte Übersetzungsstufe bildet.

Die Katzfahrtrommeln werden von der zweiten Zwischenwelle aus durch zwei Rädervorgelege angetrieben, die beiden äußeren Trommeln sind für das Ausfahren, die mittlere für das Einfahren ohne Last und Festhalten der Katze bei Schräglagen bestimmt.

Beim Heben und Senken mit etwa 0,4 m/min Geschwindigkeit ist immer der kleinere Trieb, d. h. die größere Übersetzung, auf der ersten Vorgelegewelle gekuppelt. Nur für das letzte Stück des Senkens, wenn der Betonblock dicht über seiner endgültigen Lage schwebt, soll mit vierfacher Geschwindigkeit, also rd. 1,6 m/min, auf Wink des Tauchers gesenkt werden können; nur für diesen Fall ist die zweite Übersetzung vorgesehen. Auch beim Katzfahren mit 4,8 m/min wird nur mit der kleineren Übersetzung gefahren. Das auf der zweiten Zwischenwelle sitzende Ritzel für die Katzfahrtrommeln wird zu diesem Zwecke mit der Federbandkupplung eingerückt. Gleichzeitig wird eine Bandbremse gelüftet, die mit dem Ritzel verbunden ist und bei ausgerückter Kupplung unbeabsichtigte Mitnahme des Ritzels verhindern soll; ferner wird zwangläufig mit der Katzfahrkupplung die kleine auf der ersten Vorgelegewelle sitzende Kupplung eingerückt, ohne daß die Hauptkupplung gelöst wird.

Auf der zweiten Zwischenwelle ist die Hubbremse angeordnet; sie ist als Klinkenbremse ausgebildet, deren Bremsband durch Gewichtbelastung dauernd angespannt gehalten wird. Diese Bremse wird nur beim Senken der Last und beim Ausfahren der Katze gelüftet. Die richtige Senkgeschwindigkeit, die im allgemeinen nicht größer ist als die Hubgeschwindigkeit, wird durch entsprechende Steuerung der als Verdichter laufenden Dampfmaschine eingestellt. Beim Senken mit hoher Geschwindigkeit am Schlusse wird auf der ersten Vorgelegewelle das größere Ritzel eingeschaltet, und die Last kann jetzt mit der geforderten vierfachen Geschwindigkeit sinken, ohne daß die Dampfmaschine unzulässig hohe Drehzahlen annimmt.

Das gesamte Wind- und Fahrwerk wird von einem Steuerhaus aus gesteuert, das an der vorderen Stütze angebracht ist, so daß der Kranführer aus unmittelbarer Nähe alle Vorgänge beim Aufnehmen und Versenken der Betonblöcke gut übersehen kann. Mit fünf Handrädern, deren Bewegungen durch Drahtseile zum Windenraum zu den eigentlichen Steuervorrichtungen übertragen werden, beherrscht er die Hub-, Senk- und Katzfahrbewegungen. Die Handräder betätigen die Hubwerkbremse, die Kupplung der Katzfahrtrommeln, die Kupplungen für verschiedene Senkgeschwindigkeit, das Dampfabsperrventil und die Steuerung der Kulisse. Besonders die Betätigung der beiden letzten Steuervorgänge vom entfernten Führerhaus erscheint unsicher, doch traten alle Bedenken gegen die Notwendigkeit zurück, den Kran unmittelbar von der Arbeitstelle aus bedienen zu können.

Greifervorrichtung

Beim Entwurf der Greifervorrichtung für die Betonblöcke war der Gesichtspunkt maßgebend, größte Schonung der Blöcke mit unbedingter Betriebsicherheit zu vereinen. Das Hauptaugenmerk muß den auftretenden Zugspannungen gewidmet werden, die bei unbewehrtem Beton schon in geringem Betrage gefährlich werden können und deshalb auch nur zu 0,6 kg/cm² zugelassen werden. Werden die Blöcke von unten gefaßt, so sind

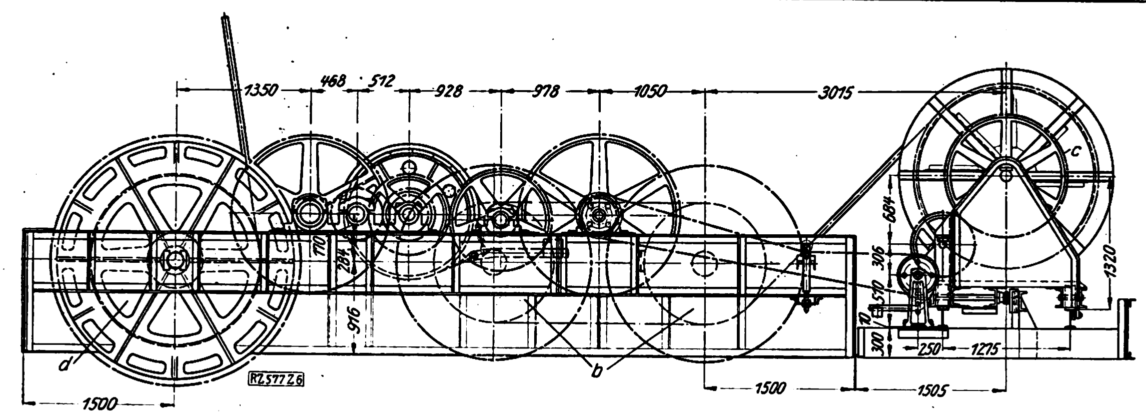


Abb. 6. Schnitt *E-F*

Abb. 7

a Windendampfmaschine
b Doppeltrommeln
c Aufspeichertrommeln
d Katzfahrtrommeln
e erste Zwischenwelle
f zweite „
g Federbandkupplung für Katzfahrwerk
h dritte Zwischenwelle
i Katzfahrbremse
k Hubbremse

unmittelbare Zugbelastungen durch das Blockgewicht vermieden. Da aber die Grundfläche nicht vollständig zum Tragen herangezogen werden kann, vielmehr nur einzelne Flächen beschränkten Umfanges das ganze Blockgewicht aufnehmen müssen, werden Biegungsbeanspruchungen unvermeidlich, und durch geschickte Verteilung ist dafür zu sorgen, daß die Zugspannungen in den vorgeschriebenen Grenzen bleiben. Die höchsten Druckspannungen treten in den Auflegeflächen auf; hier hilft nur eine Vergrößerung vor unzulässiger Beanspruchung.

Diesen Anforderungen genügt am ehesten ein Greifwerkzeug, das durch Schächte hindurch den Block von unten faßt; dieser Gedanke ist schon früher öfter verwirklicht worden, allerdings konnten die Ausführungen der damaligen Zeit in ihrer Unzulänglichkeit nicht als Vorbild dienen, sondern es mußte ein den gewaltigen Kräften entsprechendes neues Gerät geschaffen werden.

Als günstigste Lösung ergab sich die Anordnung von vier beweglichen Tragpratzen für jeden Schacht, die durch gemeinsame Aufhängung und Betätigung zu einem geschlossenen Greifwerkzeug vereinigt sind.

Die Ausbildung der Pratzen mit ihrer äußerst ungünstigen Beanspruchung, besonders da die beschränkten Raumverhältnisse zu sparsamster Bauweise zwangen,

setzte eine zweckmäßige Formgebung der am meisten beanspruchten Teile und einwandfreie Baustoffe voraus. Die Schäfte der Pratzen stehen in gespreiztem Zustand in den Ecken des Schachtes und sind in Richtung der Diagonale schwenkbar.

Diese Anordnung gibt einmal für die Pratzenbewegung den größten Spielraum und weiterhin verteilen sich die Auflegestellen zweckmäßig in zwei Reihen der Länge nach über die Grundfläche des Blockes. Ein leichter Führungsrahmen aus Winkeleisen sichert die richtige Lage der Pratzengruppe in bezug auf den Schacht. Wenn die Pratzen genügend tief in die Schächte eingelassen sind, werden sie schirmartig auseinandergespreizt, so daß sie sich in der unteren Erweiterung unter den Block schieben.

Die Spreizbewegung wird durch kleine Lenkerhebel herbeigeführt, die zu je zweien an den Pratzen angelenkt sind und zu einem gemeinsamen Gleitstück in der Mitte führen; mit diesem können sie auf- und abbewegt werden, wobei sie die Pratzen nach innen oder außen schwenken. Das Gleitstück wird auf einer Stange geführt, die beweglich ist, damit Klemmungen vermieden werden; an dieser Stange ist auch der Führungsrahmen befestigt.

Die Pratzengreifervorrichtung wird von der Plattform der Katze aus betätigt. Zu diesem Zwecke gehen von den Gleitstücken je zwei Zugstangen nach oben, an diese schließen sich Drahtseile an, die über zwei Umlenkrollen führen. Die beiden Seile enden an einem Ausgleichhebel, der in der Mitte eine Rolle trägt. Das um diese Rolle laufende Seil führt unmittelbar zu den Seiltrommeln des Pratzengreifwindwerks oben auf der Katze, durch deren Antrieb Heben und Senken und damit Spreizen und Einziehen der Pratzen ausgeführt wird.

Das Windwerk wird mittels Elektromotors oder beim Ausbleiben des Stromes entsprechend langsamer von Hand angetrieben. Zum Einschalten der jeweils erforderlichen Übersetzung dienen zwei verschiedene Vorgelege im Trommelwindwerk; beide Übersetzungen werden in zwangläufiger Abhängigkeit voneinander eingerückt, wodurch Bedienungsfehler und damit Unglücksfälle ausgeschlossen werden. Wenn die Pratzen nicht bewegt werden sollen, sind die Steuertrommeln, von jedem Antrieb abgekuppelt, frei drehbar; denn die Steuerseile müssen entsprechend den Hubbewegungen des großen Kastens zur Herstellung des Gleichgewichtes der Last auf- und abgewickelt werden. Zu diesem Zweck endigen die Steuerseile nicht an der Trommel, sondern führen nach der notwendigen Anzahl Umschlingungen in ein Gerüst am Ende der Katze. In diesem Gerüst läuft das Seil um einen mehrsträngigen Flaschenzug, dessen lose Rolle ein Gewicht trägt; infolgedessen wird es immer straff gehalten.

Eine besondere Sperrung hält die Pratzen in eingezogenem Zustande fest. Diese Sperrung befindet sich auf dem früher erwähnten Querträger, der in die Steuerseile eingeschaltet ist. Zwei Sperrklinken, die von diesem Querträger beim Hochgehen zur Seite gedrückt werden, schnappen, wenn er genügend hochgezogen ist, durch Gewichtbelastung zusammen und halten die Pratzen fest. Damit der Querträger nicht zu heftig in seine höchste Stellung geht, ist in dem Getriebe der Steuertrommeln eine Rutschkupplung eingeschaltet. Sollen die Pratzen wieder gespreizt werden, so werden die Sperrklinken durch Drehung eines Spillhandrades am Steuerstand auf der Katze zurückgezogen. Das Steuerseil für die Sperrklinken muß ebenso wie die beiden Hauptsteuerseile auf Hubbewegungen folgen können und wird ähnlich durch einen Flaschenzug mit Gewichtbelastung unter Spannung gehalten.

Diese ganze Greifvorrichtung verfehlt natürlich ihren Zweck, wenn nicht alle acht Pratzen gleichmäßig zum Tragen gebracht werden. Dies ist ohne weitgehende Ausgleichvorrichtungen bei den zu erwartenden bedeutenden Abweichungen von den Sollmassen des Blockes unmöglich. Weiterhin ist zu berücksichtigen, daß bei einem Schwimmkran Schräglagen unvermeidlich sind, auch in diesem Falle muß jede einseitige Lastverteilung vermieden werden, weil sonst der Block gefährdet wäre.

Indem man schrittweise je zwei Teile mittels Ausgleichhebel zusammenfaßt, gelangt man in drei Stufen zu den unteren Flaschen des Hubwerks. Zunächst sind je zwei Pratzen an Hebeln gelenkig angeschlossen. Je zwei dieser Hebel vereinigt ein quer darüberliegender Hebel unter Zwischenschaltung von Kreuzgelenken zu einer Pratzengruppe. Dieser Hebel trägt auch die Führungsstange für das Gleitstück. Mit diesem Hebelwerk wird innerhalb einer Pratzengruppe eine vollständig ausgeglichene Lastverteilung über die vier zugehörigen Pratzen erzielt. Zum Ausgleich der Belastung der beiden Pratzengruppen sind diese mit je zwei Laschen gelenkig verbunden, die in dem kastenförmigen Hauptausgleichhebel durch Kreuzgelenk allseitig beweglich gelagert sind. Der Anschluß der Flaschen an dem Hauptträger ist ebenfalls gelenkig, so daß hiermit die Last vollständig ausgeglichen ist.

Abnahmeprüfung

Bemerkenswert sind die Ergebnisse der Abnahmeprüfung. Bei der Durchführung dieser Prüfung wurde mit steigender Last die Katze über die ganze Brücke verfahren und Hubbewegungen von 5 m unter dem Wasser bis 2 m über Deck ausgeführt. Bei der Nennlast von 400 t ergab sich für die ungünstigste Stellung der Last in der Mitte zwischen den Stützen die Durchbiegung des Brückenträgers zu 30 mm. Hierauf wurde die Last auf 452 t gesteigert und sodann für dieselbe Lastverteilung eine Senkung von 39 mm festgestellt. Nachdem die Last in äußerste Bugstellung, d. h. 7,80 m, über die Stütze hinausgefahren worden war, bog sich der Längsträger in der Mitte zwischen den Stützen um 2,5 mm nach oben durch. Der maschinelle Teil der Anlage arbeitete auch bei dieser Last einwandfrei; Beschädigungen an der Eisenkonstruktion und den Nieten traten nicht auf.

Die Entwürfe, Berechnungen und Konstruktionen des Schwimmkranes mit Ausnahme des Pontons wurden von der Demag, Duisburg, ausgearbeitet. Kranschiff und Brückengerüst stellte die Firma Cantieri del Tirreno, früher Societa Esercizio Bacini, Genua, her, die Katze mit Greifvorrichtung sowie das Windwerk die Demag, Duisburg. Bestellerin des Schwimmkrans ist die Firma Sindicato Italiano Costruzioni Appalti Maritimi in Rom.

[B 577]

Vicat-Nadelprüfgerät für Zementprüfung

Bei Zementprüfungen mit dem Vicat-Nadelprüfgerät im Imperial-Institute war beobachtet worden, daß die Prüfer beim Senken des Kolbens von bestimmtem Gewicht in den Zementbrei häufig das Niedergehen des Kolbens vorsichtig verlangsamten, sobald die vorgesehene Eindringtiefe erreicht war. Damit nun der die Nadel tragende Stab unter stets gleichen Bedingungen gesenkt werden kann, rüstete A. T. Faircloth[1]) das übliche Vicat-Nadelprüfgerät mit einer einstellbaren Flüssigkeitsbremse aus, die den Stempel gleichmäßig und sanft durch den Zementbrei fallen läßt und gestattet, die Falltiefe nach Bedarf zu regeln. Die Vorrichtung besteht aus einem Zylinder aus Messing. Dieser enthält einen hohlen, verhältnismäßig langen Kolben, damit die senkrechte Stellung des Stabes bei der Arbeit gesichert ist.

Beim Gebrauche ruht die Kreisscheibe des Vicatschen Prüfgerätes auf dem freien Ende des Kolbens und zwingt das Öl im Zylinder, durch das Rohr und ein Nadelventil nach dem oberen Teile des Kolbens zu fließen. Die Geschwindigkeit, mit der die Nadel oder der Kolben in den Zementbrei eindringt, beobachtet man und regelt den Ölzufluß am Nadelventil. Die Fallgeschwindigkeit ist vom Imperial-Institute so gewählt, daß der Anzeiger des Vicatschen Prüfgerätes bis zum unteren Ende der Skala 5 s für 40 mm braucht, wenn der die Nadel tragende Stab frei läuft, ohne den Zement zu berühren. Geeignete Befestigung eines Messingstückes an dem die Nadel tragenden Rundstabe verhindert die Drehung des Stabes und der Nadel beim Messen und wirkt als Halter für die Ablesevorrichtung. Eine Messingkappe schützt das Öl vor Staub. Das Öl muß frei von Abscheidungen sein und darf nicht zum Entmischen beim Stehen neigen. Eine Schraube am unteren Ende des Zylinders dient dazu, die Stellung des Kolbens mit der Ablesevorrichtung in Übereinstimmung zu bringen. [N 899] M. W. N.

[1]) „Engineering" Bd. 124 (1927) S. 417.



Zur Theorie der Technik

Von Prof. Dr. Karl Dunkmann, Technische Hochschule Berlin

Der Genius der Technik — Die Theorie des Genius — Zwiespalt zwischen Theorie und Praxis — Möglichkeiten zur Erlangung einer Theorie der Technik

Der Genius der Technik

Man braucht keine Theorie der Technik im Kopf zu haben, um ein großer Techniker zu sein. So wenig man eine Theorie der Kunst oder der Politik zur Ausübung der Kunst oder der Politik nötig hat. Je unmittelbarer die Forderungen des Lebens von außen sich an uns herandrängen, je quellfrischer anderseits die Urlaute aus den Tiefen menschlichen Seelenlebens hervorbrechen, um so „grauer" wird, „teurer Freund, alle Theorie".

Man denke den Dichter als Theoretiker, der nach wohlerwogenem Rezept seine Stanzen zurechtstutzt. Man denke die großen Propheten der menschlichen Geschichte als solche, die in berechnender Absicht auf die Masse ihren Seelenbann legen. Sicherlich ist nun der Techniker vom Dichter und Propheten durch eine Kluft getrennt, doch ist dieselbe Kluft schon wesentlich kleiner gegenüber dem Politiker. Sein Reich ist nicht das Reich der Phantasie, sondern das Reich kühl abgewogener Zwecke, und es scheint freilich, als ob in ihm die reine Theorie doch ungleich mehr zu sagen hätte. Allein nicht mit Unrecht reden wir von dem politischen „Genius", und ehren ähnlich den Techniker mit dem Titel des „Ingenieurs".

Auch das Reich der Zwecke wird beherrscht vom Genius, nicht bloß vom kühl abwägenden Verstand. Auch wer am Reißbrett mit Schiene und Zirkel seine Figuren zeichnet, bedarf des unsichtbaren Motors im Zentrum seines Gehirns, das vom „Dämonischen" befruchtet wird. Ein Verstand, der aus sich selbst lebte, ohne den „Willen", der allein den Saum des Schöpfers berührt, leistet nur Mittelmäßiges. Mittelmäßige Köpfe mögen dann auch innerhalb der Technik wie sonst überall Zuflucht zur Theorie suchen, und sie mag ihnen in etwas Ersatz bieten, so wie der Dichterling durch theoretische Anleitung es auch mal zu einem leidlichen Gedicht bringt; aber die Technik selbst ist nicht durch sie ins Leben gerufen.

Gewiß, wir können nicht alle Genien oder Ingenien sein, aber wir sollten alle von dem Hauch seines Geistes berührt sein, sollten alle das Schöpferische, das Neuartige, das Geheimnisvolle unsrer großen Berufsaufgabe erfaßt haben. Alsdann bedürfen wir freilich immer noch der mühsamen Anleitung, der wissenschaftlichen Methodik, der Einführung in die gewaltigen Traditionen technischen Schaffens, kurz einer „Technischen Hochschulung". All dies kann den Genius zwar nicht wecken, aber ihm als sein Handwerkzeug dienen. Aber eine Theorie der Technik selbst — wozu brauchten wir sie? Unsre Hochschule hat sie bekanntlich im „Lehrplan" nicht vorgesehen. Sie setzt den Genius voraus;

die Theorie des Genius

läßt sie beiseite.

Und doch brauchen wir sie, brauchen sie gerade heute in den Tagen des sozialen Widerstreits der großen Berufsgruppen. Mag der große Meister der Technik die Theorie in sich tragen und ihr gemäß dem angeborenen Instinkt folgen, es ist eben seine Größe, die zugleich seine Einseitigkeit ist, wie auf allen andern Gebieten die wahrhaften Führernaturen nur ihre Aufgabe, nur ihren Weg vor sich sehen. Sie kümmern sich um einander nicht, sie kennen einander kaum, und jeder geht seinen Höhenweg für sich.

Die aber ihnen folgen, sehen sich doch gezwungen, auch über die Grenzen ihrer beruflichen Aufgabe hinauszuschauen, da sie viel mehr mitten in der Fülle des Lebens stehen, da das Leben mit seinen wogenden Strömen sie hin und her zerrt. Es ist ein großer Unterschied, ob einer auf einem Gebiete Meister ist und so das Recht hat, sich um andres nicht zu kümmern, oder ob er einem Meister folgt als Schüler und nun mit andern Schülern andrer Meister in den mannigfaltigsten Berufsarten im ganzen sozialen Leben zusammenwirkt.

In jedem Genius liegt etwas sozial Rücksichtsloses, auch im technischen Genius; denn er fragt nicht, „was dabei herauskommt". Wer aber als Techniker eingegliedert ist in ein Ganzes, dem er zu dienen hat, der muß sich notgedrungen die Frage vorlegen, wie sich seine besondere Aufgabe überhaupt mit andern Aufgaben zusammenreimt, wie sich das „Wesen" der Technik mit dem Wesen der Wirtschaft, der Kultur, der Staats- und Sozialpolitik zusammenfinden mag. Oder gibt es hier keine Harmonie der Berufsgruppen, der geistigen Elementarkräfte?

Dann gäbe es auch keine Harmonie geistiger Gesamtanschauung, keine Möglichkeit eines gebildeten, wissenschaftlichen Charakters. Denn alles Innenleben persönlicher Einheit und Ausgegliedertheit ist immer das Spiegelbild der sozialen Struktur, in der wir leben, die uns geistig formt und gestaltet.

Um des Menschen im Techniker willen, um des persönlich nach Vollkommenheit verlangenden Menschen willen, muß es eine Theorie der Technik geben, damit der Techniker nicht geistig verarmt oder sich geistig isoliert oder, schlimmer noch, geistig verkrüppelt. Und mehr noch, um des sozialen Menschen im Techniker willen muß es eine Theorie der Technik geben, damit der Techniker seinen besondern Platz im sozialen Gefüge mit Bewußtsein, mit Charakter und Berufstolz ausübe.

Auf einzelnen Höhepunkten der Geschichte des Genius sehen wir daselbst diesen dem Zwange der Theorie unterliegen. Warum konnte ein Schiller dem Drange nicht ausweichen, sich eine Theorie der Ästhetik im Anschluß an Kant zurechtzulegen, obwohl er ihrer als Dichter wahrlich nicht bedurfte? Warum vermochte der Genius der deutschen Politik am Ende seines Weges demselben Drange nicht zu widerstehen, seinen Meisterweg zu rechtfertigen in seinen „Gedanken und Erinnerungen"? Warum feiern wir Goethe als den größten Meister auf dem Gebiet aller Geisteskultur? Offenbar ist es der starke Zug zur Theorie, der hier den Genius zur Reflexion über sich selber bringt, dem wir daher lauschen wie keinem andern. Und wenn wir in den Tagebüchern und geheimen Niederschriften, allermeist den hinterlassenen Briefen fast aller Meister blättern, immer begegnet uns der Zug zu theoretischer Selbstbesinnung, der eben daher kommt, daß hier der Genius sich selbst Rechenschaft ablegt vor der Welt jenseits seiner Gaben und Aufgaben, vor der großen sozialen Mitwelt.

Es bleibt ungekürzt bei der ersten These, daß nicht die Theorie den Genius macht, aber ich füge jetzt hinzu, daß doch der Genius die Theorie macht und daß wir andern alle nicht bloß von seinem Werk, sondern auch von seiner Theorie leben. Sicher kann uns kein andrer die rechte Theorie über irgendeine Elementarkraft des menschlichen Geistes darbieten, als nur der Meister vom Fach, und wenn er sie selber nicht entwickelt hätte, so wird er uns doch persönlich zum Objekt des Studiums, entnehmen wir aus seinem Lebenswerk die Grundlinien seines Schaffens.

Ohne solche Theorie von der Sache, der wir dienen wollen, tappen wir als Menschen und mehr noch als soziale Menschen im Nebel. Wir finden den Zusammenschluß nicht mit den andern, neben denen und mit denen wir doch zusammenwirken sollen. Der Techniker in einer großen Fabrik wäre wie ein vereinzeltes Rad in einer Maschine, der nichts davon wüßte, was die andern neben ihm und um ihn herum bewegt, was seine Arbeiter unter ihm für ungeheure soziale Nöte und Fragen im Kopf und Herzen hegen, was die Arbeitgeber über ihm als Vertreter schaffender Stände desgleichen tagtäglich zu bewältigen haben und auch was jenseits der Fabrikmauern die Welt der Kultur und Politik in Atem hält. Er muß so gut, wie irgendein andrer „Berufsmensch", vielleicht noch mehr als

alle andern, ein Gesamtbild der „Gesellschaft“ im Kopf haben, da er doch selber ein Glied dieser Gesellschaft ist und nicht nur Techniker. Er sei denn ein ganz großer Genius, der das Recht habe zur Rücksichtslosigkeit. Aber selbst dann — wie oben gezeigt — kommt er nicht los von der Pflicht der Selbstverantwortung.

Wenn daher die Technische Hochschule den Genius der Technik selbst voraussetzt, so mag sie recht daran tun. Aber wenn sie die Theorie der Technik beiseite läßt, so züchtet sie ein Berufsmenschentum, das hernach keinen Zusammenhang im sozialen Leben mehr findet. Denkt man sich dieselbe Einseitigkeit der beruflichen Vorbildung auch bei den andern Berufen, so ist die soziale Zerklüftung die unentrinnbare Folge. Diese Berufsmenschen verstehen einander überhaupt nicht mehr, sie arbeiten nur mechanisch noch nebeneinander.

Zwiespalt zwischen Theorie und Praxis

Blicken wir von hier zur Ergänzung auf die Universität als Ausbildungsstätte der andern gehobenen Berufe, die ebenfalls Führerstellung im Ganzen beanspruchen. Hier liegt der Fall genau umgekehrt. Denn die „alma mater“ pflegt bekanntlich nichts als nur die Theorie der Sache, nicht diese selbst. Sie ist die Hochschule der Theorie. Ein seltsamer, paradoxer Gegenfall! Sie pflegt die Theorie der Religion, nicht diese selbst; die Theorie des Rechts, nicht die Rechtspraxis selbst; die Theorie der Wirtschaft, nicht diese selbst; die Theorie der Geschichte, nicht die politische Praxis der gegenwärtigen Geschichte selbst. Und alle diese Theorien münden in eine besondere Disziplin, die seit alters als die hier gefeiertste gilt, die „Philosophie“, die nichts anderes ist und sein will als eine Theorie aller jener Theorien.

Hier nun fordert die gleiche Verantwortung den Ausgleich nach der entgegengesetzten Seite, der Praxis. Man fordert mehr Praxis, mehr „angewandte“ Geisteswissenschaft und weniger Theorie. Die Mediziner bieten hier ein Vorbild; denn ihre strenge Theorie ist Praxis zugleich und das medizinische Studium ein Beispiel harmonischer Gesamtausbildung. Nur daß freilich auch hier eine Lücke klafft; denn es fehlt doch die soziale Gesamtausbildung, und die berufliche Einseitigkeit ist wie beim Techniker mit Händen zu greifen.

Aber die Medizin ist nur ein Spezialfall der naturwissenschaftlichen Methode an der Universität zum Unterschied von den reinen Geisteswissenschaften. Die gesamten Naturwissenschaften nehmen eine besondere Stellung ein, sie sind nicht auf einseitige Theorie, sie sind auf unmittelbare Induktion und Erfahrungen am Objekt eingestellt. Gewiß sollen und wollen auch sie sämtlich theoretisch gelten, d. h. sie wollen „Wissenschaft“ sein in erster Linie und „Wahrheit“ vom „Irrtum“ unterscheiden. Aber sie suchen diese Wahrheit von unten her, am Objekt selbst, das sie beobachten, an dem sie ihre Experimente treiben, um so „exakte“ Ergebnisse zu erzielen.

Hier stehen sie in schwerem Zwiespalt mit den Geisteswissenschaften an derselben Pflegestätte der Bildung. Hier ist der Kampf zwischen „Natur- und Geisteswissenschaften“ akut und heute ärger denn je zuvor im Gange. Man grenzt sich ab gegen alle Geisteswissenschaft, folgt der Methode der „Kausalitäten“, spezialisiert sich immer mehr, um der unübersehbaren Komplikationen im Reiche der Naturobjekte Herr zu werden. So aber geht heute ein Riß durch alle Universitäten der Welt, und ihn zu heilen ist ihre schwerste, hoffnungslose Aufgabe. Denn es geht um eine einheitliche Weltanschauung mit zweifachem wissenschaftlichem Verfahren. Der Kultus der reinen Theorie steht vor einem Dualismus, an dem er selbst zu zerbrechen droht.

Diese Not der Universitäten ist glücklicherweise nicht die Not der Technischen Hochschulen. Aber dafür leiden diese unter einer andern, nicht weniger bitteren Not. Denn hier fehlt es an aller Theorie über die Sache, die man praktisch auf vorzügliche Weise betreibt. Es fehlt der bewußte Standpunkt, von dem aus der Techniker in die Sozialwelt eingreift. Nicht Weltanschauung bezüglich der Angleichung und Versöhnung von „Natur und Geist“ kommt in Frage, aber Sozialanschauung bezüglich der Angleichung der sozialen Berufsgattungen. Immer bleiben wir hier praktisch gerichtet, doch bedürfen wir dazu der strengen Theorie, die uns den Weg aus einseitiger Praxis herausführt und uns hineinstellt mitten in das bewegte Sozialleben.

Wer dann noch das besondere Bedürfnis hat, sich theoretisch eine „Weltanschauung“ zu bauen, der gehe zur Universität oder studiere ihre wunderreichen Erzeugnisse auf literarischem Wege sonst.

Möglichkeiten zur Erlangung einer Theorie der Technik

Wie nun, auf welchem Wege, kommen wir zu einer Theorie der Technik? Haben wir die Frage recht gestellt, so kann die Antwort nicht mehr zweifelhaft bleiben. Wir bleiben zuerst daheim auf ureigenem Boden, den wir bebauen, und suchen nur von hier aus die Augen weiter schweifen zu lassen oder auch höher zu erheben. Nur aus der unmittelbaren Beschäftigung mit der Technik kann uns das „Wesen“ der Technik begreiflich werden, aber nur im Vergleich mit den anderen beruflichen Ausgliederungen kann dies Wesen der Technik unterschieden und so formuliert werden.

Wie falsch und wie irreführend ist es doch gewesen, was so oft geschah und immer noch geschieht, wenn man etwa vom Wirtschaftswissenschaftler sich die Aufgabe und das Wesen der Technik vorschreiben ließ? Dann hieß es immer, daß die Technik nur die Magd der Wirtschaft und ihr zu dienen berufen sei. Eine selbständige Aufgabe sah der Wirtschaftler natürlich nicht.

Dann war die weitere Folge, daß die Technik für alle Nöte der modernen kapitalistischen Wirtschaft verantwortlich gemacht wurde; denn sie habe die modernen Produktionsmaschinen auf dem Gewissen und mit ihnen die sozialen Krisen der Gegenwart.

Von je haben sich die Vertreter der Technik dagegen mit Recht gewehrt, ohne doch gehört zu werden. Wenn dann neuerdings ein Wirtschaftswissenschaftler vom Range Werner Sombarts der modernen Technik ihr eignes Wesen und ihre eignen Triebkräfte zurückgab, wenn er in ihr die Entfaltung eines besonderen Triebes, des „faustischen Dranges“ erblickte, so hebt damit ein Umschwung in der Bewertung an, der nicht hoch genug zu werten ist.

Sombart freilich gibt damit der Technik die Aufgabe zurück, ihr eignes Wesen nunmehr selbst zu bestimmen: denn seine Formel entbehrt noch der näheren Vertiefung und Begründung. Noch lautet sie zu „mystisch“ und unbestimmt, zumal unter der Idee faustischen Dranges nicht bloß technische, sondern auch geistige Kulturentwicklung zu fassen sein dürfte. Man denke an Faust selber, dessen Urdrang nach Goethe am Ende des Weges eigentlich mit der Technik ein Ende nimmt, durch sie ernüchtert und philistriert erscheint.

Noch weniger nun als der Wirtschaftler wird der universalistische Philosoph der alten Tradition in der Lage sein, den Genius der Technik zu begreifen. Er operiert viel zu sehr mit Allgemeinbegriffen, um die Sache selbst in ihrem Sonderdasein zu fassen. Er ist viel zu sehr Mann der „Weltanschauung“, dem es auf Harmonisierung der Verstandesbegriffe ankommt, auf „Identität von Natur und Geist“, wo es sich doch im Grunde um höchst reale und praktische Dinge handelt, nämlich, wie die Welt nicht nur „begriffen“, sondern gemeinsam „bearbeitet“ wird.

Wohl mag der Philosoph den genialen Blitz im Hirn des Technikers auffangen, ihn ins Licht seiner Vernunft stellen, von hier aus eine „technische Weltanschauung“ konstruieren, aber damit ist dem Techniker im Grunde wenig geholfen; denn er will wissen, wie er praktisch, berufsmäßig im ganzen sozialen Wirken und Gemeinschaftsleben seinen Mann zu stehen hat.

Wenn aber der Allgemeinphilosoph versagen muß, so erst recht der Theoretiker eines andern geistigen Berufzweiges. Kann es dem Techniker genügen, wenn ihm etwa von einer bestimmten sozialwissenschaftlichen Theorie — und sie sind meist alle parteipolitisch bestimmt — seine Aufgabe vorgeschrieben wird, sei es von einer sozialistischen oder von einer bürgerlichen Gesamtanschauung? Kann er sein Erstgeburtsrecht an eine Staats- und Rechtsdisziplin vergeben, die ihm etwa Grenzen vorschriebe, wie



weit er in seinen Konstruktionen und Erfindungen gehen dürfe, um nicht den sozialen und staatlichen Bestand noch mehr zu erschüttern? Oder wäre es anders als mit Lächeln aufzunehmen, wenn wohlmeinende Ethik und gar Theologie sich anmaßte, der Technik Recht und Grenzen festzusetzen?

Sie würden doch allesamt mit der Aufgabe nicht fertig werden und von ihrem Standort aus nur ihre „Postulate" aufsetzen, über die der technische Genius hinwegschreitet. Besser schon, sie schweigen von der Technik, wie sie auch gemeinhin tun und bauen sich ihre soziale Idealwelt ohne Berücksichtigung der Technik, eine Welt also, in der eines der bedeutsamsten Glieder fehlt.

Es muß Aufgabe des Technikers selbst sein, des Mannes, der mitten in der Technik steht und aus ihr heraus arbeitet, oder vielleicht auch dessen, der sich ganz kongenial in sie hineingearbeitet hat und sich doch den Blick für die Sozialgestaltung des Ganzen bewahrt hat. Hier kann dem Techniker aber die moderne Soziologie Beistand leisten; denn sie kann, aber vom technischen Gesichtspunkt aus, ihm eine Theorie der Technik bieten.

Man muß aber davon durchdrungen sein, daß Technik ebenso selbständig, ebenso wertvoll, ebenso machtvoll ist, wie jede andre geistige Arbeit an der Wirklichkeit, die uns umgibt. Man muß davon im Innersten überzeugt sein, daß Technik nichts Sekundäres, nicht etwas geistig Minderwertiges ist, minderwertiger als irgend ein andres, noch so hochgepriesenes Kulturgut der Menschheit. Man muß es aus der Geschichtsforschung wissen, daß Technik zuerst das Feuer vom Himmel herabholte, mit dem die Menschheit ihren Kulturweg begann, und daß dies Feuer weiter brennt und glimmt in allen jenen erhabenen Erfindungen, die das Dasein bereichern und beglücken.

Damit soll aber nicht gesagt sein, als ob Technik allein allen Fortschritt der Zivilisation verursacht, alle Sozialgestaltung entscheidend beeinflußt, selbst die Geisteskultur letzthin freigemacht hätte. Das würde eine „materialistische Geschichtsauffassung" ergeben, die dem Wesen der Technik, als selbständiger Intelligenz, widersprechen würde. Im Fortschritt aber der Geschichte ist das Ineinanderspielen und die Wechselwirkung aller Potenzen: Technik, Kultur, Wirtschaft, Staatsbildung —, entscheidend.

Hat man aber die hohe Bedeutung der Technik begriffen, weil man davon ergriffen wurde, dann gilt es, alle diese Potenzen nunmehr zu einem Gesamtbild sozialen Zusammenlebens zu vereinigen, so daß die Theorie der Technik klar im Ganzen eingebettet liegt. Dann sehen wir den Menschen „arbeiten" in einem Doppelreich: der sozialen Gemeinschaft hier und der umgebenden Natur dort. Dann auch erkennen wir die Doppelaufgabe aller Berufe, auch des Technikers, in beiden Reichen mit beiden Füßen zu stehen und zu wirken.

Seine besondere Aufgabe verweist ihn aber auf die Natur, stellt ihn an die Seite des Naturwissenschaftlers. Hier ist er der Bahnbrecher zuerst, der auch die Wissenschaft von der Natur anregt und anspornt und der sie weiterführt, um immer wieder alle Wissenschaft zu erproben und zu erhärten an der Praxis der Naturbeherrschung selbst. Sofern er alle reine Theorie der Naturwissenschaften in den Dienst der Mitwelt stellt, dabei die Theorie, so gut wie der Mediziner, immer aufs neue befruchtend und von ihr befruchtet, bildet er die lebendige Brücke aus der Naturwissenschaft zur Sozial- und damit zur Geisteswissenschaft.

Der Dienst, den er der Mitmenschheit leistet, leitet ihn an, die tiefsten und wahrsten Bedürfnisse der Gegenwart zu erforschen und so ihr beizustehen in ihren gegenwärtigen Kämpfen und Nöten. Wie klar springt dies Bild der Technik gerade heute vor aller Augen, wo die Wirtschaft vom Techniker mehr als je fordert, die Rationalisierung in die Hand zu nehmen. Wie klar ebenso da, wo die soziale Verwirrung ihn auffordert, dem Menschen im Arbeiter zu dienen, damit er aus der Rolle des bloßen Handlangers an der Maschine erlöst wird.

So bietet die Theorie der Technik vom Standpunkt der Technik ein soziales Gesamtbild der Welt, in der wir alle gemeinsam beruflich wirken, zusammenwirken zum Wohl des Ganzen. Aber eine Theorie der Technik ist Voraussetzung und Grundlage für den Techniker als Mensch, als soziales Wesen, als Berufsträger. Darüber hinaus aber ist sie auch für die geistige und soziale Mitwelt selbst von hohem Wert, da diese es begreifen und lernen muß, was sie an der Technik hat, ehe sie sie hier enthusiastisch feiert oder dort umgekehrt verachtet, weil sie sie nicht versteht. „Es ist für uns aber ein folgenschweres Unglück", sagt A. Riedler mit Recht („Die neue Technik", S. 142), „daß unsere ‚geistigen Führer' und alle Herrschenden die Technik und die Techniker in erniedrigendem Sinne beurteilen." Hier kann aber nur eine Theorie der Technik helfen! [B 908]

Die Hauptaufgabe im Innern unseres Volkes

Von C. Bach, Stuttgart

Die trüben Fluten des Mißtrauens, welche die verschiedenen Schichten unseres Volkes in wachsendem Maße tief- und weitgehend trennten und die bei ungehemmter Fortentwicklung früher oder später zu einer Katastrophe führen würden, veranlaßten mich zwei Jahre vor dem Krieg, also reichlich vor 15 Jahren, beim Württembergischen Goethe-Bund den Antrag auf Erlaß eines Preisausschreibens zu stellen:

„Was hat zur Milderung der Klassengegensätze zu geschehen, welche heute die aufeinander angewiesenen Kreise unseres Volkes weit mehr trennen, als in den natürlichen Verhältnissen begründet ist?"

Die Preisausschreibung wurde von dem 13. Delegiertentag der Deutschen Goethe-Bünde 1913 mit folgender Begründung beschlossen:

„Die Aufgabe der Milderung der Klassengegensätze liegt auf wirtschaftlichem, politischem und rein menschlichem Gebiete. Was bisher zur Lösung angestrebt wurde — sei es durch die Gesetzgebung oder auf dem Wege der Freiwilligkeit —, erfolgte vorzugsweise in wirtschaftlicher und politischer Hinsicht. Hierin dürfte wohl auch ein Hauptgrund dafür zu suchen sein, daß trotz vieler Bemühungen auf wirtschaftlichem und politischem Gebiete die Unzufriedenheit in breiten Schichten unseres Volkes heute weit größer ist als vor Jahrzehnten.

Wir haben uns in Deutschland viel zu sehr daran gewöhnt, die Milderung der Klassengegensätze fast ausschließlich von der Verbesserung der wirtschaftlichen Verhältnisse der Arbeiter und von der Gesetzgebung zu erwarten. Die Zahl derjenigen, welche sich bewußt sind, daß in unserem Volke, das unter der Einwirkung der allgemeinen Schul- und Wehrpflicht groß geworden ist, die Milderung der Klassengegensätze — mit demselben Eifer wie in wirtschaftlicher und politischer Arbeit, sowie im Zusammenhang mit dieser — auch auf dem rein menschlichen Gebiete mit aller Kraft angestrebt werden muß, und daß es sich hierbei um eine allgemeine Kulturaufgabe handelt, erscheint noch gering. Die Erkenntnis der überragenden Wichtigkeit dieser Kulturaufgabe für unsere Nation in weite Kreise zu tragen, ist Zweck des Preisausschreibens.

Die Stellung der Frage: Wie ist es gekommen, daß die zur Führung berufenen, gebildeten Oberschichten unseres Volkes in so weitgehendem Maße die Fühlung mit den anderen Schichten verloren haben, wie es tatsächlich der Fall ist, muß bei gründlicher Bearbeitung auch die Wege erkennen lassen, die einzuschlagen sind.

Es wurden drei Preise ausgesetzt: fünftausend, zweitausend und eintausend Mark."



Die Geldmittel für die Preise zu sammeln, war meine Aufgabe gewesen. Die Arbeiten sollten bis zum 31. Dezember 1914 eingesendet werden. Infolge Ausbruch des Krieges wurde dieser Zeitpunkt hinausgeschoben und schließlich gegen Ende 1918 auf den 30. September 1919 verlegt.

Die Entwicklung der Verhältnisse während des Krieges brachte es mit sich, daß 1917 ein zweites Preisausschreiben erlassen wurde:

„das die Bestrebungen, welche in Oesterreich zu dem behördlichen Schutz des Ingenieurtitels geführt und die nun auch in Deutschland lebhaft eingesetzt haben, nach der positiven und der negativen Seite würdigt. Dabei wird in erster Linie der Einfluß auf die Klassengegensätze ins Auge zu fassen, sodann aber auch eine Klarlegung der Vorteile und der Nachteile zu geben sein, welche für die Allgemeinheit, für die deutsche Industrie und für den Stand der Ingenieure zu erwarten sind, wenn den Bestrebungen auf behördlichen Schutz des Ingenieurtitels in Deutschland stattgegeben werden würde. Die in Betracht kommenden Verhältnisse in den übrigen Industrieländern werden zum Vergleich heranzuziehen sein."

Auch hierfür wurden drei Preise in derselben Höhe ausgesetzt und der Einlieferungstermin auf den 31. Oktober 1918 bestimmt.

Über beide Preisausschreibungen gibt meine kleine Schrift „Milderung der Klassengegensätze", Verlag von Konrad Wittwer in Stuttgart 1919 (40 Seiten), nähere Auskunft.

Da der Termin der Preisaufgabe II früher ablief, so hatte die Beurteilung der hierauf eingegangenen Arbeiten (42 an der Zahl) zuerst zu erfolgen. Über das Ergebnis berichtet das Preisgericht in der Schrift: „Milderung der Klassengegensätze und die Bestrebungen zum Schutze des Ingenieurtitels", Verlag von Konrad Wittwer in Stuttgart 1919. Sie enthält die drei mit Preisen bedachten Arbeiten.

Als der Termin für die erste Preisausschreibung abgelaufen war und das Preisgericht die eingegangenen Arbeiten, deren Zahl über 450 betrug, geprüft haben konnte, war die Zeit der Inflation hereingebrochen, in der sich kein Verleger fand, bereit, die drei besten Arbeiten zu drucken, infolgedessen die Veröffentlichung der Arbeiten freizugeben war. Die mit dem ersten Preise bedachte Arbeit ist später von dem Verfasser in den „Kultur- und Zeitfragen", herausgegeben von Louis Satow, Verlag von Ernst Oldenburg, Leipzig, Heft 7 S. 57 u. f., veröffentlicht worden.

Als Urheber der Preisausschreibung erachte ich mich für verpflichtet, die Aufmerksamkeit aller derjenigen auf die vorgenannten Arbeiten zu lenken, denen das Wohl unseres Volkes am Herzen liegt. Insbesondere hängen auch die Qualitätsleistungen unseres Volkes in hohem Grade davon ab, in welchem Maß es gelingt, die trüben Fluten des Mißtrauens, durch welche die verschiedenen Schichten unseres Volkes heute noch weiter- und tiefergehend getrennt werden als früher, ausreichend zum Zurücksinken zu bringen. In dieser Hinsicht verweise ich auf meine Darlegungen am 23. April 1925 in Karlsruhe. (Vergl. S. 9 und 10 der Niederschrift der IV. Tagung des Allgemeinen Verbandes der Deutschen Dampfkessel-Überwachungs-Vereine am 23. und 24. April 1925 zu Karlsruhe; VDI-Verlag, Berlin.) Die Aufgabe, die hier vorliegt, ist die weitaus wichtigste für die Zukunft unseres Volkes, weshalb sich keiner, dem die Zukunft seines Vaterlandes am Herzen liegt, durch die Tagesgeschäfte abhalten lassen sollte, ihr volle Beachtung zu schenken und in seinem Kreise das zu tun, wozu er als Mensch, als Deutscher verpflichtet ist.

[B 884]

Prüfingenieure für Statik

Der Ausschuß für Prüfingenieure für Statik hat auf Grund eines Erlasses des preußischen Ministers für Volkswohlfahrt vom 3. Dezember 1926 nunmehr zunächst etwa 40 Prüfingenieure gewählt und berufen; eine Wahl von weiteren Prüfingenieuren steht demnächst bevor. Damit ist die statische Prüfung von Bauvorhaben in Preußen teilweise anders als zuvor geregelt. Die Entwicklung und das Wesen der neuen Einrichtungen sei nunmehr zur Aufklärung aller Kreise der Technik nachstehend dargestellt.

Entwicklung

Der Zusammenhang zwischen Technik und Wirtschaft hat an der überlieferten Form und den Mitteln der staatlichen Einrichtungen manches geändert. So sind die Betriebsverwaltungen staatlicher und städtischer Unternehmungen selbständige wirtschaftliche Verwaltungen geworden. Auch auf dem Gebiete der Polizei ist es nichts Neues, die Bevormundung der Wirtschaft, z. B. in der Dampfkesselüberwachung und hinsichtlich der Sicherheit der Starkstromanlagen, aus fachlichen Gründen durch private Einrichtungen mit behördlichen Befugnissen zu ersetzen.

Die Erfahrungen in England und Amerika, wo schwierige baupolizeiliche Bauaufgaben dem im freien Beruf tätigen Bauingenieur vorbehalten sind, haben mich veranlaßt, 1910 in dieser Zeitschrift[1]) die Forderung zu stellen, auch in Deutschland die schwierige Prüfung der statischen Berechnung und der Konstruktion sowie die Überwachung der Ausführung von Amts wegen geeigneten Zivilingenieuren zu übertragen. Dies habe ich 1912 in der Hauptversammlung des V. d. I. in Stuttgart eingehend begründet[2]). Aber der Staat verhielt sich zunächst ablehnend, obrigkeitliche Aufgaben zugunsten von privaten Fachleuten abzutreten. Das ist jetzt anders geworden.

Es ist das Verdienst des bisherigen Leiters der Preußischen Zentralstelle der Baupolizei im Wohlfahrtsministerium, des Ministerialrates Geheimrat Dr. Friedrich, eines vornehmlich im Baupolizeiwesen emporgewachsenen Bauingenieurs, die Einrichtung der Prüfingenieure für Statik 1923 dadurch ins Leben gerufen zu haben, daß der Minister einen gemeinsamen Ausschuß der technisch-wissenschaftlichen Verbände einberufen hat, um die Grundlagen der neuen Einrichtung mit ihm zu beraten. Die bauindustriell eingestellten Verbände waren anfangs dagegen. Das Ministerium selbst mußte erst darauf hinweisen, daß in England und Amerika beratende Ingenieure bei allen großen und wichtigen Bauten zugezogen würden, um die statischen Berechnungen zu prüfen und den Bau zu überwachen. Schon in der Einleitung des grundlegenden Entwurfs ist gesagt, daß Bauherren oder ihre Beauftragten schon mit der Vorlage des Bauentwurfs an die Baupolizeibehörde eine vom Prüfingenieur geprüfte statische Berechnung vorlegen könnten, um die Prüfung der statischen Berechnung für baupolizeiliche Zwecke zu vereinfachen und zu beschleunigen.

Hierin ist der wesentliche Inhalt der Neueinrichtung dargelegt, vor allem, daß man dadurch erheblich an Zeit gewinnt, daß man während der Ausarbeitung des Entwurfes und der statischen Unterlagen den Prüfingenieur heranziehen könne, bevor die baupolizeilichen Eingaben fertiggestellt sind, und daß gleichzeitig mit dem Entwurf schon die vorgeprüfte statische Berechnung der Baupolizei vorgelegt werden kann.

Früher vergingen häufig viele Wochen, bis die statischen Berechnungen in die Hände des maßgebenden Prüfers gelangten, so daß über dem Unternehmen Ungewißheit schwebte, ob die beabsichtigten Konstruktionen, wenn sie etwas von dem Landläufigen abwichen, überhaupt genehmigt werden würden. Durch den Prüfingenieur kann sich der Bauunternehmer schon während des Konstruierens ungefähr vergewissern, daß er das Bauvorhaben in der beabsichtigten Weise ausführen kann, und daß sich die Kalkulation auf sicherer Grundlage befindet, was doch für die Bauindustrie von allergrößter Wichtigkeit ist. Ferner bietet sich durch die Prüfingenieure die Sicherheit, daß bei der Überwachung des Baues wichtige Änderungen sofort ohne Verzögerung konstruktiv klargestellt und geprüft werden können, was bislang mindestens viel Schreiberei, Ungewißheit und letzten Endes behördliche Nachgiebigkeit mit sich brachte. Die Vermeidung dieser Übelstände ist aber ein Vorzug, den jeder würdigen muß, der die Baupraxis in dieser Hinsicht kennen gelernt hat.

Die Aufgaben der Prüfingenieure

Der Erlaß vom 3. Dezember 1926 nebst einer Anweisung für die statische Prüfung durch die Prüfingenieure ist also das Ergebnis langjähriger Bemühungen und ein Ausgleich widerstrebender Interessen. Zunächst nimmt der Erlaß Rücksicht auf die bestehenden Einrichtungen, nämlich auf die von einzelnen Gemeinden eingerichteten statischen Dienststellen, die durch die Neueinrichtung nicht beiseite geschoben werden können, um so mehr, als sie sich

[1]) Z. Bd. 54 (1910) S. 1324.
[2]) Z. Bd. 56 (1912) S. 1232.

zur Übernahme von Prüfungen statischer Berechnungen bei ihrer mit ministerieller Genehmigung geschaffenen Einrichtung bereit erklärt haben. Deshalb können Entwürfe an die Baupolizeibehörden mit einer vom Prüfingenieur geprüften statischen Berechnung nur unter der Voraussetzung vorgelegt werden, daß die betreffenden Stadtgemeinden, die solche statischen Ämter eingerichtet haben, damit einverstanden sind.

Eine weitere Einschränkung ist darin zu sehen, daß durch Prüfingenieure geprüfte statische Berechnungen von der Baupolizei selbst oder durch die genannten statischen Dienststellen nachgeprüft werden sollen. Diese Nachprüfung erstreckt sich nur darauf, daß die amtlichen Bestimmungen beachtet sind, daß die Rechnungs- und Prüfverfahren den anerkannten Regeln der Statik entsprechen, daß die statischen Berechnungen mit den Ausführungszeichnungen übereinstimmen und daß auch alle in Betracht kommenden Bauteile statisch untersucht sind, also auf Stichproben in der Rechnung. Erhebliche Unzulänglichkeiten sollen der Aufsichtsbehörde bekanntgegeben werden, damit sie gegen den Prüfingenieur vorgehen kann.

Dagegen können ohne weiteres bei Bauanträgen für die nach den Paragraphen 16 u. f. der Reichsgewerbeordnung genehmigungspflichtigen gewerblichen Anlagen sowie bei Bauanträgen, für welche die Baugenehmigung durch staatliche Organe (Landräte, Distriktkommissare, Kreis- und Stadtausschüsse) erteilt wird, den Bauvorlagen an die Baupolizei die vom Prüfingenieur geprüften statischen Berechnungen beigegeben werden. Diese müssen allerdings von den zuständigen Bauämtern und statischen Dienststellen „nachgeprüft" werden. Die Genehmigungspflicht gewerblicher Anlagen betrifft allerdings nur solche Anlagen, die infolge der örtlichen Lage oder der Beschaffenheit der Betriebstätten erhebliche Nachteile, Gefahren oder Belästigungen für das Publikum herbeiführen können. Die Prüfung in baupolizeilicher Hinsicht ist mit dem Genehmigungsverfahren verbunden, aber wie gesagt, hierfür ist die vorherige Prüfung der statischen Berechnungen durch Prüfingenieure ohne weiteres zulässig. Somit ist also den Prüfingenieuren schon ein gewisses Betätigungsfeld eingeräumt.

Ausschuß für Prüfingenieure

Zur Auswahl geeigneter Ingenieure für die Prüfung statischer Berechnungen ist nach der ministeriellen Anweisung ein „Ausschuß für Prüfingenieure für Statik" — API — gebildet, der aus je einem stimmberechtigten Vertreter nachstehender Körperschaften besteht:

Verein deutscher Ingenieure,
Verband deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine,
Deutsche Gesellschaft für Bauingenieurwesen,
Bund Deutscher Architekten,
Deutscher Beton-Verein,
Deutscher Eisenbau-Verband,
Verein Beratender Ingenieure,
Bund Deutscher Zivilingenieure,
Deutscher Holzbau-Verein,
Verband Deutscher Diplom-Ingenieure.

Außerdem gehört dem Ausschuß ein Vertreter des Ministeriums für Volkswohlfahrt als Staatskommissar an.

Dieser Ausschuß entscheidet über die Bewerbungsgesuche sowie über die Streichung von Prüfingenieuren aus der beim Ministerium geführten Liste. Die Berufung erfolgte je für Eisenbau, Betonbau oder Holzbau, oder für mehrere dieser Fächer. Die Berufenen erhalten die Bezeichnung „Prüfingenieure für Statik". Der Beschluß über die Zulassung der Prüfingenieure muß einstimmig sein. Als Prüfingenieure können nur fachlich anerkannte Bauingenieure berufen werden, die mindestens 10 Jahre lang statische Berechnungen für baupolizeiliche Zwecke angefertigt und geprüft haben und mit der Praxis in Fühlung stehen. Lehnt der Ausschuß eine Bewerbung ab, so steht es dem Bewerber frei, sich nach Jahresfrist aufs neue zu melden.

Den Bauherrn und den Bauunternehmern steht die Auswahl unter den Prüfingenieuren völlig frei, nur dürfen diese nicht den Entwurf aufgestellt oder an ihm mitgewirkt haben. Der Prüfingenieur hat seine Aufgabe unter strengster sachlicher und moralischer Pflichterfüllung im Sinn eines öffentlichen Amtes durchzuführen. Der Ausschuß für Prüfingenieure hat sich nach dem Ministerialerlaß eine Geschäftsordnung gegeben. Prüfingenieure selbst gehören dem Ausschuß nicht an, dessen Tätigkeit natürlich durchaus ehrenamtlicher Art ist. Zur Erledigung der laufenden Geschäfte ist ein Schriftführer gewählt, für den der Verein deutscher Ingenieure einen Bauingenieur seiner Geschäftstelle kostenlos zur Verfügung gestellt hat. Die übrigen Sachkosten trägt vorläufig das Ministerium für Volkswohlfahrt.

Pflichten der Prüfingenieure

Die gewählten Prüfingenieure haben sich bereit erklärt, die Prüfung statischer Berechnungen auf eigene Verantwortung zu übernehmen und, falls verlangt, die Beachtung und Durchführung der statischen Berechnung bei der Bauausführung zu überwachen. Sie sind in bezug auf ihre Tätigkeit als Prüfingenieure sowohl in sachlicher als auch in moralischer Beziehung dem Urteil des Ausschusses für Prüfingenieure unterworfen und haben diesem auf Erfordern Rechenschaft abzulegen.

Der Ausschuß ist berechtigt, einen Prüfingenieur aus der Liste zu streichen. Der Prüfingenieur hat sich verpflichtet, alles zu tun, was in seinen Kräften steht, um der Neueinrichtung zu Ansehen und Achtung zu verhelfen.

Der Prüfingenieur darf sich nicht in reklamehafter Art anpreisen oder sich öffentlich um Aufträge bewerben und muß im Interesse der Standeswürde eine entsprechende Zurückhaltung bewahren.

Kosten der Prüfung

Die Vergütung ist nach den staatlichen und kommunalen Gebührenordnungen für Prüfung von statischen Berechnungen geregelt, und zwar erhält der Vorprüfer ⅔ der bisherigen Gesamtgebühren. Im allgemeinen sollen die Kosten nicht höher werden als bei den Prüfungen in der bisherigen Weise. [N 916]

Berlin Dr.-Ing. E. h. Karl Bernhard

Steuerung von Elektronenströmen in Quecksilberdampfentladungen[1]

Bei den gewöhnlichen Glühkathodenröhren, wie sie als Verstärker- und Senderöhren in der drahtlosen Telegraphie weitgehend verwendet werden, sind hohe Leistungen nur durch die Verwendung hoher Spannungen (1500 bis 6000 V) zu erzielen, da die negative Raumladung der Elektronen den von der Kathode kommenden Elektronenstrom begrenzt. Das wird bei der neuen Röhre, die ich im Forschungslaboratorium Siemensstadt der Siemenswerke entwickelt habe, vermieden. Bei dieser wird ein Quecksilberdampf-Lichtbogen im luftleeren Raum benutzt.

In einem Quecksilberdampf-Vakuumlichtbogen enthält die Leitungsbahn sehr viele Elektronen, aber auch positive Quecksilberionen. Brennt der Lichtbogen durch eine Metallsonde hindurch, die eine Spannung gegenüber der Lichtbogenkathode hat, so tritt ein Ionen- und Elektronenstrom zur Sonde hin auf. Durch Aufteilung der Zylindersonde in ein Metallgitter und einen konzentrischen Anodenzylinder kann man die beiden Ströme trennen. Der Abstand zwischen Metallgitter und Anodenzylinder beträgt nur wenige Millimeter. Durch eine vollständige Abtrennung des Steuerraumes, der von dem Gitter und der Anode begrenzt wird, vom Raume der Lichtbogenentladung mittels gut passender Glasröhren, ferner durch geeignete Wahl der Gitterkonstanten (Drahtdicke und Maschenweite) und durch Kühlung der Kathode und des Raumes darüber gelingt die Trennung der Ionen- und Elektronenströme. Der Anodenstrom erreicht bei 220 V Anodenspannung Beträge bis zu 5 A. Diese Elektronenströme sind bei gleichen Spannungen rd. 100mal so groß wie der der hochwertigsten bekannten Glühkathodenröhren. Etwa ebensoviel größer ist auch die Steilheit, die Beträge von 500 mA/V erreicht. Der Durchgriff beträgt etwa 10 vH, so daß die Gütezahl der neuen Steuerröhre etwa 5000 beträgt. Bei der neuen Telefunkenröhre RE 134 beträgt diese Zahl nur 20. Die Röhre hat einen inneren Widerstand von rd. 70 Ω. Für besondre Zwecke, wo bei niedrigen Anodenspannungen hohe Leistungen verlangt werden, ist sie vorzuziehen. Sie ist wegen ihres geringen inneren Widerstandes vor allem für Maschinensteuerungen geeignet.

Berlin-Siemensstadt [N 902] Dr. E. Lübcke.

[1] Auszug aus einem Vortrag auf dem Deutschen Physikertag in Bad Kissingen am 19. September 1927.

RUNDSCHAU

Wissenschaftliche Tagungen

Metallkunde und Technik

Die 9. Hauptversammlung der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde wurde im Rahmen der Werkstofftagung am 25. und 26. Oktober in Berlin abgehalten. Sie vereinte eine außerordentlich große Zahl bewährter Wissenschaftler und Fachgenossen und bot durch ihre Verhandlungen ein bemerkenswertes Bild der Strömungen, die nicht nur dem Metallfachmann, sondern auch dem Maschinen- und Bauingenieur neue Wege weisen. Als Ehrengäste waren u. a. erschienen der Präsident der Notgemeinschaft Deutscher Wissenschaft, Exz. Dr. F. Schmidt-Ott, der Vizepräsident des Institute of Metals, London, Dr. Hutton, Vertreter der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaften, der Staatlichen Materialprüfungsämter, der Technischen Hochschulen usw. Nach einleitenden Worten des Vorsitzenden der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde, J. Czochralski, nach der Begrüßung durch den Rektor der Technischen Hochschule Berlin, Geh. Rat Dr. Boost, und den von Dr. Hutton überbrachten Grüßen des Institute of Metals ergriff Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. F. R. Schenck, Münster, das Wort zu seinem Vortrag:

Was bietet die wissenschaftliche Metallkunde der Technik?

Erst wenige Jahrzehnte gibt es eine planmäßige wissenschaftliche Erforschung der Metalle. Seitdem man danach strebte, den inneren Aufbau der Metalle und die diesen Aufbau beeinflussenden Umstände zu erkennen, war es auch möglich, in gewissen Grenzen das verwirrende Bild der Erscheinungen, das die Metalle und ihre Legierungen bieten, zu verstehen. Die Forschungen der letzten Jahrzehnte des vorigen Jahrhunderts im Grenzgebiete der physikalischen Chemie haben bestimmte theoretische Grundlagen ermöglicht, die gestatten, mit Aussicht auf Erfolg weitere Forschungen über das Wesen der Metalle durchzuführen. Die Gesetze, die die Vorgänge in den Metallen im festen Zustand beherrschen, und die neuen kristallographischen Erkenntnisse waren Grundfesten der Metallkunde. Ergänzt werden sie durch das Wissen von den spezifisch metallischen Kennzeichen, die ihre gemeinsamen Ursachen in elektrischen, optischen und hohen plastischen Eigenschaften haben. Nahezu 80 vH aller Elemente weisen diese spezifisch metallischen Kennzeichen auf. Die Reaktionen im festen Zustande, die Vielgestaltigkeit des Gefüges, sind seit über 100 Jahren bekannt. Tiefgreifende Änderungen der Eigenschaften der festen Werkstoffe sind damit verbunden. Erwähnt sei die Umwandlung von weißem Zinn zu grauem Zinn oder die technisch außerordentlich wichtige γ/α-Umwandlung des Eisens.

Von großer Wichtigkeit sind die Untersuchungen über das Erstarren und die Erstarrungsgebilde in Zwei- und Mehrstoffmischungen geworden. Diese Gebilde sind Kristalle der reinen Bestandteile, solche intermetallischer Verbindungen oder die sogenannten festen Lösungen oder Mischkristalle, die wesentliche Bedeutung für die Widerstandfähigkeit gegen mechanische und chemische Beanspruchung haben. Die Mischkristalle zeichnen sich besonders durch Härte und Zugfestigkeit aus. Hierher gehören die Stähle, die Bronzen, Messinge, Leichtmetallegierungen u. a. m. Es liegt in der Hand des Metallkundigen, bestimmte Anforderungen an diese Eigenschaften scharf und genau zu erfüllen, indem er die Grenze des Mischverhältnisses der Bestandteile verändert. Geringe Zusätze zu Reinmetall oder zu einer Verbindung bedingen in der Regel starke Änderungen der Eigenschaften.

Auf dem gesicherten Boden der Thermodynamik ruhen die Zustandschaubilder von Zwei- und Mehrstoffsystemen. Aus diesen kann man nicht nur für jede einzelne Mischung der Bestandteile die Veränderung bestimmen, die beim Abkühlen aus der Schmelze auftritt, man kann auch erkennen, welche Kristallarten die völlig erstarrte Legierung aufweist, welche erwünschten oder unerwünschten Gefügearten beständig sind und bei welchen Temperaturen und in welcher Weise sich diese Gefügearten gebildet haben. Zwangläufig kann auch hier der Metallkundige wertvolle Gefügearten durch Abschrecken auf Zimmertemperatur beibehalten und dadurch technisch wichtige Legierungen schaffen.

Die Zustandschaubilder, entstanden aus der Beobachtung des abnehmenden Wärmeinhaltes der Systeme bei abfallender Temperatur, durch metallmikroskopische Untersuchungen und durch Beobachten der Abhängigkeit der physikalischen Eigenschaften vom Mischverhältnis der Legierungsbestandteile, sind dem Wissenden Wegweiser zur Beherrschung bestimmter Gefügebestandteile. In neuerer Zeit werden in gewissen Fällen Untersuchungen der chemischen Gleichgewichte von Metallen mit reaktionsfähigen Gasen herangezogen; so hat Prof. Schenck auf diese Weise das Co-C- und Fe-O-System untersucht.

Neuere Forschungen haben gezeigt, daß die physikalischen und mechanischen Eigenschaften der Metalle im innigen Zusammenhang stehen mit den durch die Kristallisation bedingten Korngrößen und der Orientierung des Kristallits. Die neuzeitliche Technologie geht darauf hinaus, zwangläufig die Kristallisation zu beeinflussen und Gußfehler zu bekämpfen. Die Studien über die Abhängigkeit der Größe des Kristallkornes von den Arbeitsbedingungen, über die Rekristallisation und über das Verhalten der Einkristalle haben wertvolle Einblicke in die Vorgänge gegeben, die die Grundlage für die Beanspruchung der kristallinischen Werkstoffe bei der plastischen Verformung bilden. Mit den Eigenschaftsänderungen ändert sich zugleich das Gefüge. Als ein unentbehrliches Hilfsmittel haben sich die Röntgenstrahlen erwiesen, aber auch einfache Ätzverfahren sind geeignet, Rückschlüsse auf die technologische Vorgeschichte des Werkstoffes zu ermöglichen. Technisch und wirtschaftlich von großer Tragweite ist die Erhaltung der Werkstoffe gegenüber Einflüssen der umgebenden Luft und chemischer Mittel. Es konnten bereits wertvolle Richtlinien aufgestellt werden, die helfen, unbeständige Metalle gegen Korrosion (Ätzfraß) zu schützen.

Schenck ging dann auf einige spezifisch metallische Eigenschaften und ihre Beeinflussung durch die Zusammensetzung und Behandlung ein. Die Kenntnis vom Wesen der metallischen Werkstoffe setzt den Ingenieur in den Stand, 1. die verwendeten Werkstoffe mit großer Sicherheit zu prüfen und 2. zu erkennen, daß man über Werkstoffe verfügt, die für jede irgendwie geartete Konstruktion und für jeden Verwendungszweck geeignet sind, oder sie unter enger Anpassung an die Bedürfnisse herstellen kann.

Dann sprach der Vorsitzende der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde, Oberingenieur J. Czochralski, Frankfurt a. M., über

Neues und Altes aus der Technologie und Technik.

Die Vernachlässigung der Gußlegierungen in den letzten Jahrzehnten sei darauf zurückzuführen, daß die knetbaren Legierungen zu sehr in den Vordergrund traten. Diese Einstellung ist inzwischen von verschiedenen Seiten als fehlerhaft erkannt worden. Namhafte Forscher haben den Gußlegierungen ihr Augenmerk zugewandt. Als Ergebnis dieser Einstellung kann man den Perlitguß und die vergütbaren Aluminium-Silizium-Legierungen betrachten. Die Mehrzahl der verwendeten Legierungen kann man zum größten Teil als Rohlegierungen bezeichnen im Gegensatz zu den Feinlegierungen, die bisher nur in wenigen Abarten entwickelt worden sind.

Unter Feinlegierung versteht man eine Legierung, deren technologische Hochwertigkeit auf dem Einfluß geringfügiger Zusätze auf den Gefügeaufbau beruht. Durch Zusatz von nur $^4/_{100}$ Gewichtsteilen Lithium werden z. B. hochwertige Bleilagermetalle geschaffen. Zu den Feinlegierungen gehören auch die Siliziumbronzen, die im wesentlichen Kupfer-, Kobalt-, Nickel- und Eisenlegierungen mit entsprechendem Siliziumgehalt darstellen. Auch diese sind durch perlitähnlichen Gefügeaufbau mit hoher Gleichmäßigkeit und Hochwertigkeit der mechanischen Eigenschaften ausgezeichnet.

Den Verfahren der Kornverfeinerung wird der metallkundige Fachmann noch besondere Aufmerksamkeit schenken müssen. Die neueren Erfahrungen haben auch gezeigt, daß das bisherige Wissen vom Aufbau der Legierungen und ihren physikalischen Eigenschaften nicht ausreicht, um den Anforderungen, die in immer schärferem Maße von den Metallverbrauchern gestellt werden, gerecht werden zu können. Im Verlauf seiner weiteren Ausführungen ging der Vortragende auf die Beziehung zwischen Metallkunde und Werkstofftagung ein.

Der nächste Redner, Dr. E. Schmid, Frankfurt a. M., besprach in seinem Vortrag, neue Wege der Korrosionsforschung, die Schwierigkeit der versuchsmäßigen Verfolgung des Ätzfraßes der Metalle. Er schlug in Übereinstimmung mit Czochralski vor, die Änderungen der Festigkeitseigenschaften neben den bisher ausschließlich verwendeten Prüfverfahren: der Bestimmung des Gewichtverlustes, der Untersuchung der entstehenden Korrosionsprodukte und der Bestimmung der Tiefe der am stärksten angegriffenen Stellen mit heranzuziehen.



Der nächste Vortrag behandelte die vergütbaren

Aluminiumlegierungen als Konstruktionsstoffe.

In diesem Vortrag wurde von maßgebender Stelle, von Dir. E. Roth (Vereinigte Aluminiumwerke, Lautawerk) zum erstenmal vor der Allgemeinheit festgestellt, daß es notwendig sei, zugunsten der Eigenschaften der Leichtmetalle neue Maschinenelemente zu schaffen.

Viele Übelstände in der Verwendung der Leichtmetalle seien auf die Mißachtung gegen Grundgesetze des Leichtmetallbaues zurückzuführen. Das sinnfällige Beispiel einer aus Lautal hergestellten Kirchenglocke in der alten Form und einer neuen, den Eigenschaften des Lautals angepaßten Form wurde den Zuhörern durch den Klang der beiden Glocken, alle Zweifel schlagend, dargeboten. Die spezifischen Eigenschaften der Leichtmetalle werden besonders der Fördertechnik, dem Fahrzeug- und Kranbau zugute kommen. Die Ersparnisse maschineller Arbeit bei dynamischen Vorgängen, die Ersparnisse beim Gewicht und die Erleichterung menschlicher Arbeit sind Umstände, die den Leichtmetallen den Weg weisen. Das geringe Gewicht allein kann die Verwendung des Leichtmetalles nicht in allen Fällen rechtfertigen, und der Ersatz eines gußeisernen Fundamentrahmens durch einen gegossenen Leichtmetallrahmen würde eine außerordentliche Werkstoffverschwendung bei hohem Preis bedeuten. Die Anwendung der Leichtmetalle wird ja neue räumliche Formen bedingen und dadurch die Architektur und das Kunsthandwerk vor neue Aufgaben stellen.

Zur Ersparnis maschineller Arbeiten gehört besonders die Verringerung unausgeglichener und ungefederter Massen. Solche Fälle liegen vor im Kraftwagenbau, Waggon- und Wagenbau. Ein neuzeitlicher Stadtbahnwagen in leichtester Stahlkonstruktion wiegt immer noch 40 t, ein Wagen aus Leichtmetall nur 21 t. Aufgabe des Konstrukteurs wird es sein, das Mindestgewicht des Wagens zur Vermeidung von Schleudern usw. zu errechnen. Für die Sicherheit des Verkehrs wichtig ist die Verkürzung des Bremsweges.

Für die Anwendung bei Fernleitungen sind besonders die neuen Al-Leitlegierungen berufen, eine große Rolle zu spielen. Bei nur wenig verringerter elektrischer Leitfähigkeit gegenüber dem Reinaluminium ist die Festigkeit dieser Legierungen außerordentlich gesteigert worden. Ein bemerkenswertes Gebiet ist auch der Brückenbau, bei dem jetzt das Eigengewicht in ungewöhnlichem Mißverhältnis zur getragenen Last steht.

Die Erleichterung menschlicher Arbeit wird u. a. auch bei der Verwendung des Aluminiums im Haushalt in Erscheinung treten. Unmittelbaren wirtschaftlichen Erfolg wird die Aluminiumlegierung z. B. auch in ihrer Anwendung als Strahlrohr, als Schlauchkupplung und als Leitern für die Feuerwehr haben.

Auch Reinaluminium hat als Konstruktionsbaustoff seine Bedeutung. Seine mechanischen Eigenschaften sind zwar gering, aber infolge der hohen Beständigkeit gegen Anfressung verwendet man es in der chemischen Industrie. Vorteilhaft ist hierfür die Möglichkeit, Halberzeugnisse, z. B. Bleche, in großen Abmessungen herstellen zu können.

Dringend notwendig ist die Normung der Leichtmetallprofile. Die heute übliche Herstellung durch Pressen und Ziehen wird dann durch Walzen ersetzt werden können, was ein wirtschaftliches Arbeiten ermöglicht.

Den Schlußvortrag des ersten Hauptversammlungstages hielt Dr. Ph. J. H. Wieland, Wielandwerke, Ulm, über Qualitätsmessing. Er erörterte die Entwicklung des Qualitätsmessings in den letzten Jahrzehnten und gab einen vielen Seiten erwünschten Einblick in die Eigenschaften des Qualitätsmessings und die möglichen Ansprüche in bezug auf mechanisch-technologische Eigenschaften.

Der zweite Verhandlungstag brachte eine Reihe bemerkenswerter kurzer Mitteilungen aus wissenschaftlichen Forschungsstätten und aus der Praxis. Sie betrafen unter anderm vergütbare Silberlegierungen, die ähnliche Erscheinungen zeigen wie die vergütbaren Aluminiumlegierungen, ferner vergütbare Berylliumlegierungen mit Kupfer, Nickel, Kobalt und Eisen, Metallfolien bis $^1/_{100}$ mm Dicke, die kritische Erörterung der Arbeiten über das Erstarrungs- und Umwandlungsschaubild der Zink-Kupfer-Legierungen der letzten 30 Jahre und Aufstellung eines neuen Schaubildes, das Dilatometrieren von Leichtmetallen, die Porendruckprobe und ihre Bedeutung für gegossene Werkstoffe, Beobachtungen an Elektrolytkupfer, die Zipfelbildung beim Näpfchenziehen von Kupfer und die Gefügeausbildung im Messingrohr. Die kleinen Vorträge, die kennzeichnend für den zweiten Tag der Hauptversammlung der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde sind, boten wertvolle Beispiele für Qualitätsarbeit und technische Höchstleistungen.

[N 953] Wolf

Eisenhüttentagung 1927

Alljährlich im Herbst pflegen die Eisenhüttenleute ihre Hauptversammlung in Düsseldorf abzuhalten. Nur aus ganz besonderem Anlaß haben sie bisher einen andern Tagungsort gewählt, z. B. anläßlich der Einweihung des Instituts für Eisenhüttenkunde an der Technischen Hochschule Breslau wurde im Jahre 1911 die Hauptversammlung dort abgehalten. Zwei Gründe waren es in diesem Jahre, die den Verein deutscher Eisenhüttenleute veranlaßten, seine Hauptversammlung nach Berlin zu verlegen. In den einleitenden Worten seines Vortrages

„Stahl und Eisen und die deutsche Wirtschaft"

kennzeichnete der Vorsitzende des Vereines, Generaldirektor Dr. Vögler, Dortmund, diese Gründe. Die Werkstofftagung, verbunden mit der großen Werkstoffschau ist der eine Anlaß, während als der andre zu bezeichnen ist: die Grundlagen zu schaffen, um zwischen der Provinz, wie er die Eisenhüttenbezirke nannte, und der Reichshauptstadt bessere Beziehungen anzubahnen.

Berlin ist als das große Sammelbecken aller geistigen Strömungen anzusprechen. Hier werden Gedanken geboren und entstehen Bewegungen, von denen die Provinz nichts ahnt; deshalb ist es als eine bedeutungsvolle Aufgabe anzusprechen, wenn man sich bemüht, ein verständnisvolles inneres Verhältnis zwischen der Reichshauptstadt und dem Lande zu schaffen. Besonders zu begrüßen wäre es, wenn man nach Berlin berufen würde, nicht um fertige Beschlüsse entgegenzunehmen, sondern um an der Lösung großer Aufgaben tatkräftig mitzuarbeiten.

Dr. Vögler ging dann auf die Steigerung der Leistung unsrer Eisenindustrie ein. Wir haben heute die gleiche Erzeugungsziffer erreicht wie vor dem Kriege. 1913 wurden in Deutschland 18 Mill. t Eisen erzeugt. Infolge des Krieges und der damit verbundenen Gebietsverluste fiel die Erzeugung um 5 Mill. t. Im Jahre 1927 werden wir dank planmäßiger unermüdlicher Arbeit den Stand von 1913 erreicht haben. Die Gütesteigerung auf dem Gebiete des Eisens und Stahles zeigt uns am deutlichsten die Werkstoffschau. Finden doch hier alle Kreise unsres Vaterlandes bis zum letzten Verbraucher die reiche Fülle an Werkstoffen verschiedener Art und Abstufung, die uns unsre Eisenindustrie zur Verfügung stellt. Hier wird gezeigt, wie man die Eigenschaften durch Prüfung feststellt. Sie deckt aber auch die Fehler auf, die bei Herstellung und Verarbeitung von Eisen und Stahl entstehen können und welche Wege man gehen muß, um sie zu beseitigen.

Beispiele für die Steigerung der Güte zeigen folgende Zahlen: Unsre Väter rechneten i. M. mit 750 kg/cm² Festigkeit, heute rechnet man durchschnittlich mit 1450 kg/cm², bei silizierten Stählen mit 2000 kg/cm² und legierten Sorten bis 4000 kg/cm². Leichtbau wäre heute undenkbar, wenn man diese Gütesteigerung nicht durchgeführt hätte.

Durch Anwendung wirtschaftlicher Arbeitsverfahren hat man in unsrer Eisenindustrie zu sparen gelernt und dadurch die Güte verbessern können. Für die Erzeugung der 18 Mill. t Eisen braucht man heute rd. 23 Mill. t Kohle weniger als vor 25 Jahren. Im Jahre 1900 stellte man eine Tonne Rohstahl mit einem Aufwand von 20 Mill. kcal her. Heute erzeugt man die gleiche Menge mit nur rd. 6 Mill kcal. Der Energieaufwand für den Rohstahl ist jetzt also in der dem Hochofen zugeführten Koksmenge enthalten. Auf den Kopf der Belegschaft wird heute das 2½fache der früheren Menge gewonnen. Der Arbeiterschaft ist dies durch eine ständige Lohnsteigerung zugute gekommen. Trotzdem stehen wir heute erst am Anfange dieser Entwicklung. Die deutsche eisenschaffende Industrie braucht heute den Wettbewerb des Auslandes nicht mehr zu scheuen. Die Fortschritte, die wir gemacht haben, sind durch engste Zusammenarbeit von Wissenschaft und Technik erreicht worden. Die Technik ist zur angewandten Wissenschaft geworden.

Zu den wirtschaftlichen Fragen übergehend, führte Dr. Vögler aus, daß wir vor einem Jahr rosiger in die Zukunft sahen als heute. Die heutigen Verhältnisse wären jedoch zu wenig gesichert, als daß man daraus schon eine schlüssige Beurteilung ableiten könne. Wir glaubten, daß der Grundsatz sich wieder Geltung verschafft habe, daß Wirtschaft von Wirtschaftlichkeit abhängig sei. Wir treiben jedoch heute Sozialpolitik und Finanzpolitik, nicht Wirtschaftspolitik. Um wieder erstarken zu können, brauchen wir Arbeitsfreude als Erziehungs- und wichtigsten Staatsgedanken. Außerdem müssen wir nach äußerster Gütesteigerung streben. Nur hierdurch werden wir aus der schweren wirtschaftlichen, sozialen und politischen Lage herauskommen. Die Wirtschaft muß frei schalten und walten können, damit uns wieder eines Tages Männer wie Krupp,



Thyssen und Stinnes erstehen können. In der Vergangenheit hat die deutsche Wirtschaft gezeigt, daß sie ihre Freiheit nicht mißbraucht; sie hat es mit dem Grundgedanken gehalten, daß jede Wirtschaft nur dann gedeihen kann, wenn sie auf das Wohl des Ganzen gerichtet ist.

Den zweiten Vortrag hielt Prof. Dr. E. Fischer, Direktor des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Anthropologie, Berlin-Dahlem, über

Rasse und Vererbung in ihrer Bedeutung für Volk und Wirtschaft.

Unter Rassetheorie versteht man den Ablauf kulturellen Geschehens, den man durch geschichtliche und volkswirtschaftliche Unterlagen erklären kann. Aber man muß hier auch die Unterschiede im körperlichen und vor allem im geistigen Verhalten der betrachteten Menschen mit verantwortlich machen, d. h. also, es gibt körperliche und geistige Rassenunterschiede, von denen neben andern Punkten das geschichtliche Geschehen, das Schicksal und die Leistungen der Völker abhängen. Zwei Hauptfragen unterstrich der Vortragende besonders: „Wirken auf das Leben und den Bestand der Einzelwesen, die eine soziale Gruppe bilden, irgendwelche Einrichtungen dieser Gruppe ein?" und „Wie wirkt die erbliche körperliche und geistige Beschaffenheit der Glieder einer Gruppe auf deren Schicksal?" Die Fragen können nur mit naturwissenschaftlichem Verfahren überprüft werden, weil es sich um Leben, Aussterben, Erbeigenschaften usw. handelt.

Geistige Begabungen sind als erblich anzusprechen; Einbildungskraft, Willenskraft, Entschlußfähigkeit, Intelligenz usw. sind verschieden verteilt. Die Menschen sind nicht gleich. Diese Punkte treten bei dem einzelnen nicht nach irgendwelchen Gesetzen in die Erscheinung, sondern sie ordnen sich willkürlich an, gleich dem Wurf von vielen Würfeln. In jedem Volke wird es darauf ankommen, daß die Erbeigenschaften zu jeder Zeit da sind und daß die minderbegabte Menge nicht verhindert, daß sie sich voll entfalten können.

Die einzelnen Fachsitzungen der Hauptversammlung des Vereins deutscher Eisenhüttenleute fanden im Rahmen der Vorträge der Werkstofftagung statt.

[N 952] Gossow

Werkzeugmaschinen

Neue Hochleistungs-Schnelldrehbank

Für die Bearbeitung großer, schwerer Werkstücke baut die Kalker Maschinenfabrik A.-G. in Köln-Kalk eine bemerkenswerte Hochleistungs-Schnelldrehbank mit einer Spitzenhöhe von 800 mm und einer Spitzenweite von 8000 mm; das Gewicht der Drehbank beträgt 60 000 kg.

Abb. 1 zeigt den äußeren Aufbau, Abb. 2 einen Überblick über die Anordnung der Bedienungsteile. Auf der Vorderseite des Spindelstockes befinden sich die Handräder für das Verschieben von Räderblöcken, ein Sondermeßgerät zur Prüfung der Drehzahlen und Schnittgeschwindigkeiten sowie ein Hauptdrucköler mit sichtbarem Tropfenfall für zuverlässige Schmierung der Lagerstellen und Zahneingriffe. Die Reibkupplung zwischen Motor und Getriebe kann durch Handräder vorn am Bett in der Nähe der Planscheibe und außerdem an beiden Drehschlitten betätigt werden. Die Schloßplatten, in denen die Wechselgetriebe für die Vorschübe untergebracht sind, tragen auf dem abnehmbaren Deckel in günstiger Greifhöhe die Hebel und Handräder für folgende Schaltungen: Wechsel zwischen Lang- und Planzug, Vorschubwechsel, Umkehr der Vorschubrichtung, Schnellverstellung und Handverstellung der Drehschlitten.

Abb. 3 ist ein Teilschnitt durch den Spindelkasten. Zum Antrieb dient ein umsteuerbarer Drehstrommotor von 80 PS. Zwischen Motor und zweiseitig gelagertem Antriebritzel ist eine Dohmen-Leblanc-Kupplung eingebaut, die das Anfahrmoment stoßfrei auf das Getriebe überträgt. Die Geschwindigkeiten werden ausschließlich durch Schieberäder mit geschliffenen Zahnflanken gewechselt; die Zahnfronten sind abgerundet, damit man bequem und schnell schalten kann. Die Kraftübertragung ist sehr günstig, da der Antrieb bei allen Drehzahlen über den Zahnkranz der Planscheibe geleitet wird; dieser Zahnkranz aus Schmiedestahl hat besonders breite und feine Innenverzahnung, so daß auch bei schweren Schnitten und hohen Drehzahlen ruhiger Lauf gewährleistet ist. Die Hauptspindel läuft in nachstellbaren Lagern; ihr Axialdruck wird von einem kräftigen Kugellager aufgenommen. Der Reitstock ist mit einer Planscheibe ausgerüstet, damit man die schweren Werkstücke zwischen den Spitzen sicher festlegen kann; zur Abstützung dienen zwei halbseitige, aufklappbare Rollenlünetten.

Abb. 4 zeigt den kennzeichnenden Bettquerschnitt der Hochleistungs-Schruppbank. Die vorderen stufenförmig nach oben gezogenen Wangen des Vierbahnenbettes nehmen die hohen Schnittdrücke günstig auf, da die Schlitten infolge dieser Bauart gedrungen und kräftig ausgebildet werden konnten. Als Besonderheit hat die Bank eine Vorrichtung zum Kegeldrehen, indem Lang- und Planzug durch eine Schere und Wechselräder verbunden werden, Abb. 2.

Die Führungsbahnen des Bettes sind in Kokillen gegossen. Die abgeschreckten oberen Schichten ergeben dichte, harte und saubere Gleitflächen, so daß Reibung und Verschleiß auf ein Mindestmaß herabgesetzt sind. Die Leitspindel ist unter der vorderen Wange im Innern des Bettes angeordnet; das bringt gegenüber der bisher üblichen Bauart den zweifachen Vorteil, daß der Vorschub- und Gleitwiderstand günstiger aufgenommen wird und der freie Raum vor dem Bett

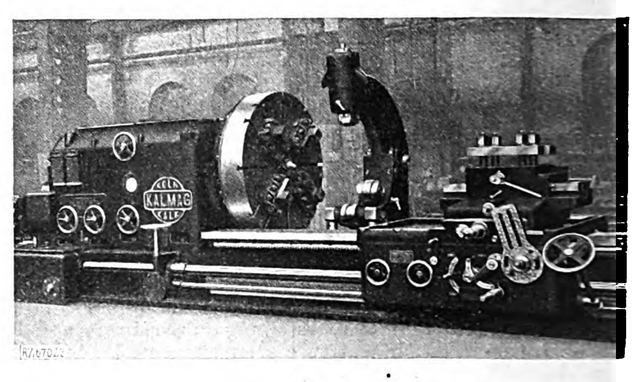


Abb. 2
Anordnung der Bedienungsteile

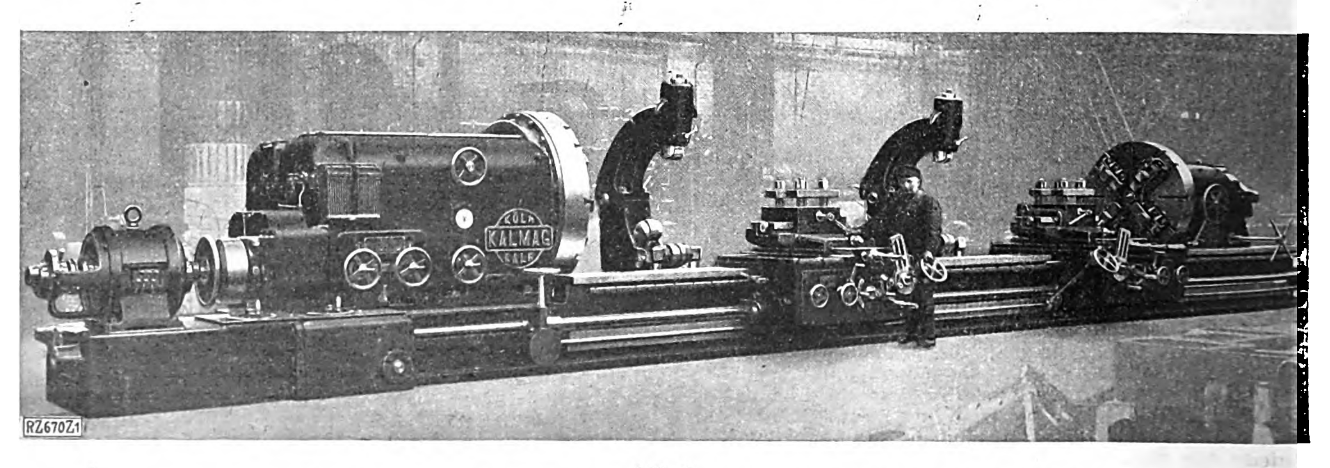


Abb. 1
Hochleistungs-Schnelldrehbank von 800 mm Spitzenhöhe und 8000 mm Spitzenweite der Kalker Maschinenfabrik, A.-G., Köln-Kalk

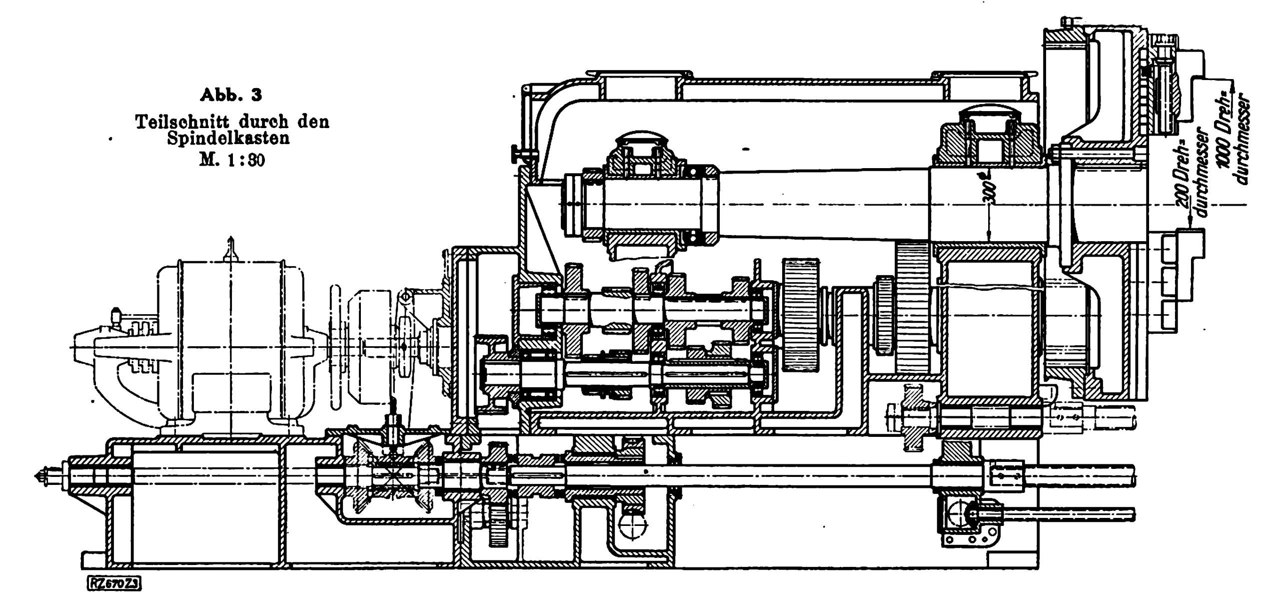


Abb. 3
Teilschnitt durch den Spindelkasten
M. 1 : 30

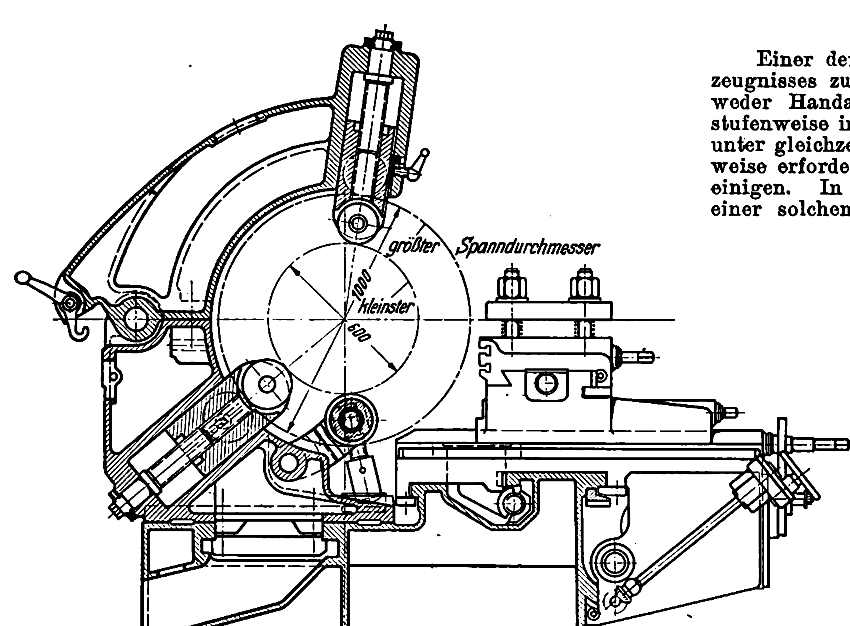


Abb. 4
Bettquerschnitt und Lünette
M. 1 : 30

zur Abstützung der Schlitten durch eine besondere Führung ausgenutzt werden kann.

Die Schnittversuche mit den verschiedensten Schnelldrehstählen unter normalen Verhältnissen zeigten die außergewöhnliche Leistungsfähigkeit der Drehbank. Trotz zeitweise bedeutender Überlastung und stärkster Beanspruchung, die eine Verbrennung der hochwertigen Werkzeuge in kurzer Zeit herbeiführte, wurde die Maschine nicht voll ausgenutzt. So wurden z. B. bei 90 mm² Spanquerschnitt von einem Werkstoff mit 60 bis 70 kg/mm² Festigkeit und bei einer Schnittgeschwindigkeit von 30 m/min die Schneiden nach kurzer Zeit stumpf, während die Werkzeuge unter sonst gleichen Verhältnissen, jedoch bei einer Schnittgeschwindigkeit von 20 m/min längere Zeit (bis zur Beendigung des Versuches) schneidhaltig blieben. Das ist ein erfreuliches Zeichen des hohen Standes des deutschen Schwer-Werkzeugmaschinenbaues. Hierbei sei daran erinnert, daß sich die Leistungsfähigkeit der Schnelldrehwerkstoffe in verhältnismäßig kurzer Zeit fast sprunghaft erhöht hat, so daß in Fachkreisen anfangs starke Zweifel laut wurden, ob solche Werkzeuge überhaupt voll ausgenutzt werden könnten. [M 670]

Köln-Deutz Dipl.-Ing. Niggemeyer

Hartzerkleinerung

Der Titan-Brecher

Einer der wirksamsten Wege, Herstellkosten eines Erzeugnisses zu verbilligen, ist neben der Ausschaltung jedweder Handarbeit der, mehrere Arbeitsgänge, die bisher stufenweise in verschiedenen Maschinen aufeinander folgten, unter gleichzeitigem Fortfall der bei der bisherigen Arbeitsweise erforderlichen Fördermittel in einer Maschine zu vereinigen. In besonderem Maße machen sich die Vorteile einer solchen Vereinfachung bei der Zerkleinerungsarbeit bemerkbar, sobald es sich um Verarbeitung von Massengütern handelt.

Bei den Werken des vorstehend angezogenen Sondergebietes müssen die zerkleinerten Rohstoffe für die Weiterverwendung meist eine besondere Beschaffenheit aufweisen. Ziemlich übereinstimmend läßt sich feststellen, daß die Erzeugung von Mehlfeinem im allgemeinen nicht erwünscht ist, mit Rücksicht auf die Staubentwicklung beim nachfolgenden Trockenvorgang in Zementfabriken, oder in Hinsicht auf die schwierigere Aufschließmöglichkeit, z. B. beim Lösen der Rohsalze in Chlorkaliumfabriken. Häufig kommt hinzu, daß der Staubgehalt im Enderzeugnis eine Wertminderung für dieses zur Folge hat, wie z. B. in der Steinsalzindustrie, so daß das Staubfeine wieder ausgeschieden werden muß. Anderseits wieder wird auch bei manchen Erzeugnissen besonderer Wert auf gleichmäßige Stückgröße gelegt, z. B. bei Herstellung von Schotter. Aus diesen Gründen wählte man bisher für die Zerkleinerung verschiedene Maschinengruppen, da ein Brechen in Stufen mit jedesmaligem Ausscheiden des Fertigerzeugnisses die beste Aussicht auf größte Ausbeute bot.

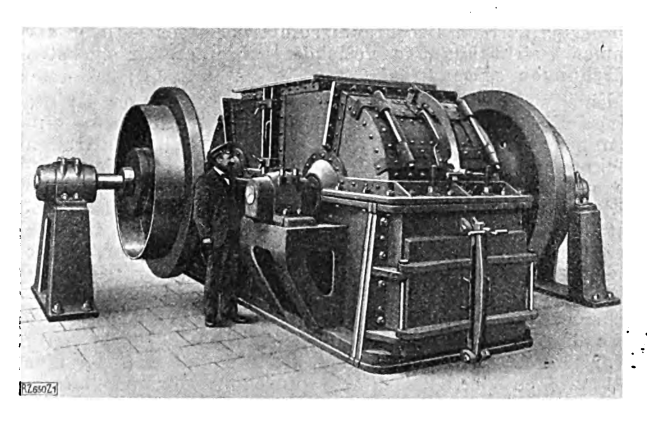


Abb. 5
Der Titan-Brecher, ein doppelseitiger Hammerbrecher

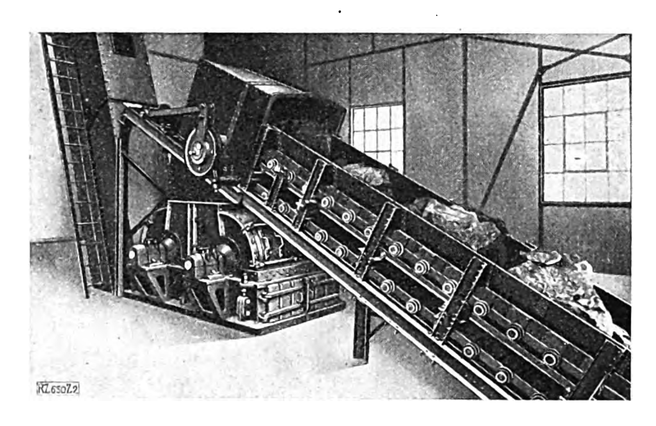


Abb. 6
Selbsttätige Beschickung des Titan-Brechers durch ein eisernes Plattenband

In andern Fällen, in denen keine Sonderwünsche in bezug auf die Zusammensetzung des fertigen Erzeugnisses vorlagen, ließen konstruktive Gründe bei der Ausführung der Maschinen eine Unterteilung in Grobbrecher und Feinbrecher zweckmäßig erscheinen. So z. B. ist es mit der am meisten verbreiteten Maschine zum Vorbrechen von Gestein, dem Backenbrecher, nicht möglich, Stücke von rd. 1 m^3 Größe, wie sie heute beim Baggerbetrieb vorkommen, in einem Arbeitsgang auf ungefähr Walnuß- bis Haselnußgröße zu zerkleinern, eine Forderung, die häufig gestellt wird. Hierdurch ergab sich die Notwendigkeit, eine weitere Maschine zum Nachbrechen, z. B. einen zweiten Backenfeinbrecher, einen Kollergang, eine Hammermühle oder ein Walzwerk nachzuschalten. In älteren Kaliwerken findet man für die Feinzerkleinerung auch noch Glockenmühlen, Walzenstühle usw. Im großen und ganzen kann aber gesagt werden, daß das Gefüge, der Feuchtigkeitsgehalt, die Härte, die Größe des Aufgabegutes oder des Enderzeugnisses der Verwendung von Einzelmaschinen verhältnismäßig enge Grenzen setzen. An zahlreichen Versuchen und Konstruktionen hat es nicht gefehlt.

Einen besonders bemerkenswerten Fortschritt stellt in dieser Reihe die Zerkleinerungsmaschine, Abb. 5 und 6, dar, bei der die Schlägerwellen doppelseitig angeordnet sind und der Brechvorgang innerhalb der Maschine selbst unterteilt ist. Sogar feuchte und schmierige Materialeinschlüsse rufen kein Verstopfen hervor, sondern werden bei richtiger Aufgabe anstandslos verarbeitet.

Wie Abb. 7 zeigt, nehmen zwei sich gegeneinander drehende Schlägeranordnungen von entsprechend großem Durchmesser, von denen ein jedes je nach Leistung 4 bis 16 Schlagwerke hat, das Brechgut auf und zerkleinern in dem rostartig ausgebildeten Einwurfkorb das Gut auf etwa Faustgröße.

Die Hämmer selbst werden beim Auftreffen auf besonders harte Stücke oder Fremdkörper nicht mit Gewalt weiter getrieben, sondern können infolge ihrer freibeweglichen Aufhängung rücklaufend zur Drehrichtung ausweichen. Der sich hierdurch ergebende elastische Schlag ermöglicht bei Wahl der entsprechenden Umlaufzahl eine weitgehende Bestimmung der Korngröße des Enderzeugnisses.

Bei besonders hartem und zähem Aufgabegut tritt entweder durch den ersten kräftigen Schlag eine Gefügezertrümmerung ein — das Material zerfällt und kann durch die Rostspalten den Brechraum sofort verlassen — oder der Hammer weicht aus und vollendet bei einer der nächsten Umdrehungen seine Arbeit.

Eine weitere Folge dieses elastischen Schlages ist die geringe Empfindlichkeit des Brechers gegenüber etwa eingedrungenen Fremdkörpern, z. B. Eisen. Beim Auftreffen auf einen solchen weicht der Hammer aus, und da die Eisenteile sich durch ihren hellen Klang verraten, können sie leicht, ohne daß die Maschine auseinandergebaut wird, entfernt werden. Das Aufgabegut kann sich auch in dem oberen Brechkorb frei bewegen und hat daher entsprechende Ausweichmöglichkeit.

Die weitere Zerkleinerung geschieht im Innern des Brechers in der Weise, daß das Brechgut durch die Schlagwerke über den Brechrost getrieben wird. Dieser wird aus dreikantigen Stäben gebildet, die zwischen einander eine Spaltweite entsprechend der gewünschten Körnung lassen. Diese beträgt im Mittel 25 mm, so daß das Brechgut ein Gemisch von Grieß und Korn bis Walnußgröße darstellt.

Da die Zerkleinerung schnell vor sich geht und die Arbeitsweise bei gleichzeitiger Ausscheidung des Fertiggutes nicht quetschend, sondern spaltend ist, weist das Brechgut eine große Gleichmäßigkeit mit verschwindender Mehlbildung auf. Infolgedessen kann man mit dem Brecher in einem Arbeitsgange stückige Steinkohlen zu Kokskohlen verarbeiten, sowie Braunkohlen für die Brikettherstellung vorbereiten.

Zahlreiche Karnallitwerke besitzen jetzt für die Vorbereitung der Rohsalze zum Lösen nur einen einzigen Titan-Brecher als alleinige Zerkleinerungsmaschine, während früher verschiedene Maschinen hierzu erforderlich waren.

Bei stark verwachsenen Mineralien, die einer späteren Anreicherung durch Klauben oder Setzen unterworfen werden sollen, ermöglicht der Umstand, daß der Brecher infolge seines elastischen Schlages beim Grobbrechen die härteren Stoffe gröber läßt, ein leichteres Aussondern.

Der Brecher läßt sich auch mit gleichem Erfolg zum Grobbrechen verwenden. Bei entsprechender Bemessung der Aufschlagenergie der Hämmer sowie besonderer Ausbildung des unteren Rostes — unter Umständen kann dieser auch ganz fortfallen — und durch anderweitige konstruktive Anpassung ist es möglich, ungefähr Stücke von 1 m^3 Größe bei geringstem Grusanfall auf Faust- bis Kopfgröße zu brechen. Natürlich hat hier auf den Anteil an Feinem das Gefüge des Gesteines einen besonderen Einfluß.

Die Leistungsgrenze der bisher gebauten größten Ausführung liegt bei rd. 250 t/h. Der Kraftbedarf schwankt naturgemäß. Um einen Anhalt zu geben, sei bemerkt, daß zum Zerkleinern harten Kalksteines auf Walnußgröße rd. 1 bis 1,5 PSh für 1 t Brechgut aufgewendet werden müssen.

Ebenso ist der Verschleiß der der Abnutzung unterworfenen Teile, wie Hämmer und Roste, bezogen auf die durchgesetzte Stoffmenge, sehr gering. So haben z. B. die Hämmer beim Brechen mittelharten Kalksteins eine durchschnittliche Lebensdauer von 6 bis 12 Betriebsmonaten; der Verschleiß der Roste ist in den meisten Fällen noch geringer. Selbstverständlich ist aber auch hier die Zähigkeit und Härte des zu zerkleinernden Stoffes von großem Einfluß.

Hergestellt wird der Titan-Brecher[1]) von den Amme-Luther-Werken, Braunschweig, der „Miag", Mühlenbau- und Industrie-A.-G., Abt. Amme, Giesecke & Konegen.

[M 650] Gö.

[1]) DRP Nr. 254 953.

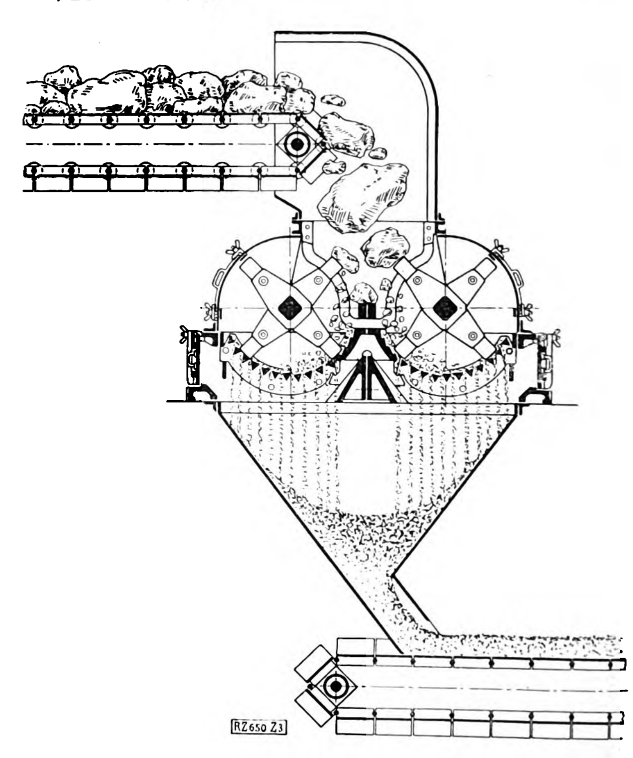


Abb. 7
Arbeitsweise des Titan-Brechers



Kleine Mitteilungen

Neue Bauart für Kurbelwellen

Bei dem neuen 1200 PS-Flugmotor der Packard & Motor Car Co. mit 4 × 6 in der Form eines X um ein gemeinsames Kurbelgehäuse angeordneten Zylindern von 136,5 mm Dmr. und 127 mm Hub hat man für die Kurbelwelle eine eigenartige Bauweise angewendet, um die Baulänge des Motors zu vermindern. Die Kurbelzapfen sind nämlich unmittelbar an die Lagerzapfen angeschlossen, die bei 196,8 mm Dmr. in ungeteilten Weißmetallagern laufen. Auf diese Weise wird die Breite gespart, die die sonst üblichen Kurbelarme beanspruchen oder, umgekehrt, ermöglicht, bei gegebenem Lagerabstand möglichst lange Kurbelzapfen zu erhalten, da hier an jedem Zapfen vier Pleuelstangen angreifen. Die Lager sind mit Weißmetall gefütterte Büchsen aus Stahl, die in das Gehäuse warm eingepreßt und dann durch Stifte gegen Drehung gesichert werden. Der Motor wiegt noch nicht ganz 650 kg oder 0,54 kg/PS ohne Wasser und Öl und läuft mit 2700 Uml./min. („Automotive Industries" 8. Oktober 1927 S. 546*) [N 964 a] H.

Hochdruckdampf-Triebwagen

Die International Harvester Co., Chikago, arbeitet seit einigen Jahren an einer Hochdruck-Dampfanlage, die sowohl in Triebwagen als auch in Verschiebelokomotiven Verwendung finden soll. Mit einem Triebwagen dieser Art sind in den vergangenen Monaten Versuche gemacht worden, die erwarten lassen, daß das Fahrzeug in absehbarer Zeit in Dienst gestellt werden kann.

Es handelt sich um einen etwa 22 m langen Personen-Gepäckwagen. In dem etwas über 5 m langen Gepäckabteil stehen der Dampferzeuger und die Hilfsmaschinen. Der erforderliche Betriebsdruck (42 at) kann in 15 bis 18 min erzielt werden. Zum Antrieb dienen zwei unter dem Wagenkasten liegende achtzylindrige Gleichstrom-Dampfmaschinen, die mit Kondensation arbeiten und die innere Achse jedes Fahrgestells antreiben. Die Flamme des Brenners wird durch den Dampfdruck im Dampferzeuger geregelt. Sie erlischt bei 42 at und wird bei etwa 39 at wieder entzündet. Das in der Anlage mitgeführte Wasser entspricht ungefähr der Kühlwassermenge einer Verbrennungskraftmaschine gleicher Leistung.

Die Kraftstoffbehälter fassen einen Vorrat, der für 560 bis 640 km ausreicht. Die Kondensatoren sind an beiden Wagenenden auf dem Dach untergebracht. Die Wiederverwendung des Kondensats und der außerordentlich rasche Wasserumlauf verhindern den Kesselsteinabsatz. Die Vollkommenheit der Verbrennung geht daraus hervor, daß im Dampferzeuger der Versuchsanlage nach zweijähriger Betriebzeit kein Kohlenstoffniederschlag zu finden war.

Die Anlage leistet 300 PS, an den Rädern gemessen. Das Fassungsvermögen des Wagens beträgt 63 Fahrgäste. Demnächst soll diese Anlage versuchsweise in eine 1500 PS-Verschiebelokomotive eingebaut werden. („Railway Age" 15. Oktober 1927 S. 717*) [N 964 b] Krs.

Der Bau der Brücke über den Hafen von Sydney

Die neue Brücke über den Hafen von Sydney[1]) wird mit rd. 500 m Spannweite des Hauptbogens die weitest gespannte Bogenbrücke der Welt sein. Gegenwärtig wird dieser Bogen, dessen Scheitelhöhe 137 m beträgt, von beiden Seiten her zusammengebaut. Auf jeder Bogenhälfte ist eine Krananlage von rd. 600 t Gewicht fahrbar angebracht. Der Kranwagen ruht mit je zwei zweiachsigen Drehgestellen auf den beiden rd. 30 m auseinanderstehenden Hauptlängsträgern. Auf den Wagen ist mit Neigung nach vorn ein über die ganze Wagenbreite verfahrbarer Wippkran aufgebaut, der rd. 120 t Höchstlast bei 3,8 m/min Hubgeschwindigkeit und 14,2 m Ausladung heben kann. Mit seinem Hauptlasthaken werden die großen Fachwerkteile vom Hafen heraufgezogen. Ein weiterer Lasthaken von 20 t Tragfähigkeit dient dazu, die einzelnen Teile in ihre richtige Lage einzupassen.

Unterhalb dieses Kranes ist in der Mitte der Vorderwand des Kranwagens nach rechts und links um insgesamt 180° ausschwenkbar ein Aushilfswippmast von 5 t Tragfähigkeit angebracht. Zwei weitere Wippmaste von je 2,5 t Tragfähigkeit befinden sich an der Rückseite des Kranwagens; sie sollen die Arbeiter sowie zum Zusammenbau erforderliche Stoffe, wie Nieten u. a., zur Arbeitstelle befördern. Die einzelnen Antriebmotoren und Windwerke sind in dem Wagen untergebracht. („The Engineer" 28. Oktober 1927 S. 476*) [N 964 c] Sd.

[1]) Vergl. auch Z. Bd. 71 (1927) S. 837.

Blitzschutz bei großen Ölbehältern

Die großen Ölbrände in Kalifornien (1926) haben die amerikanischen Ölgesellschaften veranlaßt, für ihre Öllager ausgedehnte Blitzschutzvorrichtungen anzulegen. Die Shell Company of California benutzt ein Verfahren, bei dem etwa 3,5 m über der Abdeckung des Ölbehälters ein Drahtnetz zwischen rd. 4,25 m hohen Holzpfählen gespannt ist. Einen weiteren Blitzschutz bilden um die Ölbehälter aufgestellte 45 m hohe Stahltürme. Die Größe der von diesen geschützten Kreisfläche ist abhängig von dem Verhältnis Wolkenhöhe : Turmhöhe und läßt sich aus einem Schaubild ablesen. Türme und Drahtnetz sind gut geerdet. Der Raum über dem Ölspiegel im Behälter wird mit chemisch trägem Gas gefüllt.

Ein andres Schutzverfahren nach Cage wird bei der Panamerican Petroleum Company angewendet. Hierbei gleicht man die Ladung der Wolken gegen die Erde aus und verhindert auf diese Weise überhaupt das Zustandekommen von Blitzschlägen. Zu diesem Zweck werden rd. 24 bis 27 m hohe Stahltürme in rd. 90 bis 120 m Abstand von einander aufgestellt, deren Spitzen durch je drei parallele, in einer wagerechten Ebene liegende Stacheldrähte mit je 1,20 m Abstand verbunden sind. Die Türme müssen ganz besonders gut geerdet werden. („Electrical World" 15. Oktober 1927 S. 775*) [N 964 d] Pa.

Elektrische Schmelzöfen für Nichteisenmetalle

Die elektrischen Schmelzöfen für Nichteisenmetalle[2]) sind in Amerika in den letzten 15 Jahren entwickelt worden. Man kann drei gleichlange Abschnitte unterscheiden: Versuch, Einführung in den Handel, Normung. Rd. 100 verschiedene Bauarten hat man vorgeschlagen, mit rd. 50 führte man Versuche aus, jedoch nur rd. 10 verwendet man im Betrieb; diese zerfallen in zwei Gruppen: die Induktionsöfen und die Lichtbogenöfen, zu denen neuerdings der Hochfrequenzofen gekommen ist. Von den im Jahre 1926 erschmolzenen 1 300 000 t Messing wurden 675 000 t in Elektroöfen erzeugt; 450 000 t wurden hiervon in Walzwerken und 225 000 t in Gießereien verarbeitet. Am 1. Februar 1927 waren in den Vereinigten Staaten von Amerika und in Kanada in 175 Betrieben 624 Elektroöfen in Betrieb, die jährlich 841 000 t Metall bei einem Energieverbrauch von 228 000 000 kWh erschmelzen können. („The Foundry" 15. Oktober 1927 S. 805) [N 964 e] Gw.

[2]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 349.

BÜCHERSCHAU

Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften, 218. Bd.: **Abhandlungen über die hydrodynamische Theorie der Schmiermittelreibung.** Von N. Petrow, O. Reynolds, A. Sommerfeld u. A. G. M. Michell. Leipzig 1927. Akademische Verlagsgesellschaft. 227 S. m. 45 Abb. Preis 9,60 ℳ.

Dieses Sammelbändchen stellt eine wertvolle Bereicherung der deutschen technischen Literatur dar, die mit Abhandlungen über die Theorie der Schmiermittelreibung nicht allzu reichlich bedacht ist. — Wenn das Buch auch nichts Neues enthält, so bedeutet es doch eine große Förderung dieses Zweiges der wissenschaftlichen Technik, daß man die grundlegenden Arbeiten, deren Urdrucke heute nicht leicht zu beschaffen sind, hier bequem zur Hand hat.

Der wichtigste Teil ist wohl die Arbeit von Reynolds, deren Einleitung sich mit gründlicher Auseinandersetzung des physikalischen Sachverhaltes befaßt und noch heute unveränderte Gültigkeit hat. Sie verdient die Beachtung aller derer, die sich mit den Fragen der Schmiertechnik befassen. Von den Ergebnissen der mathematischen Untersuchung sind bis heute noch unverändert geblieben:

$$\frac{d\,p}{d\,x} = -6\,\mu\,U\,\frac{h-h_1}{h^3}\,, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (31)$$

$$f_x = \mu\,(U_1 - U)\,\frac{1}{h} \mp \frac{1}{2}\,\frac{\delta_p}{\delta_x}\,h \quad \ldots\ldots \quad (19).$$

Die rechnerische Verfolgung des zylindrischen Lagers ist unzweckmäßig angelegt und heute überholt durch Arbeiten von Sommerfeld (siehe S. 108 u. f. des vorliegenden Bandes), Martin (Engineering) und Gümbel, der das Integrationsgeschäft bis zur zahlenmäßigen Auswertung durchführte. Sommerfeld hat zur Umgehung der wenig glücklichen Reihenentwicklungen Reynolds' die Integration von Gl. 31 zum Teil in geschlossener Form bewältigt. Die Abhandlung von Michell „die Schmierung ebener Flächen" ist die erste Arbeit, die sich mit dem Dreidimensionalen-Problem der Schmierschicht befaßte. Die Ergebnisse der Michellschen Arbeit waren insofern von Bedeutung, als sie die Berechnung des heute viel angewendeten Spurlagers ermöglichten.

Es ist bestimmt zu erwarten, daß durch die Verbreitung der Druckschrift die Theorie der Schmiermittelreibung, deren Entwicklung noch nicht abgeschlossen ist, in weiteren Kreisen Beachtung findet.

[E 862] Duffing

Die Wissenschaft, 77. Bd.: **Die Valenz und der Bau der Atome und Moleküle.** Von Gilbert Newton Lewis. Übersetzt von Gustav Wagner und Hans Wolff. Braunschweig 1927, Friedr. Vieweg & Sohn. 200 S. m. 27 Abb. Preis 14 *M*.

Während man beim Ausbau der Differential- und Integralrechnung, vor allem in der Lehre von den Differentialgleichungen, annahm, daß das Naturgeschehen stetig vor sich geht, und sich daher der Hoffnung hingab, eine Differentialgleichung für das Naturgeschehen angeben zu können, ist man heute, vor allem durch die Ergebnisse der Chemie und der Quantentheorie, zu der Überzeugnng gekommen, daß das Naturgeschehen unstetig verläuft. Diese Anschauung kommt in der neuzeitlichen Atomtheorie zum Ausdruck, die nach Lewis nur ein Schritt auf dem Wege zu der Auffassung von der Unstetigkeit alles Naturgeschehens bedeutet.

Nach dieser Theorie sind die chemischen Atome aus elektrischen Elementarteilchen zusammengesetzt. Damit entsteht die Frage, wie die chemischen Bindungen mit der neuen Ansicht in Einklang zu bringen sind. Diese Frage wird im vorliegenden Werke behandelt, das in erster Hinsicht den Chemiker mit der Atom- und Quantentheorie sowie vor allem mit den Theorien vertraut machen soll, die zur Klärung des Zusammenwirkens verschiedener Atome und Moleküle aufgestellt worden sind. Der Begriff „Valenz" wird dabei im weitesten Sinne für die Bindung im allgemeinen benutzt. Bei der geistreichen Schreibweise des Verfassers, die in der Übersetzung gut wiedergegeben ist, wird das Werk auch denjenigen Ingenieuren willkommen sein, die sich erst mit den neuen Anschauungen vertraut machen wollen. [E 633] W. S.

Die Schwelung von Braun- und Steinkohle. Von Adolf Thau. Zugleich 2. Auflage von „Braunkohlenschwelöfen". Halle a. d. S. 1927, Wilhelm Knapp. 722 S. m. 411 Abb. Preis 52 *M*.

Thau hat es unternommen, einen zusammenfassenden Überblick über die verschiedenen Verfahren der Schwelung von Braun- und Steinkohlen zu geben. Bei der Riesenzahl der vorgeschlagenen Verfahren mußte er hierbei aber eine Beschränkung auf solche Verfahren durchführen, die nicht nur in Patentschriften festgelegt sind, sondern zumindest im Großversuchsbetriebe die Möglichkeit einer praktischen Durchführung haben erkennen lassen.

Bei der Darstellung der Braunkohlenschwelung in Retorten nimmt der Rolle-Ofen entsprechend seiner heutigen Ausbreitung im mitteldeutschen Industriebezirk den Hauptraum der Ausführungen ein; doch ist der Verfasser auch auf die Retortenöfen neuerer Bauart, wie z. B. den Ofen der Kohlen-Veredelungs-Gesellschaft, den von Sauerbrey usw., eingegangen. Im Anschluß an die Schwelung minderwertiger Brennstoffe wird die Spülgasschwelung von Braun- und Steinkohle behandelt, ferner auf die Steinkohlenschwelung in ortfesten unterbrochen und stetig betriebenen Retorten mit Außenbeheizung, die Drehschwelöfen, die stetig betriebenen Schwelöfen mit ruhender Beschickung, Schwelöfen mit Metallbädern, die Schwelung von Kohlenstaub und als Vorstufe zur Verkokung ausführlich eingegangen. Besondere Kapitel sind den bei der Braun- und Steinkohlenschwelung anfallenden Erzeugnissen, der Gewinnung von Teer und von Leichtöl aus den Schwelgasen sowie der Wirtschaftlichkeit der Schwelung gewidmet.

Das Werk gibt in seiner klaren Sprache, unterstützt durch zahlreiche gute Abbildungen sowie schematische Darstellungen, einen hervorragenden Überblick über den augenblicklichen Stand der gesamten deutschen und ausländischen Schwelindustrie. [E 872] Pr.

Properties and testing of magnetic Materials. Von Thomas Spooner. London 1927, Mc. Graw-Hill Publishing Co. 385 S. m. 223 Abb.

Der Verfasser behandelt im ersten Teil in zwölf Kapiteln die magnetischen Eigenschaften verschiedener Legierungen; er bringt möglichst wenig Formeln, dagegen viele Schaubilder. Im zweiten Teil, der zehn Kapitel umfaßt, werden die verschiedenen magnetischen Prüfverfahren an der Hand von Abbildungen und Schaltbildern der Prüfgeräte beschrieben. Der dritte Teil bringt zwei Kapitel über Verluste in Transformatoren und in umlaufenden Maschinen; dann folgt ein Kapitel über „Magnetische Analysis", in dem die Zusammenhänge zwischen mechanischen und magnetischen Eigenschaften, z. B. Härte und Koerzitivkraft, und der Einfluß von Zug, Druck und Wärmebehandlung auf die magnetischen Eigenschaften kurz erörtert werden. Jedes Kapitel schließt mit Hinweisen auf Veröffentlichungen über das Sondergebiet. Das Buch dürfte den Fachleuten einen guten Überblick, namentlich über die amerikanischen Arbeiten, bieten. [E 854] Pa.

Kritische Betrachtungen zur Frage der Rheinisch-Westfälischen Städtebahn. Von G. Kemmann. Essen 1927, Rheinisch-Westfälische Schnellbahn. 137 S. m. 11 Taf. Preis 25 *M*.

Kemmann erörtert die rechtliche, technische und wirtschaftliche Seite des Entwurfs, insbesondere die geplanten Neuerungen und Abweichungen von den bisher üblichen Bau- und Betriebsformen, ferner Anlagekosten, Verkehr, Fahrpreise, Verkehrseinnahmen, Betriebsleistungen, Betriebsausgaben und die Wirtschaftsrechnung der Unternehmung. Ferner betrachtet er den Einfluß der Städtebahnen auf die Wirtschaft der bestehenden Verkehrsmittel und deren Ausbaumöglichkeiten für den Städteverkehr, endlich die künftige Entwicklung des Städtebahngebietes. Im Schlußwort spricht er sich in durchaus günstigem Sinne für das Unternehmen aus.

Ein Sonderabschnitt behandelt die Fahrgeschwindigkeit und den Stromverbrauch auf Städtebahnen im Vergleich zu Stadtschnellbahnen.

Die Bedeutung dieser Denkschrift geht weit über die kritische Beurteilung der geplanten Rheinisch-Westfälischen Städtebahn hinaus. Die Arbeit stellt einen Höhepunkt technischen Könnens der Gegenwart dar. Für die Fachgenossen ist von besonderem Wert das Verfahren, mit dem Kemmann den voraussichtlichen Gesamtverkehr der geplanten Städtebahn ermittelt, ferner seine Abhandlung über die Fahrschaulinien und der Nachweis der Bestätigung ihrer theoretischen Ergebnisse durch den regelmäßigen Bahnbetrieb.

Die Gedankengänge über die Verkehrsentwicklung sind neu, aber einfach und klar; die anschauliche Darstellung der Unterlagen und der Ergebnisse ist vorbildlich.

Als s. Zt. die Berliner Hochbahn geplant wurde, hat Kemmann Untersuchungen durchgeführt über den voraussichtlichen Verkehr dieses Unternehmens. Seine damaligen Schätzungen sind durch die späteren Betriebsergebnisse mit einer Genauigkeit bestätigt worden, die in der Fachwelt Aufsehen erregte.

Seitdem ist die Stellungnahme Kemmanns zu den neu auftauchenden großen Fragen namentlich des großstädtischen Verkehrswesens immer von Bedeutung gewesen. Auch in diesem Falle dürfte die vorliegende Denkschrift für die Verwirklichung der Rheinisch-Westfälischen Städtebahn von ausschlaggebender Bedeutung sein.

[E 870] Richard Petersen

Der moderne Kapitalismus. Von Werner Sombart. 3. Bd. Das Wirtschaftsleben im Zeitalter des Hochkapitalismus. 2. Halbbd. München und Leipzig 1927, Duncker & Humblot. S. 517 bis 1064. Preis 17 *M*.

Dieser Schlußband des geistvollen großen Werkes, dessen erster Teil an dieser Stelle bereits kurz gewürdigt worden ist (S. 970), bedeutet eine Krönung des Lebenswerkes von Werner Sombart, eine Zusammenfassung aller seiner bisherigen Einzelarbeiten.

Nachdem im ersten Teile die Grundlagen und der Aufbau des Hochkapitalismus behandelt worden waren, wird im vorliegenden Teile der Wirtschaftshergang selbst geschildert, und zwar in drei Abschnitten: 1. Die Elemente des wirtschaftlichen Prozesses, 2. die Bewegungsformen des wirtschaftlichen Prozesses und 3. die Gestaltung des wirtschaftlichen Prozesses in der Geschichte. In einem Schlußabschnitt gibt Sombart dann noch einen Überblick über alle Wirtschaftsformen, die am Wirtschaftsleben im Zeitalter des Hochkapitalismus Anteil genommen haben.

Der Rationalisierung der Betriebe widmet Sombart (im 3. Abschnitt) einen der größten Teile des Bandes. Ist doch auch die zunehmende Vergeistigung unsres



Wirtschaftslebens, seine Durchdringung mit Wissenschaft (scientific management) eine der hervorstechendsten Eigenschaften des hochkapitalistischen Systems. Dieser Teil bringt auch dem Ingenieur wertvolle Hinweise, um so mehr, als sich Sombart bei der Betrachtung der in diesem Zusammenhang wichtigen technischen Fragen auf solch einwandfreie Quellen wie Max Eyth, Werner v. Siemens, A. Riedler und C. Köttgen berufen kann.

Als „Zentralphänomene der hochkapitalistischen Wirtschaft" bezeichnet Sombart: „das zunehmende Überwiegen der sachlichen über die persönlichen Produktionsfaktoren im wirtschaftlichen Prozeß; die sich immer mehr ausdehnende Herrschaft der vorgetanenen über die lebendige Arbeit, der Vergangenheit über die Gegenwart, sei es in Gestalt von Instrumenten, sei es in Gestalt von Organisationen oder Vorschriften, die Vergeistung und Versachlichung also einerseits; die fortschreitende Beschleunigung des wirtschaftlichen Prozesses, d. h. die Hereinzerrung und Verausgabung von immer mehr seelischer und körperlicher Energie innerhalb eines gegebenen Zeitraumes anderseits". In ihrer Vereinigung bilden sie die „Rationalität der hochkapitalistischen Wirtschaft".

Wertvoll ist es, dem Verfasser bei seinen Gedankengängen in die Zukunft zu folgen. Sombart glaubt nicht, daß einer Wirtschaftsform die Zukunft gehören wird. Die einzelnen Formen werden sich innerlich umbilden, aber sie werden mit mehr oder weniger großen Anteilen nebeneinander bestehen bleiben.

Die kapitalistische Form wird sicher noch auf lange Zeit wichtige Wirtschaftzweige beherrschen, wenn sie sich auch sicherlich immer mehr Einschränkungen und Eingriffe seitens der öffentlichen Gewalten gefallen lassen muß. Die Gedanken der Planwirtschaft (der Grundsatz der Bedarfsdeckung gegenüber der reinen Erwerbwirtschaft) werden immer breiteren Raum einnehmen.

Das Handwerk wird sich wahrscheinlich in seinem jetzigen Umfang erhalten, das Bauerntum jedoch an Umfang und Bedeutung noch weiter wachsen; denn nur durch ein Wachstum der „inneren Kolonisation" werden sich die übervölkerten Gebiete unsres Erdteils am Leben erhalten können. Natürlich wird sich auch der Bauer weiter „modernisieren" müssen, wenn er auch glücklicherweise durch seine innere Wesenheit davor geschützt ist, vom Kapitalismus oder vom Sozialismus völlig erobert zu werden.

[E 847] Dr. Fr.

L'Organisation scientifique du travail en Europe. Von Paul Devinat. Genf 1927, Bureau International du Travail. 263 S. Preis 5 schw. Fr.

In diesem Bande behandelt das Internationale Arbeitsbureau zu Genf die wissenschaftliche Organisation der Arbeit. Ein Institut für diesen Zweck ist am 31. Januar 1927 durch das Zusammenwirken des amerikanischen Industriellen E. Filene, Boston, Albert Thomas und des Ingenieurs F. Mauro gegründet worden. — Devinat, Direktor des Instituts, ist ebenso wie die führenden amerikanischen Industriellen überzeugt, daß die wirtschaftliche Unordnung, in die die Welt durch den Krieg geraten ist, nur durch eine den neuen wirtschaftlichen und psychologischen Verhältnissen Rechnung tragende vollständige Erneuerung der wirtschaftlichen Organisation beseitigt werden kann.

[E 895] v. B.

Der Gleisabschluß. Von Willi Elsbach. Leipzig 1927, Max Jänecke. 95 S. m. 53 Abb. Preis 4,80 *M*.

Das wichtige Gebiet des Auffangens der Züge am Gleisende wird behandelt. In anschaulicher Weise werden die verschiedenen Arten von Prellblöcken einander gegenübergestellt; dadurch wird eine gute Übersicht über den heutigen Stand des Gleisabschlusses gegeben.

Turbo-blowers and compressors. Von J. Kearton. London 1926, Sir Isaac Pitman & Sons, Ltd. 333 S., 153 Abb. Preis 21 sh.

Verein Deutscher Eisenhüttenleute. **Anhaltszahlen für den Energieverbrauch in Eisenhüttenwerken.** Herausgeg. von der Wärmestelle Düsseldorf. Düsseldorf 1925, Verlag Stahleisen. 92 S. Preis 10 *M*.

Einzeldarstellungen aus der elektrischen Nachrichtentechnik. 1. Bd.: **Zur Theorie des Fernsprechverkehrs.** Von K. Frei. Berlin 1927, Weidmannsche Buchhandlung. 138 S. Preis 6 *M*.

Costruzioni elettromeccaniche. Von E. Morelli. Calcolo disegno e fabbricazione delle machine elettriche, accessori ed applicazioni. 3. Bd. Teil 3a: Machine agricole e minerarie — Industrie varie. Torino 1927, Unione Tipografico-Editrice Torinese. S. 1409 bis 1614, 18 Taf. u. 597 Abb. Preis 30 L.

La Produzione di energia elettrica in Italia nel 1926. Herausgeg. vom Ministero dei Lavori Pubblici. Roma 1927, Provveditorato Generale dello Stato. 70 S. Preis 10 L.

Handbuch des Arbeiterschutzes und der Betriebssicherheit. 2. Bd. Herausgeg. von Fr. Syrup. Berlin 1927, Reimar Hobbing. 592 S. Preis 20 *M*.

Lebenslinien. Eine Selbstbiographie von Wilhelm Ostwald. 3. Teil: Groß-Bothen und die Welt. Berlin 1927, Klasing & Co. 481 S. Preis 13 *M*.

Schaffende Arbeit und bildende Kunst im Altertum und Mittelalter. Von Paul Brandt. Leipzig 1927, Alfred Kröner. 324 S. m. 460 Abb. und 2 Farbentafeln. Preis 18 *M*.

Das deutsche Handwerk in Wort und Bild. Von B. Haldy. Reutlingen 1924, Enßlin & Laiblin. 62 S. Preis 1,50 *M*.

Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit. RKW-Veröffentlichungen Nr. 5: **Zweckmäßige Verpackung aus Holz.** Zusammengestellt vom Ausschuß für Verpackungswesen beim AWF. Berlin 1927, Beuth-Verlag. 44 S. Preis 1,50 *M*.

Köhlers Berufsbücher. **Flugzeugführer Werden und Sein.** Von H. Arntzen. Minden i. Westf. 1927, Wilhelm Köhler. 98 S. m. 3 Bildtafeln. Preis 2 *M*.

Spanische Ausgabe des VDMA-Adreßbuches. Berlin 1927, VDI-Verlag. 776 S. u. 1 Taf. Preis 25 *M*, für VDI-Mitglieder 22,50 *M*, für VDMA-Mitglieder 18 *M*.

Der deutschen, englischen und französischen ist jetzt die spanische Ausgabe gefolgt, die ebenfalls als ein hervorragendes Nachschlagewerk anzusprechen ist, und die dem im spanischen Sprachgebiet ansässigen Käufer deutscher Maschinen das gesamte Anschriften-Material und alle wissenswerten Auskünfte über Deutschlands Maschinenbauanstalten vermittelt.

Rathkes Jahr- und Adreßbuch der Zuckerindustrie Deutschlands und des Auslandes 1927/28. Berlin 1927, Safari-Verlag. 43. Jahrg. 544 S. Preis 12 *M*.

20th Century Advertising. Von George French. New York 1926, D. van Nostrand Co. 581 S. Preis 6 $.

Deutsches Biographisches Jahrbuch. Herausgeg. vom Verbande der Deutschen Akademien. 3. Bd.: Das Jahr 1921. Berlin und Leipzig 1927, Deutsche Verlagsanstalt Stuttgart. 323 S. Preis 15 *M*.

Maukischs deutschkundliche Lesehefte für kaufmännische Berufs- und Fachschulen. 3. Heft: **Mensch und Maschine.** Zusammengestellt von Walther Lentz. Freiburg i. Sa. 1927, Ernst Mauckisch. 48 S. Preis 0,90 *M*.

Fünf ausgewählte Rundfunkempfänger. Von Manfred von Ardenne. Berlin 1927, Rothgiesser & Diesing. 36 S. m. Abb. Preis 1 *M*.

Wegweiser durch das allgemeinverständliche Schrifttum der Gegenwart. Von W. Winker. Bielefeld 1927, W. Bertelsmann. 471 S. Preis 12 *M*.

ZUSCHRIFTEN AN DIE REDAKTION

Die Anforderungen der Textilindustrie an ihre Werkstoffe

Es ist lebhaft zu begrüßen, daß auch in der Textilindustrie der Anfang gemacht werden soll, die Eigenschaften ihrer Werkstoffe festzulegen und Prüfverfahren dafür anzugeben. In dieser Industrie liegen die Verhältnisse noch völlig im argen. Wenn in dem Aufsatz, Z. Bd. 71 (1927) S. 1053, gesagt wird, daß die Prüfung des Garnes viel allgemeiner im Gebrauch ist, so trifft das auf die Baumwollindustrie nicht zu. Denn würden die Baumwollgarne regelmäßig und sorgfältig geprüft werden, so würde man nicht so ungeheuer viel Baumwollwaren antreffen, die außerordentlich viele Unregelmäßigkeiten im Gespinst aufweisen. Es muß jedenfalls auf dem Gebiete der Werkstoffprüfung in der Textilindustrie noch sehr viel Arbeit geleistet werden, um befriedigende Verhältnisse zu schaffen.

In einem Satze S. 1053 (Abschnitt Garn, 2. Absatz 1. Zeile) steht zu lesen: Faserelemente, und im folgenden: Fasern. Dadurch wird die Klarheit der Ausführungen stark beeinträchtigt.

Es sind aber auch Fehler vorhanden, die unbedingt hätten vermieden werden müssen. So wird geschrieben (S. 1053, Abschnitt Garn, 1. Absatz 5. Zeile): „Je mehr Faserelemente auf den Querschnitt kommen, desto dicker wird der Durch-

messer des Garnes und desto größer ist die Feinheit." In Wirklichkeit ist aber das Gegenteil der Fall, denn je dicker ein Garn ist, um so geringer ist die Feinheit.

Weiterhin wird S. 1053 (Abschnitt Garn, 1. Absatz 7. Zeile) geschrieben: „Die Feinheit wird durch das Verhältnis der Länge zum Gewicht ausgedrückt. Die Feinheitsnummer beeinflußt also die Tragfähigkeit des Gewebes sowie das Aussehen." Der Zusammenhang zwischen der Tragfähigkeit des Gewebes und der Feinheit des Garnes ist nicht recht zu erkennen. Vielleicht sollte hier auf die Beziehungen zwischen den Eigenschaften des Garnes und der Festigkeit, die überhaupt nicht erwähnt wird, hingewiesen werden. Vor allen Dingen müßte eine möglichst hohe Gleichmäßigkeit der Fäden gefordert werden.

Bei Baumwollgespinsten deutscher Herkunft wird in diesem Punkte noch recht viel gesündigt. Daß dabei die Untersuchung der Garnnummer und der Drehung des Garnes auch mit vorgenommen werden muß, ist selbstverständlich. Aber auch die Zug- und Scheuerfestigkeit dürfte bei der Prüfung nicht vernachlässigt werden, weil sie für die Verwendung der aus den Garnen hergestellten Waren von größter Bedeutung sind.

Wenn nun weiter unter dem Abschnitt Baumwolle hervorgehoben wird, daß die Beanspruchung der beiden Fadensysteme eines Gewebes ganz verschieden wäre, so muß hiergegen entschieden Einspruch erhoben werden. Die Beanspruchung der Garne bei der Herstellung eines Gewebes spielt doch in Wirklichkeit nur eine nebensächliche Rolle, wenn auch zugestanden werden muß, daß die Rücksichten darauf bisher alle anderen, viel wichtigeren Rücksichten unterdrückt haben. Will man aber hochwertige Ware herstellen, so muß in erster Linie untersucht werden, welche Anforderungen an das Gewebe beim Gebrauch gestellt werden.

Wenn man heutzutage vor allen Dingen auf das Aussehen der Textilwaren Wert legt und die Mängel durch die Appretur zu verschleiern sucht (z. B. durch Füllappreturen), so müssen in Zukunft viel wichtigere Eigenschaften in den Vordergrund gestellt werden. Es wäre höchste Zeit, endlich die Bedingungen festzulegen, welche die Textilwaren zu erfüllen haben, und die Prüfverfahren zu ihrer Feststellung auszuarbeiten. Betrachtet man z. B. ein Hemdentuch, ein Ärmel- oder ein Taschenfutter, so zeigt es sich, daß von einer Verschiedenheit der Beanspruchung der Fäden in der Kett- oder Schußrichtung beim Gebrauch gar nicht gesprochen werden kann. Im Gegenteil, die Beanspruchung ist in den allermeisten Fällen vollkommen gleich. Aus diesem Grunde müßten eigentlich Kett- und Schußgarne von ganz gleichen Eigenschaften sein, weil nur dann die beste Haltbarkeit der Stoffe verbürgt ist.

Natürlich müßte man dann mit den überlieferten Gewohnheiten brechen und dürfte als Schuß nicht mehr ein feineres und loser gedrehtes Garn von geringerer Haltbarkeit verwenden. Die Gewebe würden aber an Güte viel gewinnen, besonders wenn man dann auch auf hochwertiges Garn achtet. Vom volkswirtschaftlichen Standpunkt aus betrachtet, liegt hier eine Aufgabe von größter Bedeutung vor. Deshalb sollten alle zuständigen Stellen die Anregungen, die in diesem Aufsatze zum ersten Male gegeben worden sind, rasch und entschlossen aufgreifen und tatkräftig fördern. Das wäre das einzige zweckmäßige Mittel, die Güte der deutschen Textilwaren wesentlich zu heben und sie auch auf den Auslandmärkten wettbewerbfähig zu machen. [D 733]

Charlottenburg Dipl.-Ing. Alfred Schmidt

Entgegnung

Zu der Zuschrift von Dipl.-Ing. A. Schmidt, Charlottenburg, bemerken wir:

Der Satz, S. 1053 1. Absatz Zeile 15: „Die Prüfung des Garnes läßt sich wesentlich leichter durchführen und ist deshalb viel allgemeiner im Gebrauch, als die wissenschaftliche Prüfung des Rohstoffes", — ist richtig und ein Nichtzutreffen wird sich nicht beweisen lassen. Wohl mag Dipl.-Ing. Schmidt recht haben, wenn er feststellt, daß auch der Prüfung der Garne noch recht wenig Beachtung geschenkt wird, aber unsere Behauptung, daß die Garnprüfung viel allgemeiner im Gebrauch sei, als die Prüfung des Rohstoffes, wird davon nicht berührt.

Der von Dipl.-Ing. Schmidt gerügte Fehler: „Je mehr Faserelemente auf den Querschnitt kommen, desto dicker wird der Durchmesser des Garnes, und desto größer ist die Feinheit", ist leider vorhanden. Daß hier ein Druckfehler vorliegt, ist für jeden, der den Sinn dieses Satzes erfaßt hat, klar. Von uns wurde geschrieben, „desto gröber ist die Feinheit". Bei dieser Gelegenheit möchten wir noch auf zwei weitere Druckfehler aufmerksam machen. S. 1053 rechte Spalte zweiter Abschnitt Zeile 10 muß es statt „Maschine" „Masche" heißen und S. 1054 linke Spalte, 3 Zeilen nach Zahlentafel 1, statt „schützen" „schätzen".

Die Festigkeit ist bei der Betrachtung der allgemein für jedes Garn gültigen Forderungen nicht berührt, und zwar mit voller Absicht; denn je nach Rohstoff und Gebrauchzweck sind verschieden hohe Forderungen zu stellen, wie dies ja in der Abhandlung jeweils an der geeigneten Stelle erwähnt ist. Das gleiche gilt für die Gleichmäßigkeit. Zudem lassen sich gute Festigkeit und möglichst hohe Gleichmäßigkeit lediglich mit Rohstoffen erzielen, die der Spinner nur für solche Zwecke verwenden kann, die unbedingt diese Forderungen erfüllen müssen. Festigkeit und Gleichmäßigkeit sind also Funktionen des Preises.

Bei den weiteren Ausführungen hat Schmidt wohl den Titel der Arbeit vergessen und seine Äußerungen nach dem von ihm angeführten Leitsatz: „Welche Anforderungen an das Gewebe beim Gebrauch gestellt werden" weitergeführt. Dadurch müssen sich, sofern unsere Arbeit dem Thema entspricht, verschiedene Ansichten ergeben.

Die Forderung von Schmidt, für Kette und Schuß gleich hart gedrehtes Garn zu verwenden, wird wohl weder in Erzeugerkreisen noch in Verbraucherkreisen großen Anklang finden. [D 733]

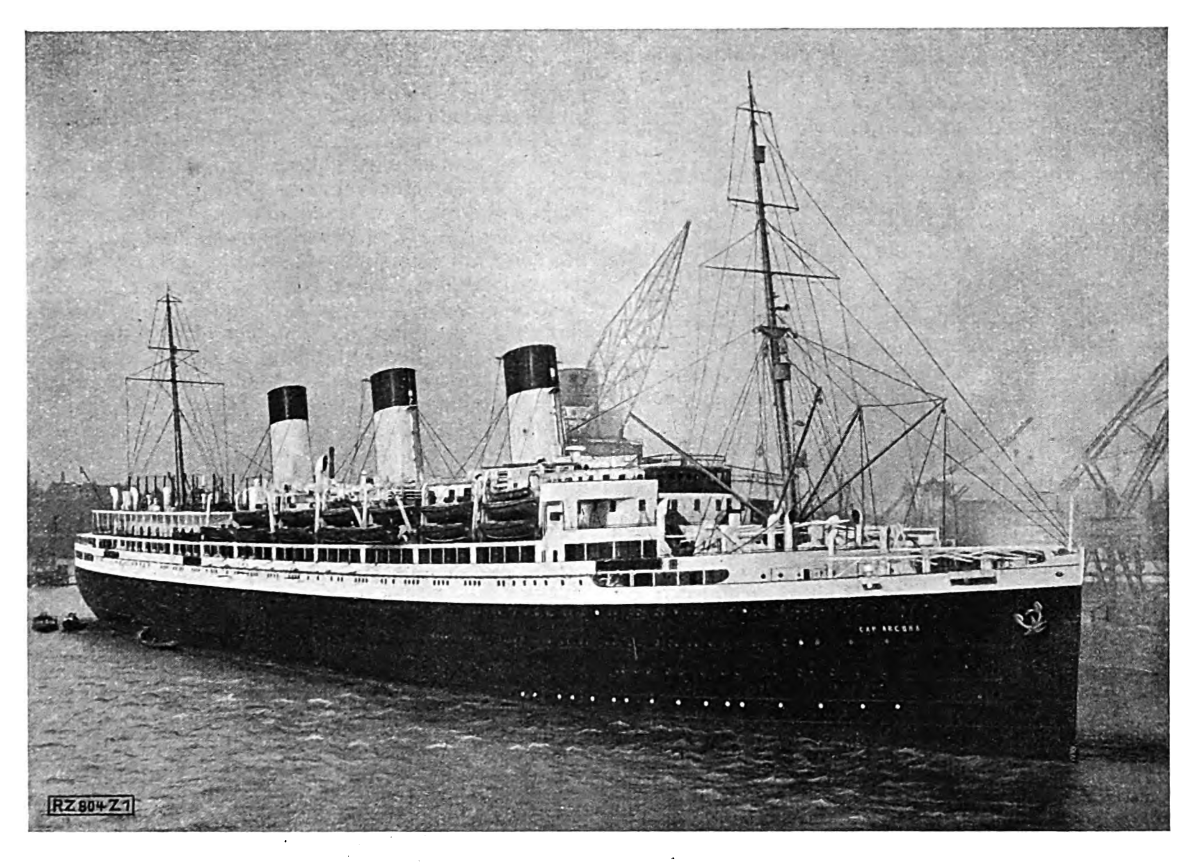
Dresden G. Krauter und H. Vollprecht

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★
Bd. 71 SONNABEND, 19. NOVEMBER 1927 Nr. 47



Doppelschrauben-Turbinendampfer „Cap Arcona"

Von Dipl.-Ing. E. Luchsinger, Berlin

(Hierzu Tafel 3 bis 6 sowie Textblatt 21 und 22)

Konstruktion des Schiffskörpers — Einteilung — Gesellschaftsräume — Wirtschaftseinrichtungen — Führung und Betrieb des Schiffes — Hauptmaschinen — Hilfsmaschinen — Elektrische und Kühlanlage

Der neue Fahrgastdampfer „Cap Arcona" der Hamburg-Südamerikanischen Dampfschiffahrts-Gesellschaft, Hamburg, erbaut bei Blohm & Voß in Hamburg, stellt eine Weiterentwicklung des Vorkriegsdampfers „Cap Polonio" dar. Was die Zwischenzeit an technischen Fortschritten und Erfahrungen gebracht hat, zeigen die Unterschiede beider Schiffe. Um trotz größerer Aufbauten genügende Stabilität in allen Betriebzuständen ohne Einnahme von Ballastwasser zu erreichen, hat man „Cap Arcona" 3,75 m breiter als „Cap Polonio" gebaut, so daß formstabile Anbauten nicht erforderlich sind. Die Geschwindigkeit ist von 18,5 auf 20 Kn erhöht worden, und an Stelle der Kolbenmaschinen mit Abdampfturbinen auf „Cap Polonio" sind zwei neuzeitliche Getriebeturbinensätze getreten. Für die freimütige Hergabe der erwünschten Unterlagen, sowie für die wertvolle Unterstützung bei der Bearbeitung sei an dieser Stelle insbesondere der Bauwerft sowie auch der Reederei gedankt.

Schiffbautechnischer Teil

Beim Bau des Schiffes für die höchste Klasse des Germanischen Lloyds „mit Freibord" sind die neuesten aller in Frage kommenden Vorschriften und Gesetze berücksichtigt worden. Ein um zwei Stevenbreiten ausfallender gerader Vorsteven, Kreuzerheck, lange Aufbauten, zwei hohe Pfahlmasten und drei Schornsteine bilden die äußeren Merkmale des Schiffskörpers. Neben örtlichen Raumdecks im Vor- und Hinterschiff sind fünf durchlaufende Stahldecks, zwei Aufbaudecks und die Kommandobrücke vorgesehen. Der Aufbau des Schiffes geht aus den Abb. 1 bis 9, Tafel 3 und 4, hervor.

In dieses Schiff sind zwei Arten von Frahmschen Schlingerdämpfeinrichtungen eingebaut worden. Zu beiden Seiten des hinteren Kesselraumes befinden sich schmale Tanks in der Höhe der Schwimmlinie, die durch Außenbordöffnungen mit dem Seewasser in Verbindung stehen und durch Luftkanäle innerhalb des Schiffes verbunden sind. Ferner haben die Seitenhochbunker zwischen den beiden Kesselräumen einen Überströmkanal über dem Doppelboden, sowie Verbindungsluftkanäle erhalten und sind so zu einer Dämpfanlage ausgebaut worden. Die letztere Anlage besteht aus zwei ungleich großen Abteilungen, die je nach den Stabilitätsverhältnissen des Schiffes zusammen oder einzeln in Betrieb genommen werden können. Um auch diese Räume als Stauräume auszunutzen, hat man als Dämpfungsflüssigkeit statt Wasser Heizöl gewählt.

Die Berechnungsergebnisse der Schiffsform gibt Abb. 10 wieder.

Eisenkonstruktion. Die Baustoffdicken sind aus dem Hauptspant, Abb. 11, ersichtlich. In den Aufbauten sind keine Dehnungsfugen vorhanden. Sämtliche Decks mit Ausnahme des Bootsdecks sind ganz beplattet und zu tragenden Verbänden ausgestaltet. Die obersten Außenhautgänge sind hydraulisch genietet.

Weiträumige Abstützung mit Unterzügen ist vorherrschend. Im Bereich der Kammern sind die Stahlwände der Badezimmer in die Stützenreihe verlegt worden. Um die größtmögliche Deckenhöhe zu erhalten, hat man dort Deckbalken aus U-Profilen angeordnet. In den Staatswohnungen sind auch die Unterzüge besonders niedrig.

Bemerkenswert ist die Konstruktion des stützenlosen 35 m langen und 18 m breiten Speisesaals 1. Klasse, wo vier Gitterträger mit Rahmenspanten, Abb. 12, Tafel 5, und zwischenliegenden Deckbalken sowie zwei hohe Unterzüge vorgesehen sind. Die Halle und der Festsaal haben Träger von geringerer Höhe, da hier jeder Träger noch durch zwei Stützen getragen wird.

Das Ruder, ein Verdrängungsruder von 21 m² Fläche, ist in seiner Form als Fortsetzung des Hinterschiffes ausgebildet. Die Konstruktion von Ruder und Hintersteven zeigen Abb. 13 bis 19, Tafel 5. Die Fingerlinge aus Nickelstahl sind in Stahlbüchsen gelagert. Die Wellenböcke haben eine lange, jedoch symmetrische Zuschärfung.

Einteilung. Den für die Fahrgäste verfügbaren Raum haben Reederei und Erbauer nach folgenden Grundsätzen ausgenutzt:

Das gesamte Mittelschiff vom E-Deck bis zum Bootsdeck ist für die Fahrgäste 1. Klasse eingerichtet. Die 2. Klasse ist auf dem E- und dem D-Deck untergebracht. Das Vorschiff vom F-Deck bis zum C-Deck enthält die 3. Klasse. Der übrige Teil des F-Decks dient der Besatzung als Unterkunft.

Über die Fallreeps betreten die Fahrgäste durch acht Eingangspforten auf dem E-Deck das Schiff. Diese sind in der 1. Klasse 1,2 m, in der 2. und 3. Klasse 2 m breit. Dem Verkehr von Deck zu Deck für die 1. Klasse dienen zwei Treppenaufgänge und zwei Fahrstühle für sechs Personen vom E-Deck bis zum Sportdeck. Die 2. Klasse verfügt über eine Haupttreppe und einen Aufzug für sechs Personen vom E-Deck bis zum C-Deck; der Aufgang der 3. Klasse im Hinterschiff führt vom F-Deck bis zum C-Deck.

Außerdem sind die Wirtschaftsräume der 1. und der 2. Klasse durch zwei Proviantaufzüge für je 1000 kg mit den Proviantträumen verbunden. Ein kleinerer Aufzug für Bierfässer verbindet die Wirtschaftsräume auf dem C-Deck mit der Schenke 1. Klasse. Vom D-Deck zum Schwimmbad führen eine Treppe und ein Fahrstuhl für sechs Personen. Schließlich liegen noch ein Gepäckaufzug und ein Proviantaufzug zur Küche der 3. Klasse je für 1000 kg im Vorschiff, sowie ein Wäscheaufzug für 250 kg im Hinterschiff. Sämtliche Aufzüge werden elektrisch angetrieben und haben teils Hebelsteuerung in der Kabine, teils Druckknopfsteuerung.

Die Gesellschaftsräume der verschiedenen Klassen sind durchweg von einfacher Vornehmheit und besonderer für das Tropenschiff erwünschter Geräumigkeit. Besondere Prägung durch ihre künstlerische Ausgestaltung haben in erster Linie die Räume der 1. Klasse erhalten. Der Neuzeit entsprechend ist den einzelnen Räumen durch Verwendung verschiedener Edelhölzer teils mit Stoff- oder Lederbespannung ein eigener Charakter gegeben, wobei überall eine ruhige Flächenwirkung vorherrscht. Die Ausführung lag in Händen der Firma C. Friese, Hamburg, nach den Entwürfen des Architekten H. E. Mieritz, Berlin.

Das B-Deck wird vollständig durch Gesellschaftsräume der 1. Klasse eingenommen Durch große Glastüren miteinander verbunden, liegen hier das Rauchzimmer, der Festsaal, die Halle und der Speisesaal, der auf Wunsch der Reederei auf dem Promenadendeck angeordnet wurde. Dies ermöglichte den Einbau hoher Glastüren in den Seitenwänden, so daß der Aufenthalt in diesem hohen, hellen und gut durchlüfteten Raum auch in den Tropen angenehm sein wird. Der Speisesaal ist 5,2 m hoch, während die Höhe der übrigen Räume 4,2 m beträgt. Um die Deckhäuser in einer Rundganglänge von 330 m liegt das 4 bis 5 m breite Wandeldeck, das vorn bis zum Ende des Festsaals und am hinteren Ende durch ein festes Schanzkleid mit großen Schiebefenstern geschützt ist. Außerdem stehen den Fahrgästen 1. Klasse noch eine offene Promenade zu beiden Seiten des Bootsdecks sowie das Sportdeck zur Verfügung.

Das **Rauchzimmer**, Abb. 20, Textblatt 21, ist in Nußbaumholz mit Maserfüllungen ausgeführt. Sessel und Sofas haben Leder- und Gobelinbezüge. Für die Beleuchtung sind vier Bronzekandelaber mit Alabasterschalen aufgestellt. Die Decke hat Sternbildornamente. Die Wand- und Deckentäfelung des **Festsaales**, Abb. 21, Textblatt 21, ist seiner Bestimmung gemäß in hellen Farbtönen mit reicher Vergoldung gehalten, dabei sind die Wandflächen durch geschnitzte Säulen mit vergoldeten Kapitälen unterteilt. Das Mittelfeld der Decke bildet ein Gemälde. Der Raum wird durch zehn Kandelaber in halbrunden Nischen sowie auch mittelbar beleuchtet. Im Gegensatz zu den hellen Wänden sind die Möbel aus dunklem Mahagoniholz mit seidenen Bezügen in roten und goldgelben Tönen angefertigt.

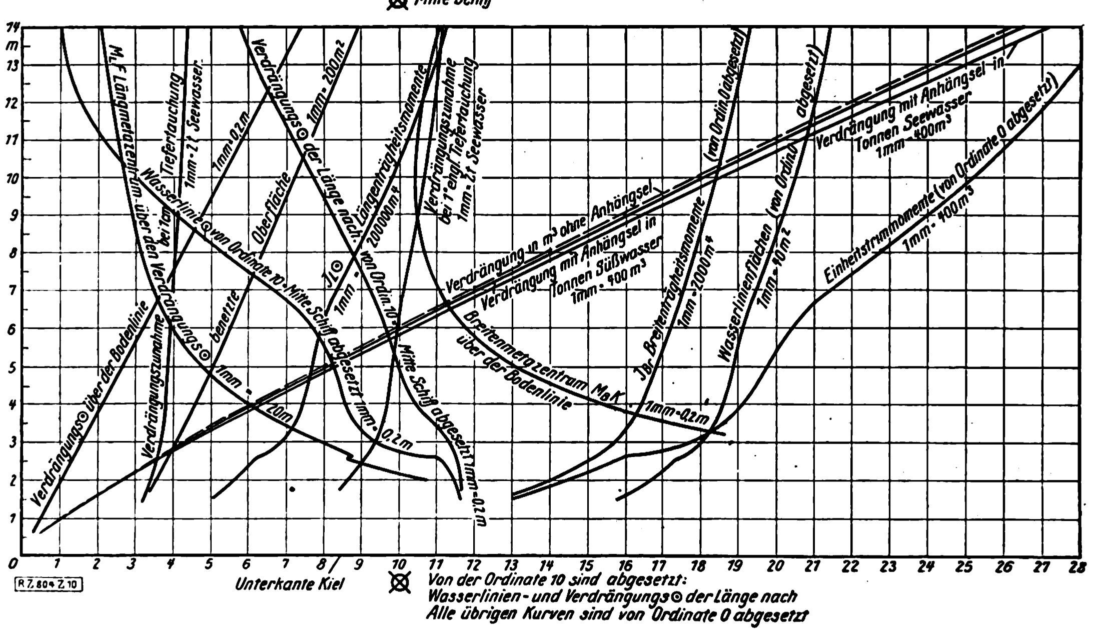


Abb. 10. Berechnungsergebnisse für die Schiffsform

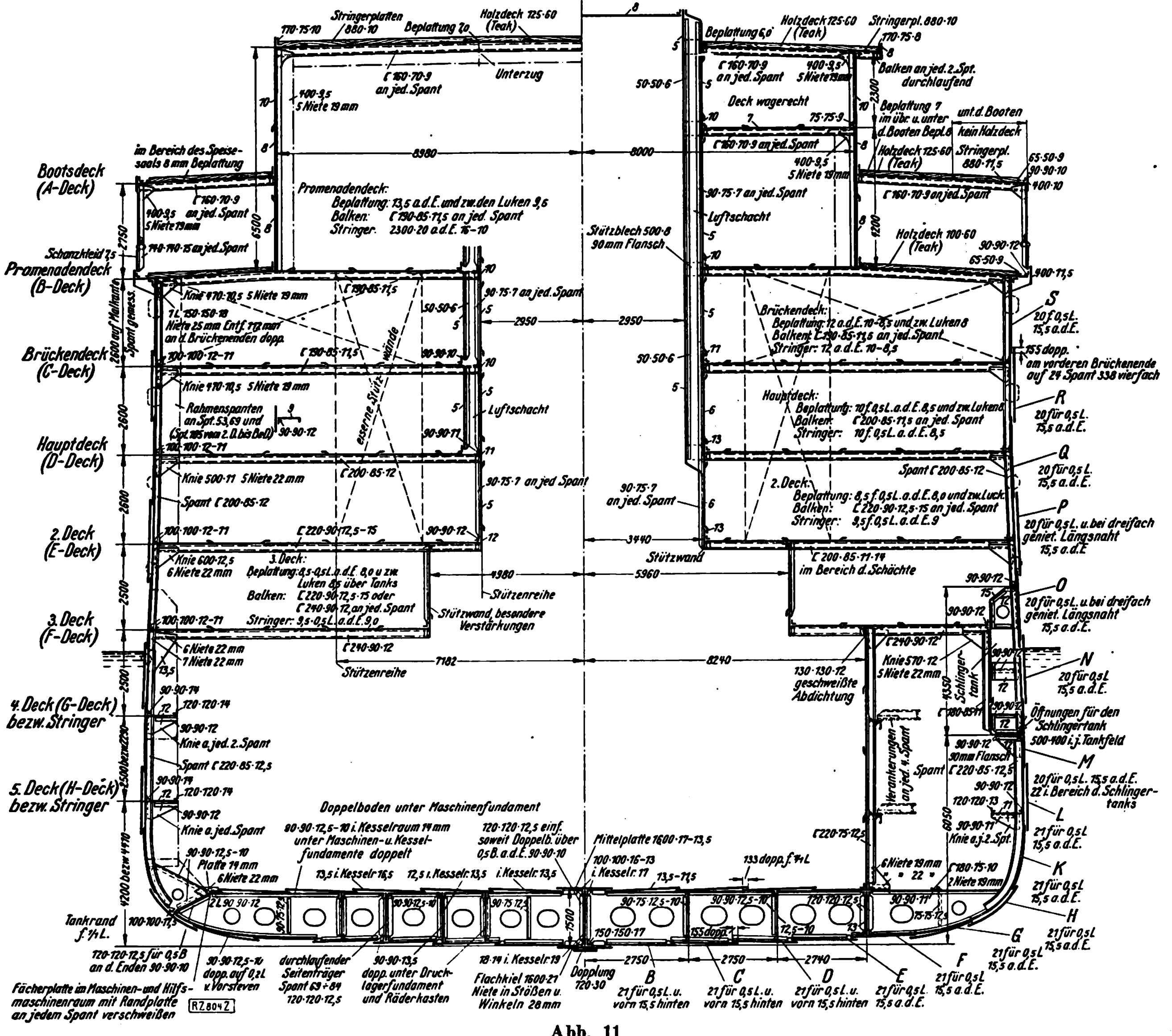


Abb. 11
Hauptspant

Zwischen Festsaal und Halle liegen die Galerien, Abb. 21, mit dunklen Mahagonitäfelungen zu beiden Seiten des hinteren Kesselschachtes. Am vorderen Ende der Halle, Abb. 22, Textblatt 21, befinden sich Schreibnischen, anschließend seitlich Bücherschränke. Für die Ausstattung dieses Raumes ist helles, scharf gestreiftes Zebranoholz verwendet worden; die Vorderwand ist mit Saffianleder bespannt. Ebenso sind auch die Möbel und Vorhänge in roten Tönen gehalten. Die Kapitäle der Säulen werden mittelbar beleuchtet. Am hinteren Ende geben zwei vierflügelige Türen zu beiden Seiten der Freitreppe Zugang zu den Vorräumen des Speisesaales, die in gelbem Lackschliff mit Malerei gehalten sind.

Der Speisesaal, ein hoher, heller Raum, hat eine Täfelung aus Zitronenholz; für die Pilaster und die Sockel sowie auch für die Türen ist Polisanderholz verwendet. Die Wandflächen sind mit grüner, goldgelb gemusterter Seide bespannt. Vergoldete Ornamente verzieren die Decke. Zur Ausschmückung des Raumes hat man die Mitte der Vorderwand und die Hinterwand zu beiden Seiten des erhöhten Musikpodiums mit Gobelins bespannt. Der Saal bietet Sitzplätze für rd. 450 Personen an kleinen runden Tischen und hat Möbel aus Polisanderholz; die Sessel sind mit grünem Leder bezogen. Außer den beiden Kronleuchtern und den Wandlampen ist noch mittelbare Beleuchtung in den Deckenfeldern vorgesehen.

Der Wintergarten in rotem Padukholz liegt auf dem A-Deck und hat ein Oberlicht mit bunter Verglasung. Beachtenswert ist hier der Marmorbrunnen mit Neonröhrenlicht und das Marmorrelief von Bildhauer Feuerhahn, Berlin. In gleicher Höhe wie das Bootsdeck liegen die beiden kleineren Privatspeisezimmer mit rotseidener Wandbespannung und Polisandermöbeln.

Durch Verwendung verschiedener polierter Edelhölzer, zum Teil in Verbindung mit heller Seidenstoffbespannung sowie durch die entsprechend gestimmte Möblierung hat jede der acht Staatswohnungen ihre besondere Note erhalten. Ein Vorhang schließt jeweils den nach innen gelegenen Schlafraum ab, Abb. 23, Textblatt 21. Zu jeder Wohnung gehört ein Bad und ein Kofferraum, wie die linke Hälfte von Abb. 24, Tafel 5, zeigt. Die Bäder haben Wandkachelung und Mosaik-Fliesenbelag. Hier sind Feuertonwannen aufgestellt worden; einer Mischarmatur kann man kaltes und warmes See- und Süßwasser entnehmen; die Doppelwaschtische haben Alabasterglasplatten.

In den übrigen Kammern der 1. Klasse sind die Wände in Sperrholzplatten teils mit Tekkotapeten bekleidet, teils in Lackanstrich ausgeführt. Die 1. Klasse hat nur freistehende Holz- oder Metallbetten. Abb. 24, Tafel 5, zeigt ihre Einrichtung; die Luxuszimmer haben außerdem Sofas Bei den Zimmern mit Privatbad sind die Waschtische in den Bädern untergebracht. Diese Badezimmer haben im Gegensatz zu den oben erwähnten die leichteren emaillierten gußeisernen Wannen und Einzelwaschtische auf Wandkonsolen. Alle Waschtische sind mit Zapfstellen für fließendes Kalt- und Warmwasser versehen.

Die Reederei hat besonderen Wert auf die Möglichkeit gelegt, beliebig nebeneinander liegende Kammern zu

gemeinsamen Wohnungen vereinigen zu können. Zu diesem Zweck sind sämtliche Kammern 1. Klasse im D- und E-Deck durch Zwischentüren verbunden.

Die Zusammenstellungen, Zahlentafel 1 bis 3, geben eine Übersicht über die Unterkunft der Fahrgäste, Zahlentafel 4 über Bäder und Aborte.

Zahlentafel 1
1. Klasse

Zahl der Kammern und Schlafplätze						Gemeinschaftsräume	Sitzplätze
K	B	EB	KB	RB	Schlafplätze	Speisesaal	436
379	553	23	20	40	636	Privatspeisezimmer	64
						Halle, Festsaal	263
						Rauchzimmer, Galerie	132
						Wintergarten	100
						Kinderzimmer	29

K = Kammern, B = Betten, EB = Einhängebetten, KB = Kinderbetten, RB = Reservebetten.

Zahlentafel 2
2. Klasse

Kammern		Gemeinschaftsräume	Sitzplätze
K	Schlafplätze	Speisesaal	272
94	274	Gesellschaftsraum	54
		Rauchzimmer	62

Zahlentafel 3
3. Klasse

Wohndecks	Schlafplätze	Gemeinschaftsräume	Sitzplätze
3	B 530	Speisesaal	177

Zahlentafel 4

Klasse	Bäder privat	Bäder öffentlich	Aborte privat	Aborte öffentl.
Staatswohnungen und Zimmer	8	—	8	—
1. Klasse	102	46	106	52
2. „	—	14	—	22
3. „	—	4 und 4 Brausen	—	21

Die öffentlichen Bäder liegen in Gruppen an besonderen Quergängen, so daß ihre Bedienung möglichst vereinfacht ist. Auch in der 2. und 3. Klasse ist überall fließendes Süßwasser. Die Ausstattung dieser umfangreichen Anlagen entsprechen durchaus den weitgehenden hygienischen Anforderungen der heutigen Zeit.

Auf den neueren Fahrgastschiffen werden den Reisenden immer weitergehende Möglichkeiten geboten, sich den Aufenthalt an Bord durch Vergnügungen, Sport und Körperpflege zu verkürzen. So werden Musikdarbietungen für die 1. Klasse mit den modernsten Mitteln den andern Klassen übertragen. Für alle Klassen sind reichliche Deckplätze geschaffen worden. Das Sportdeck bietet Gelegenheit zu den verschiedensten Spielen. Ebenso findet man in der Turnhalle die üblichen Geräte für Turn-, Reit-, Radfahr- und Ruderübungen.

Besonders beachtenswert ist das Schwimmbad mit den medizinischen Bädern und zugehörigen Räumen, Abb. 25, Tafel 5, und 26, Textblatt 22, die bei der heutigen Ausnutzung der oberen Decks für sportliche Zwecke ins Unterschiff verlegt sind. Wegen der tiefen Lage des Schwimmbades ist die künstliche Lüftung reichlich bemessen, nach Bedarf wird die eingelassene Luft vorgewärmt. Außer einem Treppenaufgang ist für die Bequemlichkeit der Benutzer noch ein Fahrstuhl vorgesehen. Durch Art und Farbe der keramischen Baustoffe und durch die Beleuchtung hat die Halle eine ihrer Verwendung angepaßte künstlerische Ausstattung erhalten. Am vorderen Ende wird das 10 m lange und 6 m breite Becken durch eine Kaskade abgeschlossen, die zur Auffrischung des Inhalts dauernd gespeist wird. Die Temperatur des Seewassers wird auf 18 bis 22 °C gehalten, wofür im vorderen Kesselraum ein Seewasseranwärmer aufgestellt ist. Im Bedienungsraum dienen zwei Pumpen zum Entleeren des Beckens, zum Lenzen des Überlaufbehälters oder zum Umwälzen des Inhalts. Der Überlaufbehälter hält den Wasserspiegel gleichmäßig auf 0,9 oder 1,65 m über dem Boden. Ein Luftgebläse durchlüftet durch 140 Perldüsen im Boden den Wasserinhalt.

Für frische Blumen sorgt die Gärtnerei mit dem Warm- und Kalthaus am Ende des A-Decks. Blumenkeime werden im angrenzenden Kühlhaus mitgenommen. Der Blumenladen befindet sich im Vorraum auf dem D-Deck. Auch stehen den Fahrgästen die Bibliothek, eine Buchhandlung, der Bordphotograph, eine Dunkelkammer, eine Schneider- und Schuhmacherwerkstatt mit zwei elektrischen Schuhputzmaschinen, sowie die Bordwäscherei zur Verfügung. In der Druckerei werden auf einer Tiegeldruckpresse sämtliche Drucksachen hergestellt.

Für Kranke sind vorn auf dem D-Deck ein Operationsraum, getrennte Hospitäler für Damen und Herren der 3. Klasse, ein Raum für Genesende, eine Zelle für Geisteskranke, eine deutsche und eine spanische Apotheke vorgesehen. Die Wohnräume der drei Ärzte und des Pflegepersonals liegen unmittelbar unterhalb der Krankenräume auf dem E-Deck. Für ansteckende Krankheiten sind zwei Isolierhospitäler hinten auf dem E-Deck vorgesehen.

Wirtschaftseinrichtungen. Das Ansehen einer Reederei beim reisenden Publikum wird nicht nur durch die Wohnlichkeit und Behaglichkeit der Einrichtungen und die Schnelligkeit ihrer Schiffe, sondern in hohem Maß auch durch die Art und Güte der Verpflegung bestimmt. Die Durchbildung der umfangreichen Wirtschaftsanlagen, die wegen der großen Personenzahl und zur Erfüllung der verschiedensten Ansprüche hohen Anforderungen genügen müssen, ist in technischer Hinsicht sehr bemerkenswert. Im Interesse der Wirtschaftlichkeit und der Raumersparnis werden möglichst viele Arbeiten mit Maschinen ausgeführt.

Damit sich möglichst kurze Bedienungswege ergeben, war für die Lage der Küchen die Anordnung der Speisesäle maßgebend. Wegen der verschiedenen Anforderungen haben die einzelnen Klassen vollkommen getrennten Betrieb. Gemeinsam sind nur die Schlachterei, die Bäckerei und die Konditorei, die mit den Küchen 1. und 2. Klasse in einem Raume hinten auf dem C-Deck liegen. Der Raum steht unter Aufsicht des Oberkochs.

Damit die Küchengerüche die Fahrgäste nicht belästigen, ist dieser Raum vollständig von den Wohnräumen abgeschlossen. Ferner haben die eisernen Wände zwischen den einzelnen Abteilungen im oberen Teile Drahtgitter, damit man sie recht gut durchlüften kann. Die Entlüftung ist besonders reichlich bemessen; jeder einzelne Raum ist an die verschiedenen Kanäle unter der Decke angeschlossen. Über den Herden hat man große Dunstfänger angebracht, die mit diesen Abzugkanälen unmittelbar verbunden sind. Der Wrasen der Dampfkochkessel wird in Kondenstöpfen niedergeschlagen. Die Herde und Öfen haben elektrische Heizung erhalten, für die Kochkessel, die übrigen Kocher und Wärmschränke ist Dampfheizung vorgesehen, so daß die sonst so schwierige Rauchabführung gänzlich vermieden ist.

Die Mannschaftsküche, die Wirtschaftsräume für die 3. Klasse und die Israelitenküche liegen in einem abgesonderten Deckhaus vorn auf dem C-Deck und sind nach denselben Grundsätzen eingerichtet worden.

Da in der 1. Klasse während der Hauptmahlzeiten nur nach einer Speisenfolge gegessen wird, ist die Zubereitung sowie die Bedienung vereinfacht. In der 3. Klasse wird in drei Gruppen gegessen, so daß der Speisesaal und die Küche dementsprechend kleiner bemessen werden konnten. Abb. 27 bis 29, Tafel 5, und Abb. 30, Textblatt 22, zeigen die Einrichtung der einzelnen Räume.

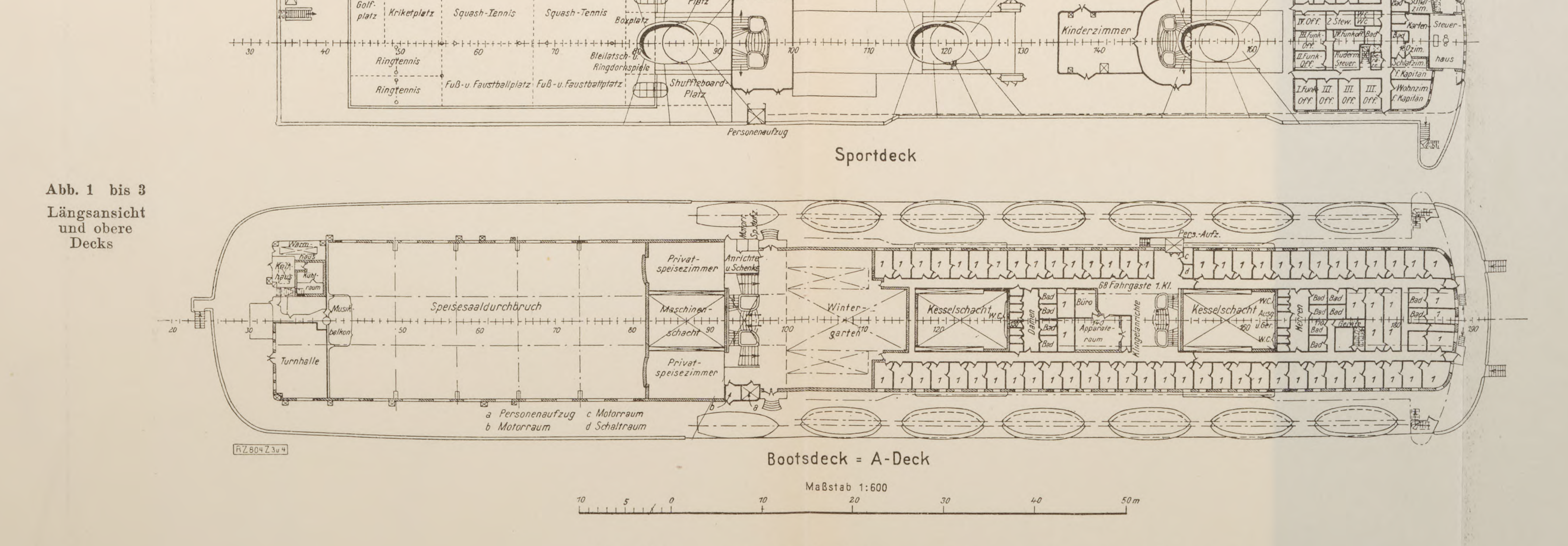


Abb. 1 bis 3
Längsansicht und obere Decks

Hauptangaben.

Länge über alles	205,9	m
„ zwischen den Loten	195	„
Breite über Spanten	25,7	„
Seitenhöhe bis zum D-Deck	14,3	„
Seitenhöhe bis zum Schottendeck	11,7	„
Größter Tiefgang	8,67	„
Tragfähigkeit rd.	11 500	t
Fahrgäste 1. Klasse	553	
„ 2. „	274	
„ 3. „	530	
Besatzung	630	
Bruttoraumgehalt	27 560	R.-T.
Geschwindigkeit	20	Kn
Maschinenleistung	24 000	PS_e

Luchsinger: Doppelschrauben-Turbinendampfer „Cap Arcona“

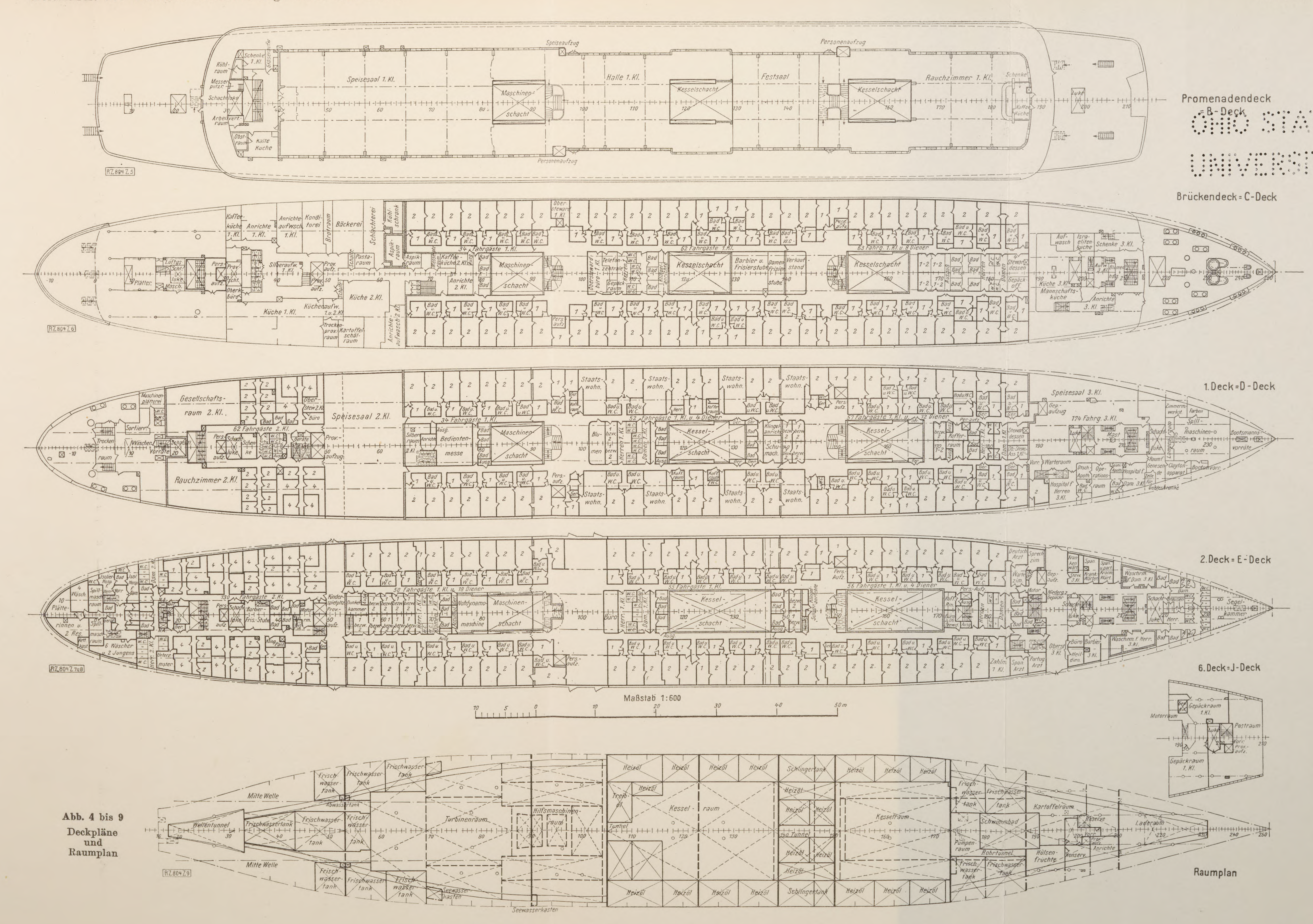


Abb. 4 bis 9 Deckpläne und Raumplan

Luchsinger: Doppelschrauben-Turbinendampfer „Cap Arcona"

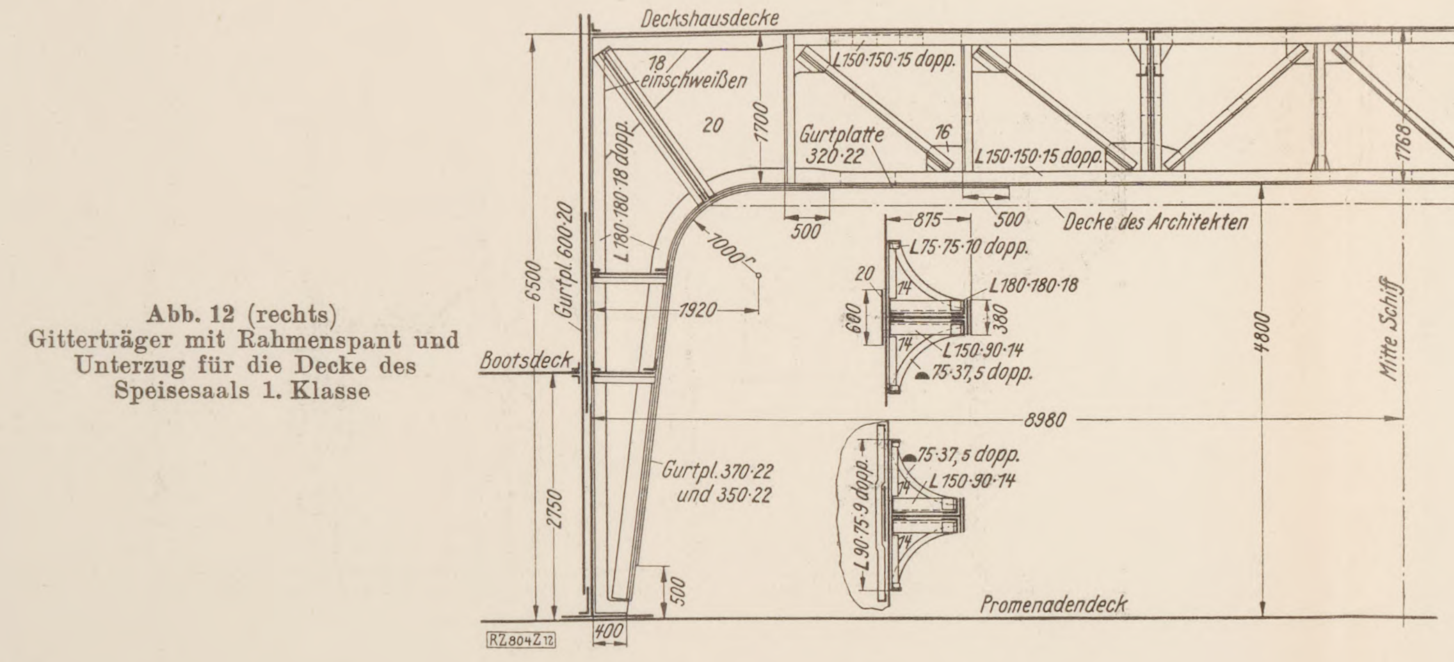


Abb. 12 (rechts) Gitterträger mit Rahmenspant und Unterzug für die Decke des Speisesaals 1. Klasse

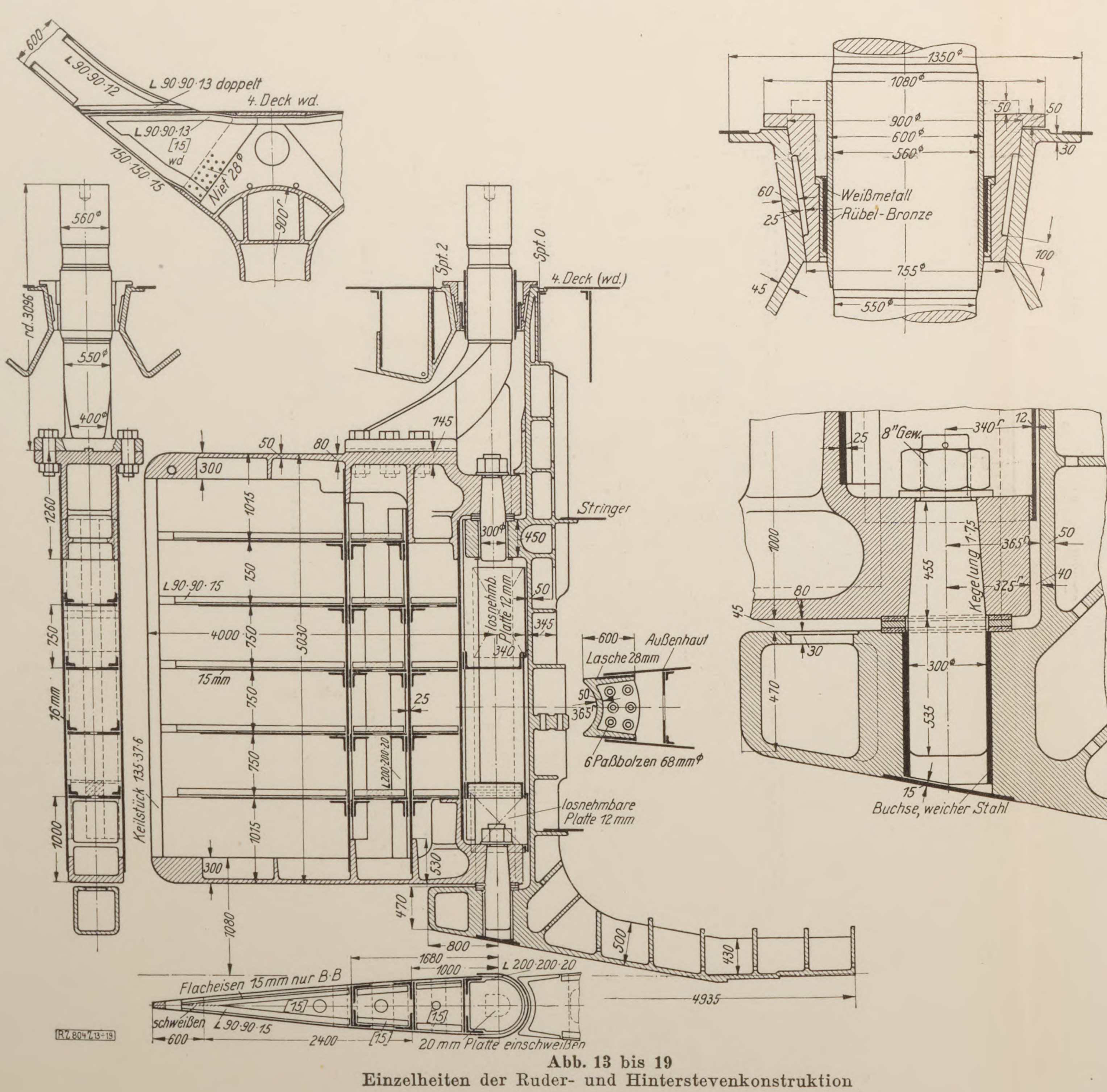


Abb. 13 bis 19
Einzelheiten der Ruder- und Hinterstevenkonstruktion

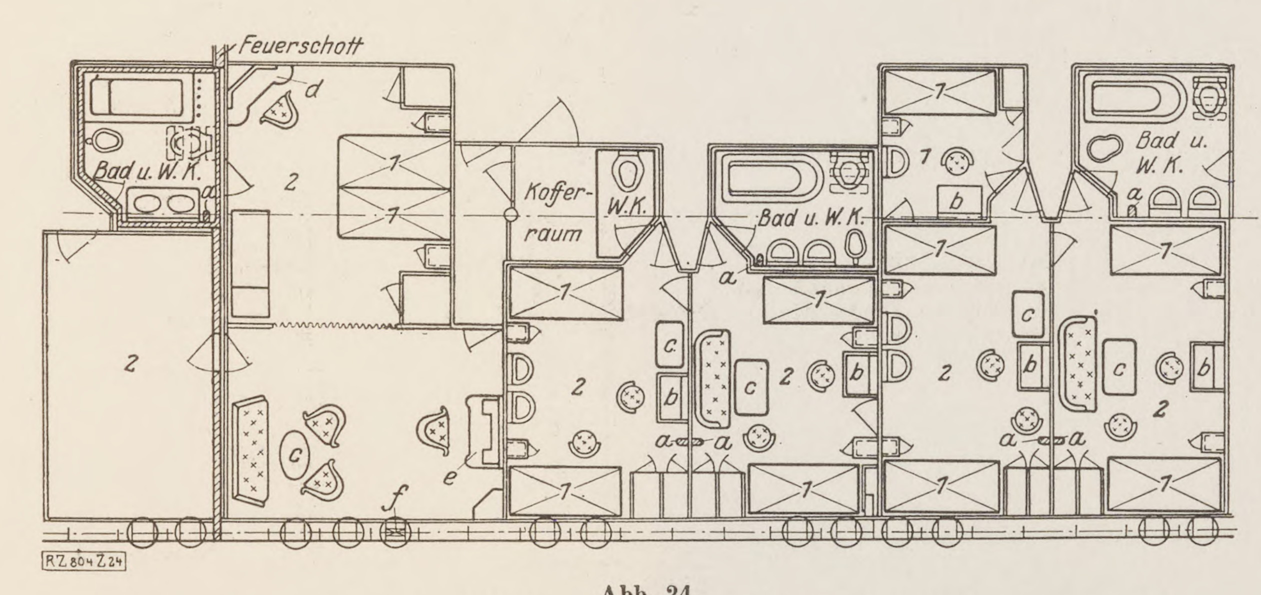


Abb. 24
Staatswohnung mit Bad und Kofferraum (links) und Kammerblock 1. Klasse (rechts)

a Dampfheizung
b Schreib- und Frisiertisch
c Tisch
d Frisiertisch
e Schreibtisch
f Elektrische Heizung

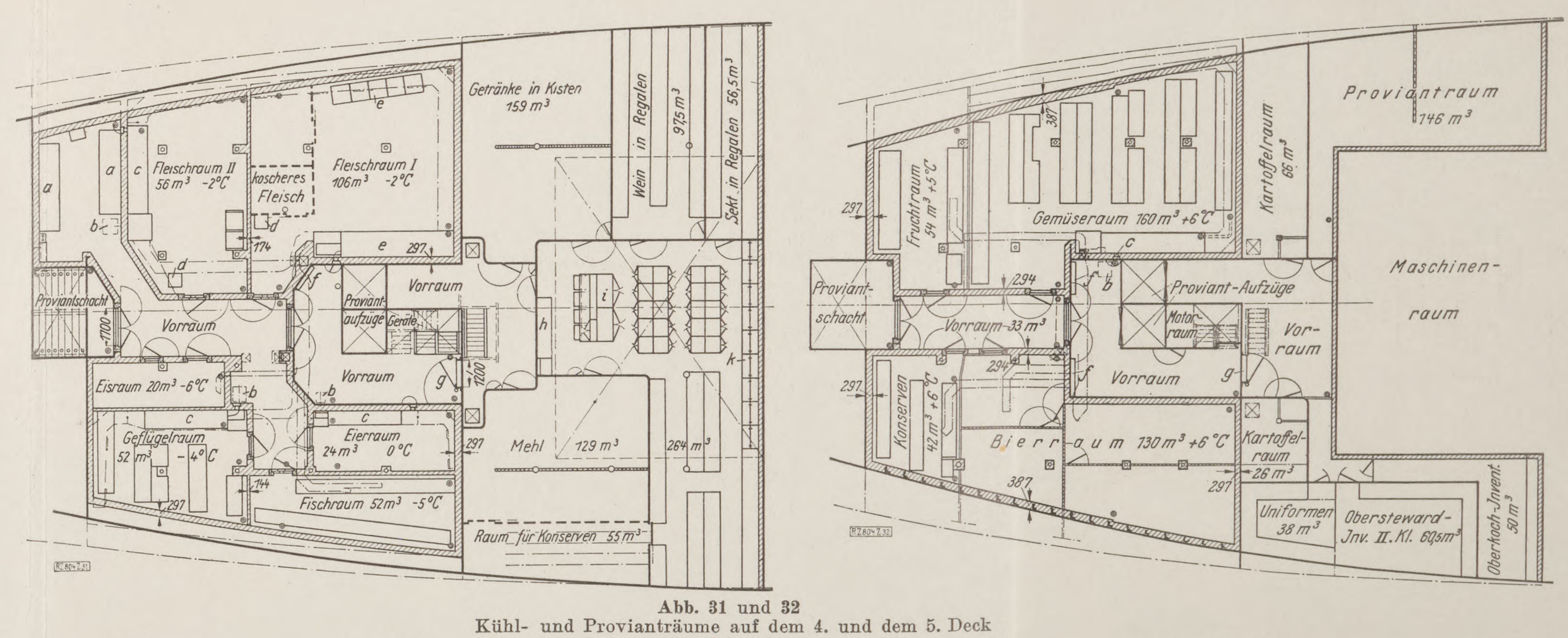


Abb. 31 und 32
Kühl- und Provianträume auf dem 4. und dem 5. Deck

a Eiserzeuger
b Motor
c Luftkühler
d Haublock
e Blechregale
f Ventile
g wasserdichte Tür
h Ausgabetisch
i Gewürzschrank
k Kisten für Hülsenfrüchte

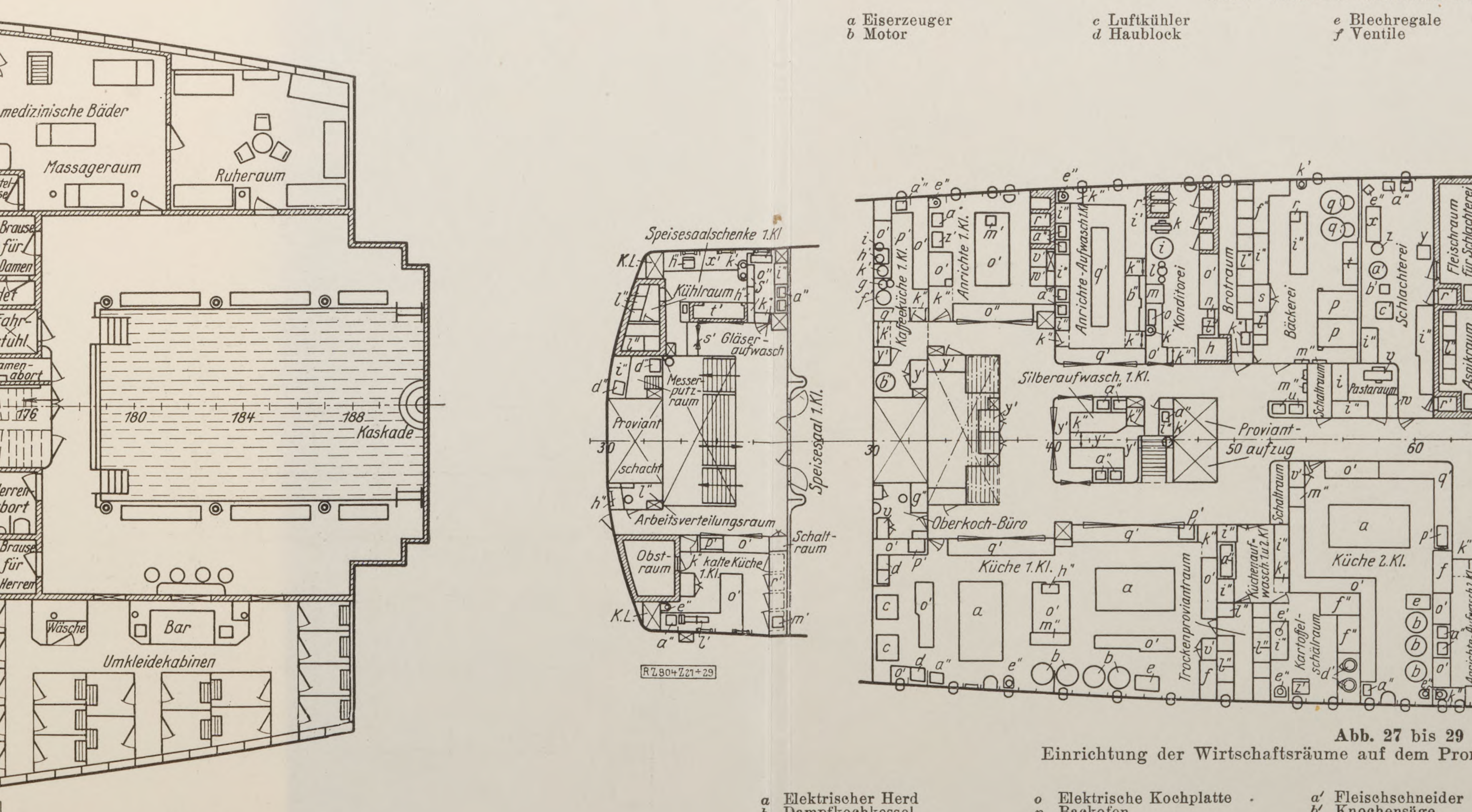
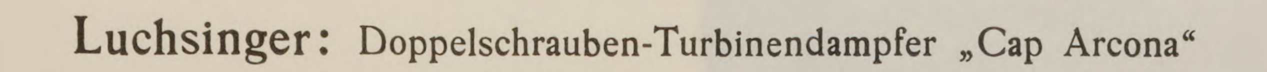


Abb. 25
Schwimmbad mit angrenzenden Räumen



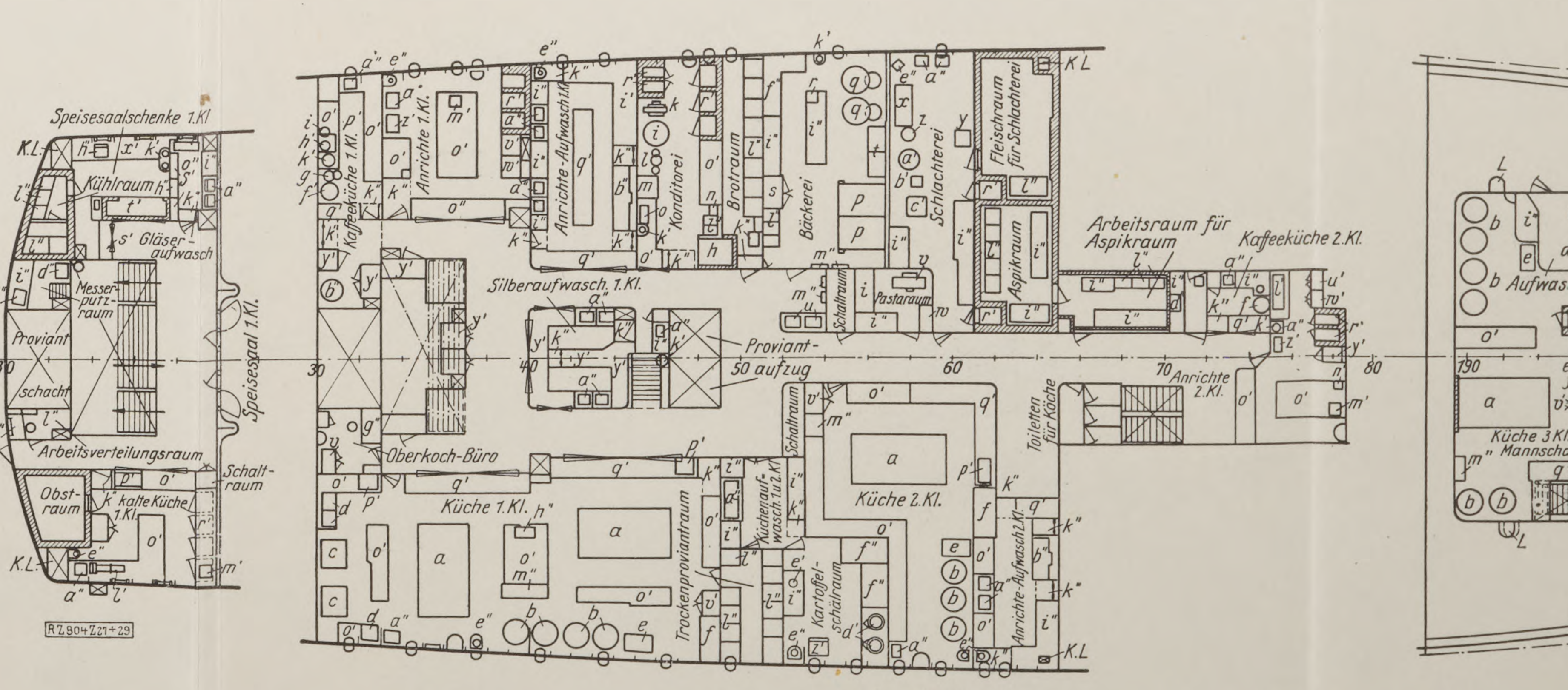


Abb. 27 bis 29
Einrichtung der Wirtschaftsräume auf dem Promenaden- und dem Brückendeck

a Elektrischer Herd
b Dampfkochkessel
c Grillofen mit Spieß
d Grillofen
e Passiermaschine
f Topfgräting
g Löffelbrett
h Konditorofen
i Speiseeismaschine
k Eiszerkleinerungsmaschine
l Schneeschlagmaschine
m Baumkuchenmaschine
n Reibstein
o Elektrische Kochplatte
p Backofen
q Teigknetmaschine
r Teigteilmaschine
s Gärschrank mit fahrbaren Regalen
t Doppelbacktrog
u Brotröstofen
v Teigwellmaschine
w Nudelschneidmaschine
x Schlächterbank
y Haublock
z Fleischwolf
a' Fleischschneider
b' Knochensäge
c' Wurstfüllmaschine
d' Kartoffelschälmaschine
e' Gemüseschneidmaschine
f' Kaffeekocher
g' Kaffeemaschine
h' Milchkocher
i' Kakaokocher
k' Heißwasserkessel
l' Brotschneidmaschine
m' Aufschnittschneidmaschine
n' Dosenöffner
o' Anrichte
p' Warmwasserbad
q' Wärmschrank
r' Kühlschrank
s' Gläserschrank
t' Bierkühlschrank mit Biersäule und Gläserspültrog
u' Brotschrank
v' Proviant
w' Konserven
x' Weinschrank
y' Silberschrank
z' Gemüsespültrog
a'' Aufwaschtrog
b'' Geschirrspülmaschine
c'' Gläserspülmaschine
d'' Messerputzmaschine
e'' Ausguß
f'' Gräting
g'' Schreibtisch
h'' Pult
i'' Arbeitstisch
k'' Klapptisch
l'' Bord oder Regal
m'' Schalttafel

Luchsinger: Doppelschrauben-Turbinendampfer „Cap Arcona“

Abb. 40
Backbord-Turbinensatz
mit abgenommenen
Obergehäusen

Abb. 44 und 45
Haupt-Kühlwasserpumpe

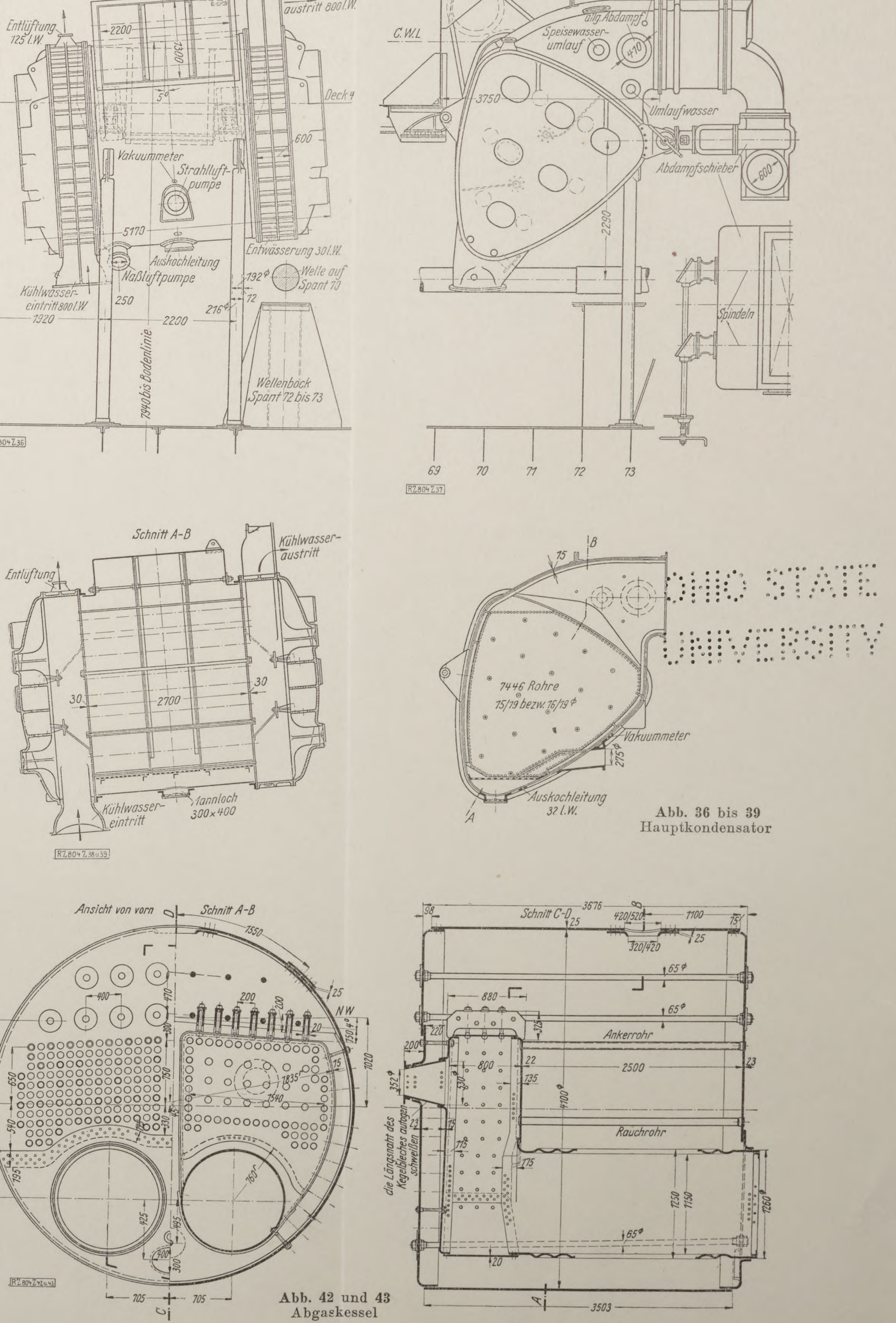


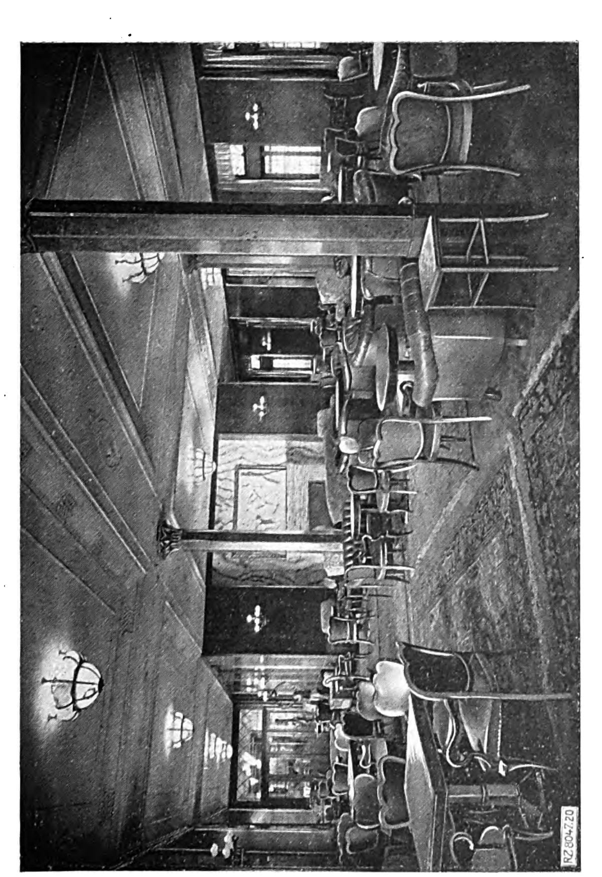
Abb. 36 bis 39
Hauptkondensator

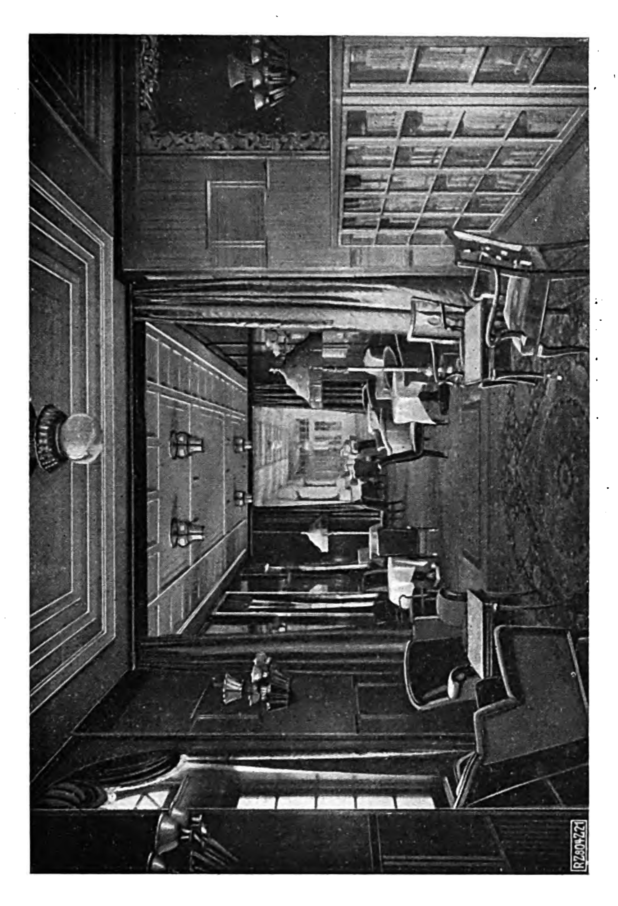
Abb. 42 und 43
Abgaskessel

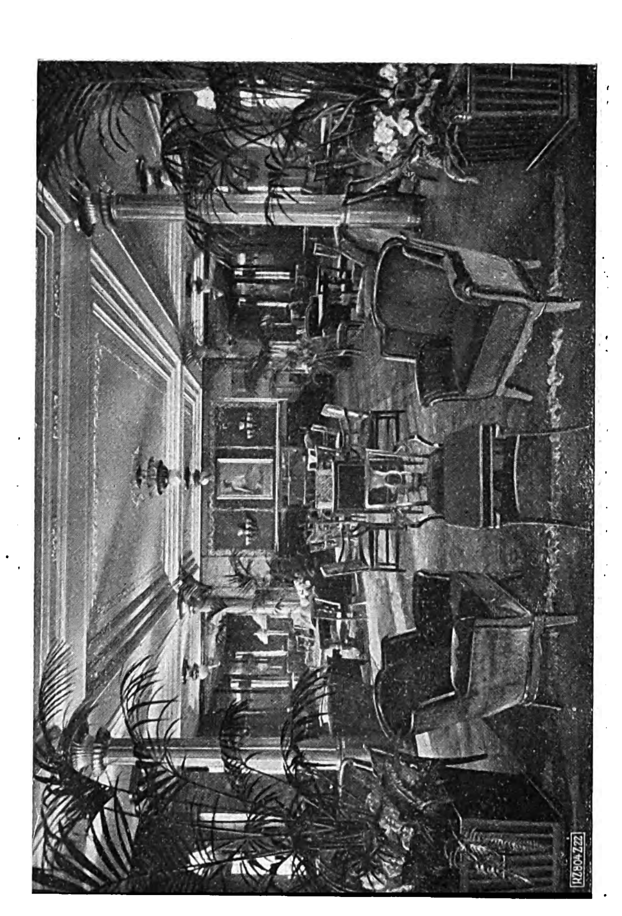
Abb. 46 bis 49
Aufstellung der Hilfsmaschinen in den Maschinen- und Kesselräumen

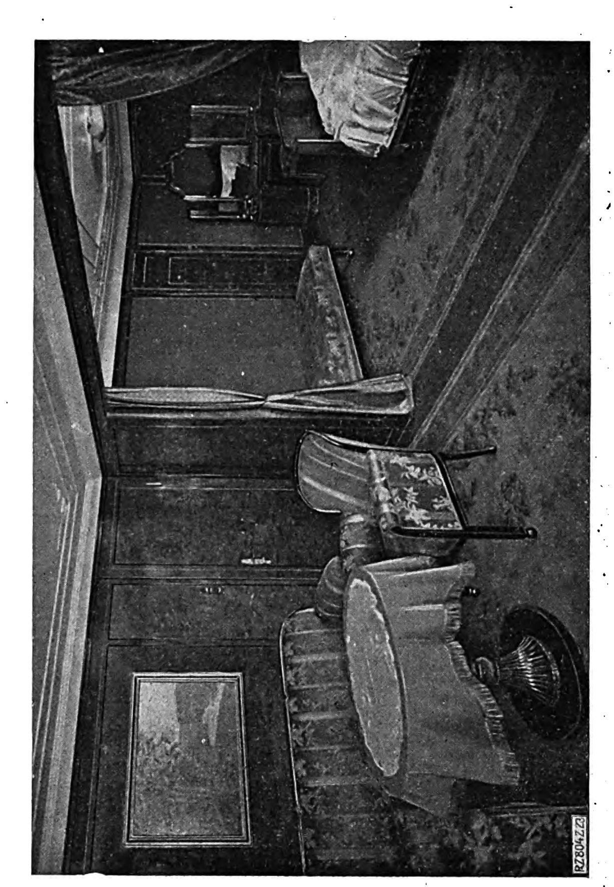
a Drehmaschine
b Verdampfer
c Solepumpe
d CO_2-Kompressor
e Kondensator
f Kühlwasserpumpe
g Abwasserbehälter
h Seewasserkasten
i Hauptkühlwasserpumpe
k Kondensatpumpe
l Dampfstrahl-Luftpumpenanlage
m Verdampfer
n Hilfskondensator mit Lenzpumpe und Hilfsluftpumpe
o Speisewasservorwärmer
p Ölschleuder
q Turbospeisepumpen
r Schmieröl-Sammelbehälter
s Speisewasser-Sammelbehälter
t Speisepumpe
u Ölsaugfilter
v Schmierölpumpe
w Öldruckfilter
x Schmierölkühler
y Ballastpumpe
z Vakuumverdampfer
a' Erhitzer
b' Umwälzpumpe
c' Süßwasseranwärmer
d' Süßwasserpumpe
e' Sandfilter
f' Süßwasser-Ablaufbehälter
g' Süßwasserreiniger
h' Seewasseranwärmer
i' Badepumpe
k' Klosettpumpe
l' Deckwaschpumpe
m' Süßwasserkühlpumpe
n' Seewasserkühlpumpe
o' Seewasserreiniger
p' Süßwasserrückkühler
q' Hauptschalttafel
r' Schalttafel
s' Schaum-Feuerlöschanlage
t' Lenzpumpe
u' Anfahrluftkompressor
v' Druck- und Abwasserbehälter
w' Druckwasserpumpe
x' Brennstoff-Tagespumpe
y' Ölüberlauftank
z' Kühlwassertank
a'' Dieseldynamo
b'' Umformer
c'' Luftkompressor für Kesselreinigung
d'' Ölmengenanzeiger
e'' Druckluft-Vorratbehälter
f'' Sandkiste für Feuerlöschzwecke
g'' Abgaskessel
h'' Heizölsaugfilter
i'' Heizölpumpen
k'' Heizöldruckfilter
l'' Heizölvorwärmer
m'' Windkessel
n'' Umwälzpumpe
o'' Kondensat-Sammelbehälter
p'' Injektor
q'' Entwässerungspumpe
r'' Aschaufzug
s'' Beobachtungstank
t'' Seewasservorwärmer für das Schwimmbad
u'' Sauglüfter
v'' Drucklüfter
w'' Schwimmbadpumpe
x'' Kompressor
y'' Süßwasser-Ausgleichtank
z'' Schmieröltank für Turbinen
a''' Schmieröltank für Dieseldynamos
b''' Treiböl-Tagestank
c''' Abwassertank
d''' Gebläse für Abgaskessel
e''' Turbolüftergebläse
f''' Eingang zum Betriebsgang
g''' Notausgang

Luchsinger: Doppelschrauben-Turbinendampfer „Cap Arcona“


Abb. 20. Rauchzimmer 1. Klasse


Abb. 21. Galerie mit Durchblick zum Festsaal 1. Klasse im Hintergrund


Abb. 22. Halle 1. Klasse


Abb. 23. Staatswohnung

Die Doppelherde in den Küchen der 1., 2. und 3. Klasse haben 3,74 × 2 m² Plattenfläche und je sechs Bratöfen. Der Inhalt der Dampfkochkessel beträgt in der 1. und 2. Klasse 250 l, in der 3. Klasse 300 l, in der Israelitenküche 150 l. Heizdampf von 4 at in Rohrschlangen erwärmt das den Einsatzkessel umgebende Wasserbad. Bemerkenswert sind die elektrischen Grillöfen mit Spieß, in denen Hammel im ganzen gebraten werden. Als Vorbereitungsmaschinen sind zu erwähnen die elektrischen Gemüseschneider und die 40 kg fassenden Kartoffelschäler. Für warme Getränke sind Kaffeekocher von 100 l, Milch- und Kakaokocher von 50 l Inhalt aufgestellt, die ebenso wie die Wärmschränke durch Dampfheizschlangen geheizt werden.

Einen besonderen Dienstzweig bildet das Reinigen der großen Menge täglich gebrauchten Geschirrs, wofür in allen Klassen besondere Räume dienen. Die 1. Klasse hat die weitestgehende Unterteilung; außer Anrichte-, Aufwasch-, Messerputzraum und Küchenaufwasch hat man hier den Silberaufwasch abgetrennt und für die Schenke einen besonderen Gläseraufwasch vorgesehen. In Geschirrspülmaschinen, für eine stündliche Leistung von rd. 20 000 Stück für die 1. und 12 000 Stück fürdie 2. Klasse, wird das Geschirr in offenen Trögen, die die Maschine durchlaufen, aufgestellt, mit heißer Seifenlauge, die aus zahlreichen Düsen unten und oben unter großem Druck austritt, abgewaschen und in derselben Art beim weiteren Durchgang mit reinem heißen Wasser abgespült. Von den

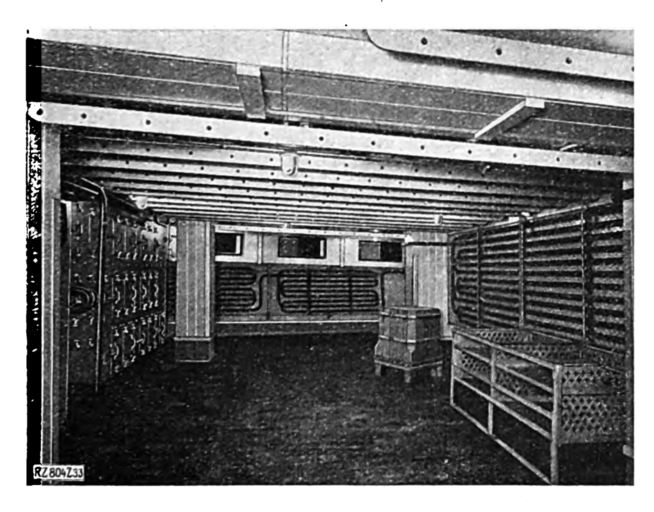


Abb. 33. Fleischkühlraum

einzelnen Maschinen für den Wirtschaftsdienst beanspruchen diese am meisten Kraft, und zwar 5 PS für die größere und 3 PS für die kleinere Maschine. Im Gläseraufwasch ist eine Gläserspülmaschine mit drehenden Bürsten für 1000 Stück in der Stunde vorgesehen.

Die Schlachterei dient zum Zerkleinern und Zurichten des Fleisches für den Gebrauch; die aufgestellten Maschinen werden über eine Vorgelegewelle von einem 4 PS-Motor angetrieben. Zum Aufbewahren eines Tagesbedarfs ist ein Kühlraum für Fleisch und ein Kühlschrank für Fisch vorgesehen. Anschließend folgt die Bäckerei, wo zur Herstellung des täglichen Brotbedarfs zwei Teigknetmaschinen für je 200 kg Mehl mit 3 PS-Motor, eine Teigteilmaschine für Brötchen, ein Gärschrank und zwei dreistöckige elektrische Backöfen aufgestellt sind.

Zahlentafel 5

	Anschlußwert kW
4 Doppelherde	480
1 Herd (Israelitenküche)	28
2 Backöfen	52
1 Konditorofen	18
2 Grillöfen mit Spieß	39
2 Grillöfen	15
2 Toastöfen	22
1 Baumkuchenmaschine	7,5

Schließlich hat noch die Konditorei einen vierstöckigen elektrischen Konditorofen, eine Speiseeismaschine für 70 kg Inhalt, eine doppelte Schneeschlagmaschine für 35 bis 40 l, eine elektrische Baumkuchenmaschine, eine Eiszerkleinerungsmaschine und die nötigen Kühlschränke. Den Strombedarf der elektrisch geheizten Koch- und Backeinrichtungen zeigt Zahlentafel 5.

Beträchtliche Mengen Proviant sind für die tägliche Verpflegung der rd. 2000 Personen erforderlich. „Cap Arcona" nimmt für jede Reise mit: 40 000 kg Fleisch, 2000 kg frische Fische, 7500 kg Geflügel, 1500 kg Wild, 115 000 kg Kartoffeln, 30 000 Dosen Gemüsekonserven, 45 000 kg Mehl, 90 000 Eier, 7500 kg Butter, 25 000 Dosen Milch, 40 000 l Bier, 30 000 Flaschen Wein, 40 000 Flaschen Mineralwasser, 150 000 Zigarren, 120 000 Zigaretten. Zur Aufbewahrung dienen die umfangreichen Proviant- und Kühlräume, Abb. 31 und 32, Tafel 5, und Abb. 33. Hier befinden sich auch zwei Eiserzeuger für täglich je 1000 kg Eis.

Besondere Beachtung verdient auch die Bordwäscherei, die rd. 1000 kg Bordwäsche und Wäsche der Fahrgäste in 15 bis 16 Stunden bewältigt. Sie ist im Hinterschiff auf dem D-Deck untergebracht. Ihre mechanische Einrichtung umfaßt drei Waschmaschinen, zwei Trockenschleudern, eine Dampfzylindermangel mit einer Hauptwalze, 3500 mm lang bei 1000 mm Dmr., vier Jackenpressen, zwei Oberhemdpressen, Kragen- und Manschetten-Plättmaschinen und eine Wäschezeichenmaschine. Ein Sortierraum, ein Trockenraum und die Handplätterei auf dem E-Deck gehören zu diesem Betrieb. Ein Fahrstuhl führt zum Raum für schmutzige Wäsche und zum Hauptleinenraum.

Führung und Betrieb des Schiffes. Im Steuermaschinenraum auf dem F-Deck sind zwei gleichgroße, vollkommen getrennte, elektrische Rudermaschinen aufgestellt. Die Motoren werden von dem Hauptsteuerstand auf der Brücke in Leonardschaltung betrieben. Hierfür sind zwei Umformersätze vorgesehen. Für die Rückdrehung der Steuerschalter ist eine synchrone Fernübertragung angeordnet. Zur weiteren Ausrüstung gehören die Kreiselkompaßanlage mit Selbststeuer, die Unterwasserschall-Signalanlage, die Funkanlage mit Haupt- und Notsender.

Das Ankerspill mit zwei stehenden Spillen für 87 mm-Kette wird elektrisch betrieben. Die beiden Motoren, die gleichzeitig auch die Bugverholspille für 12 t Trossenzug bei 15 m/min Seilgeschwindigkeit treiben, sind mit dem Getriebe in einem besonderen Raum auf dem Deck unterhalb aufgestellt. Ebenso sind hinten auf dem D-Deck zwei Heckverholspille vorgesehen. Bei 12 m/min Seilgeschwindigkeit beträgt der Trossenzug auch hier 12 t.

Nur im Vorschiff befinden sich kleinere Laderäume; sie werden von einer besonders großen Luke bedient, die das Verladen von Kraftwagen gestattet. Die drei übrigen Luken sind für Proviant, Gepäck- und Postübernahme bestimmt. Dementsprechend sind insgesamt acht elektrische Winden von je 3 oder 5 t Traglast vorgesehen.

Der Hauptverteilstutzen der Deckwasch- und Feuerlöschleitung liegt im Hilfsmaschinenraum. Von dort zweigt die Leitung in je zwei Strängen nach den Kessel- und Maschinenräumen und nach Vor- und Hinterschiff ab. Insgesamt sind 123 Feuerlöschstellen mit Schlauchanschluß vorhanden. Die Deckwaschleitung kann durch ein Verbindungsrohr mit warmem Seewasser gespeist werden. In den Kesselraum sind für die Dampffeuerlöschanlage Rohre unter die Kessel eingebaut. Außerdem sind hier sowie im Maschinenraum Schlauchanschlüsse für Wasser- und Schaum-Feuerlöschung in genügender Anzahl vorhanden; auch sind mehrere Handfeuerlöscher aufgestellt.

Rauchmeldeanlage. In wenig begangenen Räumen, wie Laderäumen, Gepäckräumen, Vorraträumen usw., ist neben der Wasser-Feuerlöschleitung eine zweite Leitung für die Rauchmeldeanlage, Bauart Rich, mit Anschlüssen nach den Kommandostellen verlegt. In Verbindung hiermit ist eine Clayton-Anlage für Desinfektions- und Feuerlöschzwecke eingebaut. Umschalthähne bei der Rich-Anlage gewähren die wechselseitige Benutzung der Rohrleitung als Rauchmelder oder als Schwefelgasleitung.

Steigleitungen im Maschinenschacht speisen die Vorratbehälter für kaltes Süß- und Seewasser im hinteren Schornstein. Von hier aus fließt das Wasser über Vorratbehälter im Vor- und im Hinterschiff den Verbrauchstellen zu. Zum Erzeugen des Trinkwassers aus dem mitgeführten Frisch-(Roh-) oder aus Seewasser ist eine Vakuumverdampferanlage im Maschinenraum aufgestellt. Zwei Sandfilter dienen zur Reinigung.

Das warme Süß- und Seewasser wird in mit Dampf geheizten Oberflächen-Vorwärmern erwärmt und den Verteilstutzen im Maschinenschacht zugeführt. Ringleitungen in den einzelnen Decks versorgen die Verbrauchstellen. Da das Wasser dauernd im Umlauf ist, tritt beim Öffnen der Hähne sofort warmes Wasser aus. Durch Verbindung mit den Kaltwasserleitungen wird der Verbrauch ergänzt; gleichzeitig werden die ganzen Anlagen unter gleichem Druck gehalten.

Heizung. Nur die Staatswohnungen werden elektrisch geheizt. Die übrigen Räume haben Dampfheizung. Ein von der Raumheizung getrenntes Rohrnetz speist die mit Dampf geheizten Wirtschaftseinrichtungen.

Natürliche Lüftung haben nur die Laderäume. Gepäck- und Posträume haben außer der natürlichen Zugluft noch künstliche Abluft. Im übrigen ist überall künstliche Lüftung vorgesehen. Die Wohnräume 1., 2. und 3. Klasse sowie die Besatzungswohnräume haben Frischluftzufuhr, in der 1. und 2. Klasse mittels drehbarer Austrittöffnungen, Bauart Punkah-Louvres, an den Druckkanälen. Die 3. Klasse hat außer der künstlichen Zu- noch künstliche Abluft. Aus den Bädern, Aborten, Wasch- und Wirtschaftsräumen wird die Luft abgesaugt. Schließlich sind für die Kessel- und Maschinenräume große elektrisch angetriebene Drucklüfter vorgesehen.

Auf den oberen freien Decks befindet sich eine größere Zahl elektrischer Lüfter für das gesamte Saug- und Druckluft-Kanalnetz. Die Selbstanlasser der Motoren sind von einer Hauptstelle im Hilfsmaschinenraum zu betätigen. Die gewünschte Lüftung wird durch Lampensignale im Hilfsmaschinenraum von den Obersteward-diensträumen und vom Maschinendienstraum mitgeteilt.

Sicherheitseinrichtungen. Die wasserdichte Einteilung des Schiffes ist so durchgeführt worden, daß zwei nebeneinanderliegende Abteilungen überflutet werden können, ohne daß selbst bei Seegang dem Schiff Gefahr droht. Da für den Betrieb in einigen Schotten Verbindungstüren erforderlich sind, hat man hydraulisch betätigte Schiebetüren vorgesehen, die von einer Hauptstelle auf der Brücke oder am Ort geschlossen und geöffnet werden.

Ferner sind auf dem Bootsdeck 24 Rettungsboote ($9 \times 3{,}2 \times 1{,}22$ m) für je 83 Personen in Diagonal-Eichenwagenschott und zwei Motorrettungsboote ($9 \times 2{,}7 \times 1{,}22$ m) für 46 Personen aufgestellt, die mittels Columbus-Davits zu Wasser gebracht werden, Abb. 34.

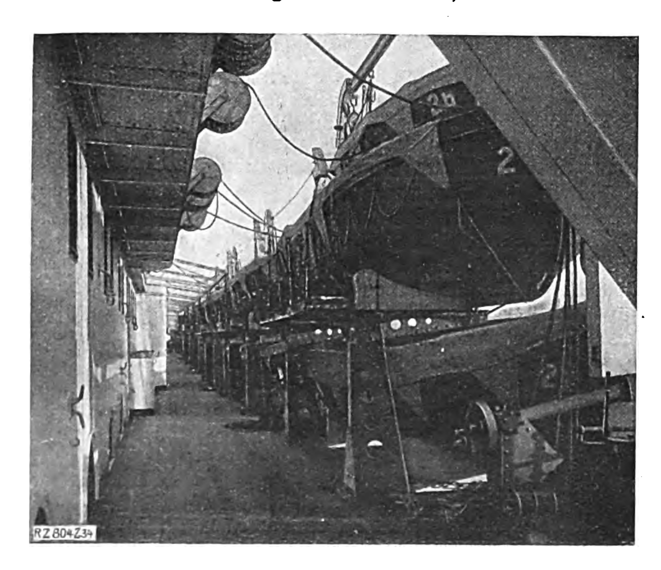


Abb. 34. Bootsaufstellung

Maschinentechnischer Teil

Von den beiden heut in Frage kommenden Antrieben für Schiffe dieser Art, Turbinen und Ölmaschinen, sind für „Cap Arcona“ Getriebeturbinen gewählt worden. Der Aufbau der beiden Turbinensätze zeigt die bewährte wirtschaftliche Anordnung der Bauwerft, die schon bei vielen Schiffen angewandt worden ist.

Hauptmaschinen. Jeder Satz, Abb. 35, Textblatt 22, besteht aus einer vierstufigen Vorwärts- und einer zweistufigen Rückwärts-Turbine. Die Zerlegung in vier Stufen gibt trotz der einfachen Übersetzung von 1 : 16,8 und 2100 Uml./min für die Turbinen eine wirtschaftliche Ausnutzung des Dampfes. An jedem Ende der beiden Ritzelwellen ist eine Teilturbine angeordnet, so daß durch Belastung der Ritzel von beiden Seiten ein gleichmäßiges Anliegen der Zähne gewährleistet wird. Entlastungskolben sind entbehrlich, weil die Turbinenläufer fest mit den Ritzeln gekuppelt sind und die Axialschübe sich entweder innerhalb der einzelnen Turbinen oder gegeneinander ausgleichen. Etwaige geringe Restschübe werden von den entgegengesetzt und schräg gestellten Zahnflanken aufgenommen, so daß man keine besonderen Drucklager für die Turbinen braucht. Die unteren Gehäusehälften der Teilturbinen sind an das Gehäuse der Räderübersetzung fest angeflanscht. Die äußeren Lager stützen sich auf Plattenstühle. Auch die Einscheibendrucklager, hinter den Rädergehäusen angeordnet, sind mit diesen fest verbunden. Die Niederdruckturbinen sind mit je zwei abschließbaren Abdampfstutzen an die Hauptkondensatoren, Abb. 36 bis 39, Tafel 6, angeschlossen. Deren Kühlfläche beträgt je 1200 m² bei je 41 t Leergewicht. Die Kondensatoren sind mit Rücksicht auf gute Luftabführung schräg angeordnet und haben einmaligen Wasserdurchgang.

Die Art der Beschaufelung und die Anordnung der Vorwärts- und Rückwärtsturbinen zeigt Abb. 40, Tafel 6. Da für letztere nur Gleichdruckräder gewählt sind, tritt auch bei der Rückwärtsfahrt trotz der einseitigen Anordnung kein Axialschub auf. Die Gesamtvorwärtsleistung beider Sätze beträgt 24 000 PS_e bei 2100 Uml./min.

Das Schmieröl für Hauptturbinen und Rädergetriebe wird aus den Sammelbehältern im Doppelboden durch Ölkühler und Filter nach drei Hochbehältern gefördert. Von dort aus fließt es zu den Getrieben und Lagern und nach den Sammelbehältern zurück. Eine Ölschleuder reinigt von Zeit zu Zeit das unreine Öl. Mit dieser Schmierölanlage stehen zur Sicherung des Betriebes die Schnellschlußventile in der Hauptdampfleitung und die Sicherheitsregler an den Turbinenwellen in Verbindung.

Kesselanlage. In den beiden Räumen sind insgesamt acht Doppelend-Wasserrohrkessel für 20 at Überdruck, Abb. 41, aufgestellt. Sie bestehen aus Ober- und zwei runden Unterkesseln mit gebogenen Wasserrohren. In der Mitte der Rohrbündel befinden sich in der Rauchgasführung Überhitzer. Ferner sind in die Rauchfänge Speisewasser-Vorwärmer (Bauart Blohm & Voß) eingebaut, die das in den Oberflächenvorwärmern bereits erwärmte Speisewasser noch weiter erhitzen. Jeder Kessel hat zehn Brenner, denen das vorgewärmte Öl unter Druck zugeführt wird. Vier Turbogebläse liefern die nötige Verbrennungsluft.

Während des Betriebes können die Rohrbündel mit Preßluft durchgeblasen werden, wofür im Hilfsmaschinenraum ein zweistufiger Dampf-Luftkompressor für 10 at und zwei Luftbehälter aufgestellt sind.

Außerdem ist noch für Wirtschaftszwecke und Hafendienst ein für Abgas- und Ölheizung eingerichteter Kessel für 10 at Überdruck und 227 m² Heizfläche, Abb. 42 und 43, Tafel 6, eingebaut.

In den Hauptdampfleitungen aus glatten Stahlrohren sind Dehnungsbogen eingeschaltet, so daß Dehnungs- oder Schubstopfbüchsen innerhalb der Leitung und an den Schotten grundsätzlich vermieden sind.

Hilfsmaschinen. Für einen wirtschaftlichen Betrieb wird das Speisewasser durch Abdampf der Hilfsmaschinen auf 110 bis 115 °C in zwei Stufen mittels Oberflächenvorwärmer vorgewärmt. Die zu diesem Zweck er-

forderliche Anzahl von Hilfsmaschinen im Maschinenraum hat Dampfantrieb; die übrigen werden elektrisch angetrieben.

Neben den Kondensatoren sind die Haupt-Kühlwasserpumpen, Abb. 44 und 45, Tafel 6, für je 5000 m³/h bei 4,5 m W.-S. untergebracht. Die Verbundmaschine arbeitet mit 4 at Gegendruck und leistet 170 PS bei 125 Uml./min. Ferner erhält jeder Kondensator zwei Kondensatpumpen mit senkrechter Welle, von denen eine elektrischen, die andre Turbinenantrieb hat. Diese Pumpen drücken das Kondensat durch den Speisewasservorwärmer in die Kesselspeiseleitung. Zur Erzeugung der Luftleere dienen je zwei Dampfstrahlluftpumpen mit Zwischenkühler.

Ein Frisch- und ein Abdampfverdampfer für je 70 t in 24 h erzeugen Kesselspeisewasser aus dem mitgeführten Süßwasser oder unmittelbar aus Seewasser. Außerdem ist eine Vakuumverdampfanlage mit einer Leistung von 80 t in 24 h vorhanden. Die Turbokreisel- und die Kolbenspeisepumpen sind so angeordnet, daß sich zwei vollständig getrennte Speiseanlagen ergeben. Zur Regelung dienen selbsttätige Mumford-Speisewasserregler.

Auf Backbord befindet sich eine vollständige Hilfskondensationsanlage von 160 m² Kühlfläche für den Hafenbetrieb. Die übrigen im Maschinenraum aufgestellten Pumpen für den Ballast- und Lenzbetrieb, die Wasser- und Schmierölversorgung sind in Abb. 46 bis 49, Tafel 6, übersichtlich dargestellt.

Heizölanlage. Im Doppelboden und in den Seitenbunkern kann das Schiff 5700 t Heizöl mitnehmen. Die Heizöl-Betriebspumpen saugen das durch Heizschlangen in den Bunkern vorgewärmte Öl an und drücken es durch die Heizölvorwärmer nach den Kesseln. Ölmengenanzeiger mit Luftübertragung, Bauart Blohm & Voss, sind an sämtliche Heiz-, Treib und Schmierölbehälter angeschlossen.

Elektrische Anlage. Im Hilfsmaschinenraum sind vier Diesel-Gleichstromdynamos für je 380 kW bei 260 Uml./min und 230 V aufgestellt. Die Stromerzeuger sind mit einfachwirkenden kompressorlosen Viertaktmotoren, Bauart Blohm & Voß-MAN, gekuppelt, die ohne Kolbenkühlung arbeiten. Die vier Stromerzeuger, Abb. 50 Textblatt 22, arbeiten in Parallelschaltung. Durch Einbau der Sicherheitsschaltung, Bauart Carl Meyer, die bei Ausfall einer Maschine die Überlastung der übrigen ausschließt, ist die Betriebsicherheit gewährleistet. Das Netz für Kraft- und Heizstrom ist zweipolig verlegt. Das einpolige Lichtnetz wird aus vier Umformern mit 110 V gespeist. Auf dem E-Deck befindet sich die elektrische Notanlage, die zwei Stromerzeuger für je 25 kW, von je einem Ölmotor angetrieben, umfaßt. An die Schalttafel dieser Anlage sind die Notbeleuchtung, die F.-T.-Anlage, die Kreiselkompaßanlage, die elektrischen Signal- und Befehlsübermittler, die Bootswinden und eine Lenzpumpe angeschlossen, die im Regelbetrieb über eine Anschlußleitung an die Hauptschalttafel aus den Hauptstromerzeugern gespeist werden.

Kühlanlage. Hinten im Hauptmaschinenraum sind drei senkrechte dreistufige CO_2-Kolbenkompressoren mit Antrieb durch Elektromotoren und Räderübersetzung untergebracht. Hiervon leisten zwei je 120 000 kcal/h und ein

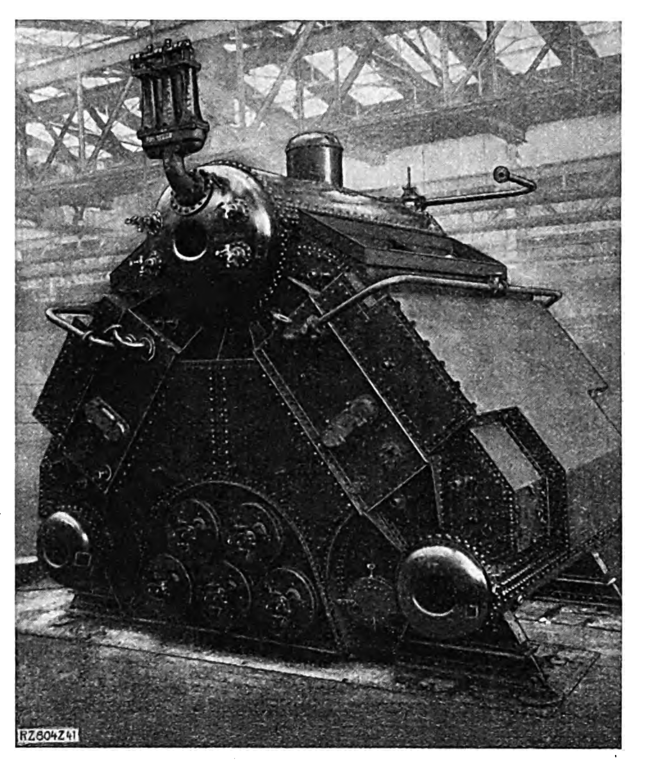


Abb. 41
Wasserrohrkessel

größerer 165 000 kcal/h. Außer den beiden Solepumpen und der Kühlwasserpumpe ist hier für jeden Kompressor ein Verdampfer und ein Kondensator angeordnet.

Verschiedenes. Das Schiff ist wegen des Umfanges der Maschinenanlage mit vielen Werkzeugmaschinen ausgestattet. Eine große und eine kleine Drehbank, eine Schnellhobelmaschine, eine Säulenbohrmaschine, eine Druckwasserpresse, ein Schleifstein, eine Anzahl Schraubstöcke und eine ortbewegliche Handdruckpumpe sind in der Werkstatt untergebracht. Alle Maschinen werden elektrisch angetrieben. Diese Anlage soll die Maschinenleitung in die Lage versetzen, vorkommende Ausbesserungen nach Möglichkeit an Bord zu erledigen.

Im Hauptmaschinenraum sind oberhalb der Turbinen starke I-Träger mit Laufkatzen zum Abheben der Turbinendeckel und Herausheben der Laufräder angebracht. In ähnlicher Weise ist im Hilfsmaschinenraum über jeder Dieseldynamo ein I-Träger angebracht, um auch hier mit Hilfe einer Laufkatze das Herausheben eines Kolbens samt der Pleuelstange zu ermöglichen.

Zum Befördern der Maschinenteile von und nach dem Betriebsgang befindet sich im Maschinenschacht ein 1 t-Laufkran mit elektrischem Demag-Zug. Für die Weiterbeförderung nach dem freien Deck sind im Betriebsgang wiederum I-Träger mit Laufkatzen angeordnet. [B 804]

Selbsttätiger Anruf für Funktelegraphie

Die neuen britischen Vorschriften über die Ausrüstung von Schiffen mit drahtloser Telegraphie sehen die Verwendung von selbsttätig wirkenden drahtlosen Notrufempfängern vor. Diese sprechen auf ein bestimmtes Notsignal an und setzen eine Alarmglocke in Tätigkeit, durch die ein als Telegraphist ausgebildeter Schiffsoffizier zu der sonst unbewachten drahtlosen Station gerufen wird. Marconi hat gemeinsam mit der britischen Admiralität das neue Gerät durchgebildet, das allen Anforderungen an Zuverlässigkeit genügt. Das Anrufzeichen besteht aus einer Reihe von zwölf aufeinanderfolgenden Anrufen von je vier Sekunden Dauer mit Zwischenpausen von je einer Sekunde. Das Gerät soll schon nach dem dritten Anruf ansprechen. Wenn das in Not befindliche Schiff durch das Anrufzeichen die Aufmerksamkeit der in der Nachbarschaft befindlichen Schiffe erreicht hat, wird die eigentliche Mitteilung gemacht. Die neuesten britischen Vorschriften sehen eine Verringerung der Bedienungsmannschaft für die Funktelegraphen-Stationen der größeren Schiffe vor, wenn ein selbsttätiger Notrufempfänger angebracht ist; bei mittleren Schiffen kann die ständige Besetzung der drahtlosen Station fortfallen. Kleineren Schiffen, die auch bis jetzt keine dauernde Besetzung der Station hatten, wird durch Anordnung von selbsttätigen Notrufempfängern ermöglicht, Notsignale aufzunehmen. Nach den Vorschriften müssen bestimmte Schiffsarten innerhalb eines Jahres mit der Einrichtung versehen werden; infolgedessen werden zur Zeit rund 200 britische Schiffe mit dem neuen Gerät ausgerüstet. [N 871] C.

Bandwebstühle

Von Walter Krumme, Ronsdorf

Aus der Geschichte des Bandwebstuhles — Entstehung des Gewebes — Grundbindungen — Bandwebstühle mit Schaftmaschinen — Lade- und Schützen-Bandwebstühle hoher Leistung — Jacquardmaschine und Harnisch — Verdolmaschine — Antriebarten der Bandwebstühle

Die Technik des Webens hat eine Jahrtausende dauernde Entwicklung durchgemacht. Das Vorkommen von Webrahmen, den Vorläufern der Webstühle, kann 2000 bis 3000 Jahre vor Beginn unserer Zeitrechnung nachgewiesen werden.

Webstühle zur gleichzeitigen Erzeugung mehrerer Bänder wurden zu Anfang des 17. Jahrhunderts erfunden. Erfinder und Ort der Erfindung sind noch nicht endgültig ermittelt. Allgemein wird angenommen, daß der Bandwebstuhl eine Danziger Erfindung sei. In einer 1636 in Italien herausgegebenen Schrift sagt Lancellotti: „Anton Moller aus Danzig habe erzählt, er habe ungefähr vor 50 Jahren in Danzig eine sehr künstliche Maschine gesehen, die auf einmal 4 bis 6 Gewebe verfertige. Weil aber der Rat besorgt habe, diese Erfindung möchte eine Menge Arbeiter zu Bettlern machen, so habe er solche unterdrückt und den Erfinder heimlich ersticken oder ersäufen lassen."

Tatsache ist, daß die ersten Bandwebstühle sehr ungünstig beurteilt wurden. In den „Beiträgen zur Geschichte der Erfindungen" von Beckmann, Bd. 1 (1786) heißt es: „Zu den Erfindungen, die mehr leisten als man wünscht, oder die zur Verfertigung so vieler Waren, als der jetzige Verbrauch verlangt, eine große Menge der bisherigen Arbeiter entbehrlich machen, also diese außer Verdienst setzen, und die eben deswegen, so witzig sie auch ausgedacht sein mögen, für schädlich gehalten und eine Zeitlang von der Obrigkeit unterdrückt sind, gehört die Bandmühle, Schnurmühle oder der Mühlenstuhl."

Die Entstehung des Gewebes und seine Grundbindungen

Bei einem Bande unterscheidet man, wie bei jedem Gewebe, die parallel zur Kante verlaufenden Kettfäden von den diese rechtwinklig kreuzenden Schußfäden. Abb. 1. Die Kettfäden *a* werden durch die Augen *b* der Schäfte *c* und *d* geführt. Durch Aufwärtsbewegung des Schaftes *c* bilden die Kettfäden *a* ein offenes Fach, in das der Schußfaden *e* eingetragen wird. Dann schlägt die in Abb. 1 nicht dargestellte Lade den eingetragenen Schußfaden fest in das Fadenkreuz. Gleichzeitig wechseln die Schäfte *c* und *d* ihre Stellung. *c* gelangt in Tiefstellung und *d* in Hochstellung. Die bis dahin tiefliegenden Kettfäden nehmen infolgedessen die Oberseite der Kette ein. Der Schußfaden kann wieder eingetragen werden.

Die verschiedenen Arten der Fadenverbindungen bedingen eine kleinere oder größere Zahl von Schäften. Da diese Zahl praktisch begrenzt ist, bedient man sich zur Herstellung verwickelter Bindungen des nachfolgend beschriebenen Harnisches.

Die Bindungen der Bänder können in drei Grundarten, auf die sich alle sonst vorkommenden Bindungen zurückführen lassen, eingeteilt werden. Man unterscheidet: Taffet, Abb. 2, Köper, Abb. 3, und Atlas, Abb. 4. Taffet ist die einfachste aller Fadenverkreuzungen. Jeder Faden über- und unterkreuzt fortschreitend je

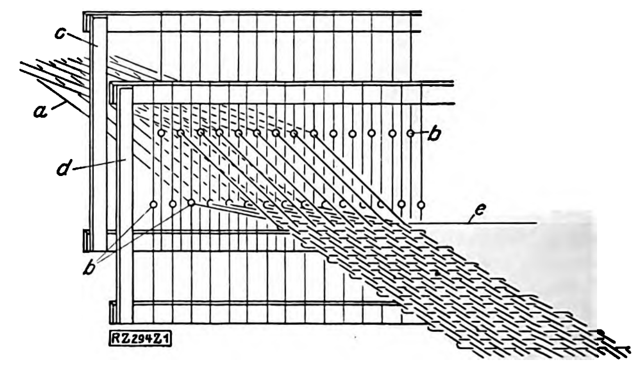


Abb. 1
Grundsätzliche Darstellung des Webens
a Kettfäden *b* Führungsaugen der Schäfte
c, *d* Schäfte *e* Schußfaden

einen der übrigen Fäden. Diese Bindung nennt man in der Wollweberei Tuchbindung und in der Baumwollweberei Kattun, in der Leinenweberei Leinwand. Ihr gleichwertig ist in der Flechterei die einflechtige Bindung und in der Spitzenklöppelindustrie der Leinenschlag.

Köperbindungen weisen schräge Streifen auf, die dadurch entstehen, daß die Bindungen jeder Fadenreihe um je einen Querfaden verschoben werden. Köpergewebe, die auf jeder Warenseite ebensoviel Kett- wie Schußfäden aufweisen, heißen gleichseitige Köperbindungen im Gegensatz zu dem einseitigen Köper, dessen Seiten verschieden aussehen. Ferner wird unterschieden zwischen Schußköper und Kettköper. Abb. 3 stellt Schußköper dar. Jeder Kettfaden bindet in der Musterungsfolge des Schußfadens nur einmal hoch, sonst bleibt er in Tieflage.

Bei der Taffet- und Köperbindung treten die Kreuzungspunkte der Fäden scharf hervor. Dadurch erhält das Taffetgewebe sein schachbrettförmiges, das Köpergewebe sein schräggestreiftes Aussehen. Bei der Atlasbindung, Abb. 4, sind die Verkreuzungspunkte kaum sichtbar. Sie sind von einem Kreis flottierender Fäden eingeschlossen. Infolgedessen entsteht eine glatte, glänzende Oberfläche. Flottieren die Kettfäden, d. h. bilden diese die Oberfläche des Gewebes, so heißt die Bindung Kettatlas im Gegensatz zum Schußatlas, dessen Oberfläche von den Schußfäden gebildet wird.

Das gute Aussehen gewebter Bänder ist in hohem Maß abhängig von der sauberen Ausführung des Warenrandes, der „Kante". Neben den flachen Kanten wird vielfach auch eine „Hohlkante", Abb. 5, benutzt. Beide Warenenden bilden einen kleinen Schlauch.

Zur Musterung der Bänder werden in das Gewebe, neben den Kett- und Schußfäden, die den Untergrund

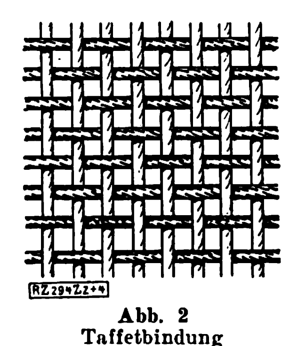


Abb. 2
Taffetbindung

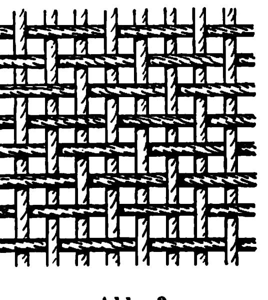


Abb. 3
Köperbindung

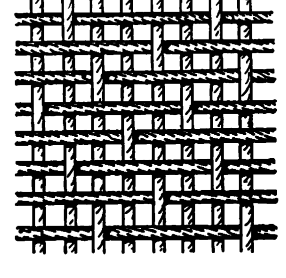


Abb. 4
Atlasbindung

Abb. 2 bis 4
Die drei Grundarten der Bindung der Bänder

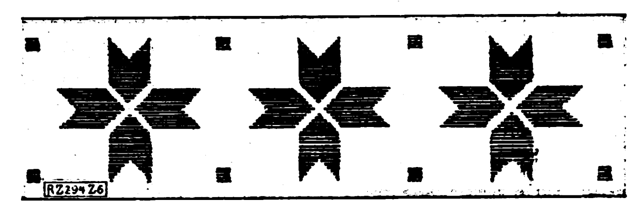


Abb. 6
Mit Hilfe einer Figurkette gemustertes Band

Abb. 5
Band mit Hohlkante

bilden, noch besondere Figurfäden, die Figurkette und die Figurschüsse, eingeführt. Abb. 6 zeigt ein einfaches, durch eine Figurkette gemustertes Band.

Bandwebstuhl mit Schaftmaschine

Abb. 7 und 8 zeigen einen Bandwebstuhl. Die Kettfäden, die je nach der Breite des herzustellenden Bandes auf eine oder mehrere Kettscheiben *a* gewickelt sind, werden gemeinsam mit den von den Scheiben *b* ablaufenden Kantenfäden über den sogenannten Rollendeckel *c* geleitet, dann unter den verstellbar angeordneten Eisen- oder Glasstangen *d*, den „Kettruten" hergeführt. Von hier durchlaufen die Fäden die Schäfte *e* und die Lade *f*. Zwischen der Lade *f* und der Stange *g* bildet sich durch Eintragen des Schußfadens das Band. Es wird von den Abzugwalzen, den „Zugbäumen" *h*, abgezogen und fällt entweder in einen vor den Abzugwalzen aufgestellten Kasten *i* oder wird auf Rollen gewickelt. Flaschenzugartig aufgehängte Gewichte *k* halten sowohl die Kettfäden als auch die Kantenfäden in Spannung. Haben die Gewichte *k* die Höhe des Rollendeckels *c* erreicht, so müssen sie durch Auslösen der Kett- und Kantenscheiben *a* und *b* nach unten bewegt werden. Selbsttätig arbeitende Auslösvorrichtungen werden zumeist nur für Bänder mit groben Fäden benutzt. Bei Seidenbändern läßt man die Ketten mit der Hand ab.

Eine Schaftmaschine *l*, deren Wirkungsweise der Wirkungsweise der nachfolgend besprochenen Jacquardmaschine[1]) entspricht, hebt und senkt die durch Schnüre *s* mit der Schaftmaschine verbundenen Schäfte *e* der herzustellenden Bindung gemäß auf und ab. Häufig dienen auch Exzenterscheiben zur Bewegung der Schäfte.

Die Lade *f* trägt die Schützen und dient zum Anschlagen des eingetragenen Schußfadens. Exzenter *m*, Hebel *n* und Riemen *o* übertragen die Bewegung auf die Schützen. Die Lade *f* erhält ihre schwingende Bewegung von der Hauptwelle mittels der Kurbel *p* und der Pleuelstange *q*. Die Lagerung *r* der Lade *f* kann in der Höhenlage verstellt werden.

Nach der Form der Schützenführung werden die Laden Bogenschläger, Abb. 9 und 10, und gerade Schläger, Abb. 11, genannt. Ferner teilt man sie nach der Zahl der zu einem Bande gehörenden Schußspulen in einspulige, Abb. 9, und mehrspulige Schläger, Abb. 11, ein. Zum Durchlaß der Kettfäden erhält der Schläger Aussparungen *a*, Abb. 9 und 10, deren Zahl je nach der Breite des herzustellenden Bandes und der Stuhllänge verschieden ist. Normale Bogenschläger haben bis zu 66 Gänge, Schläger zur Herstellung der Bänder in zwei Etagen bis zu 96 Gänge und mehrspulige Schläger bis 40 Gänge.

Hinter der Aussparung *a*, Abb. 9 und 10, dem sogenannten Sprung, ist das „Riet", ein aus Stahlband hergestelltes feines Gitter, angebracht. Die Kettfäden werden durch das Riet, dessen Teilung, der sogenannte Stich, durch die Dichte des Bandes bestimmt wird, geführt.

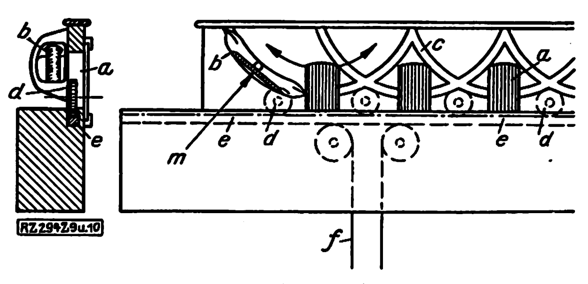
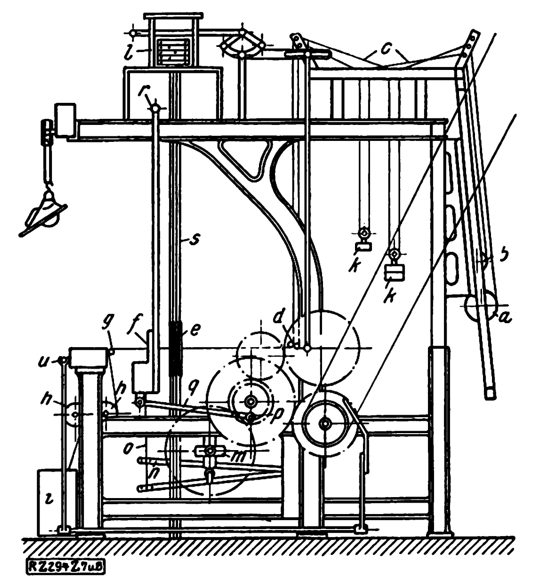


Abb. 9 und 10
Bogenschläger

a Sprung, *b* Schütze, *c* Führungsnut, *d* Antriebrädchen, *e* Zahnstange, *f* Zugriemen

[1]) Z. Bd. 70 (1926) S. 901 u. Bd. 71 (1927) S. 324.



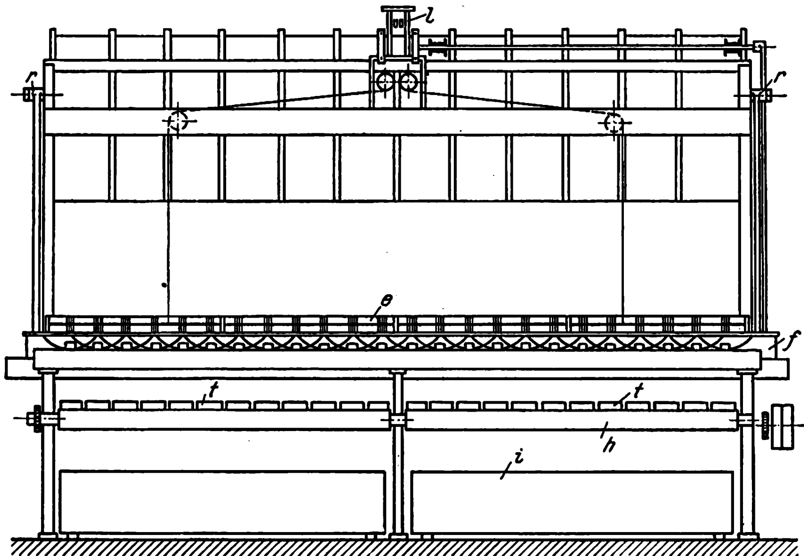


Abb. 7 und 8
Bandwebstuhl mit Schaftmaschine

a Kettscheiben, *b* Kantenscheiben, *c* Rollendeckel, *d* Kettruten, *e* Schäfte, *f* Lade, *g* Umlenkstange, *h* Zugbäume, *i* Kasten zur Aufnahme des fertigen Bandes, *k* Spanngewichte, *l* Schaftmaschine, *m* Exzenter, *n* Hebel, *o* Riemen } zur Bewegung der Schützen, *p* Kurbel, *q* Pleuelstange } zur Bewegung der Lade, *r* Lager der Lade *f*, *s* Schnüre zum Heben der Schäfte, *t* Druckrollen, *u* Ausrückstange



Der Schütze *b*, einzeln dargestellt in Abb. 12, gleitet durch die Nut *c*, Abb. 9 und 10. Bewegt wird er von kleinen Zahnrädern *d* aus Rohhaut, die ihrerseits von einer Zahnstange *e* angetrieben werden. Zwei Riemen *f* bewegen die Zahnstange *e* abwechselnd nach rechts und links.

Die Anordnung eines zweispuligen Schlägers zeigt Abb. 11. Darin bedeuten: *a* Schützen, *b* Antriebrädchen, *c* und *d* die beiden Zahnstangen und *e* und *f* die Zugriemen zur Bewegung der Zahnstangen.

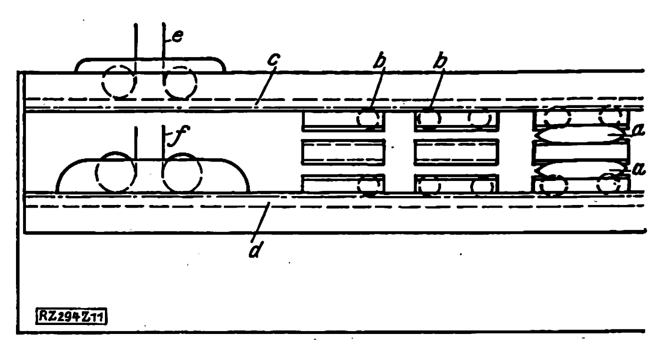


Abb. 11
Zweispuliger Geradschläger
a Schützen *b* Antriebrädchen *c*, *d* Zahnstangen *e*, *f* Zugriemen

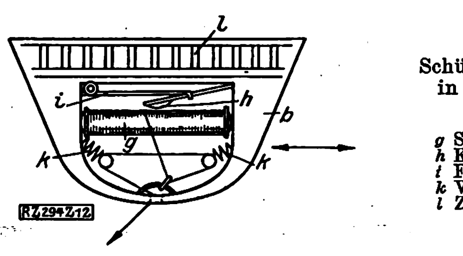


Abb. 12
Schütze (Ansicht in Richtung m, Abb. 9)
g Schlußspule
h Krücke
i Feder
k Würmchen
l Zahnsegment

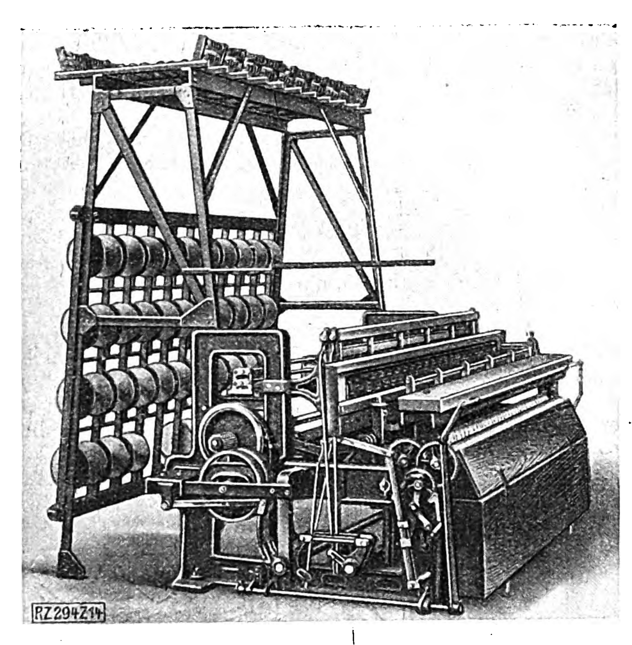


Abb. 14
Hochleistungs-Bandwebstuhl

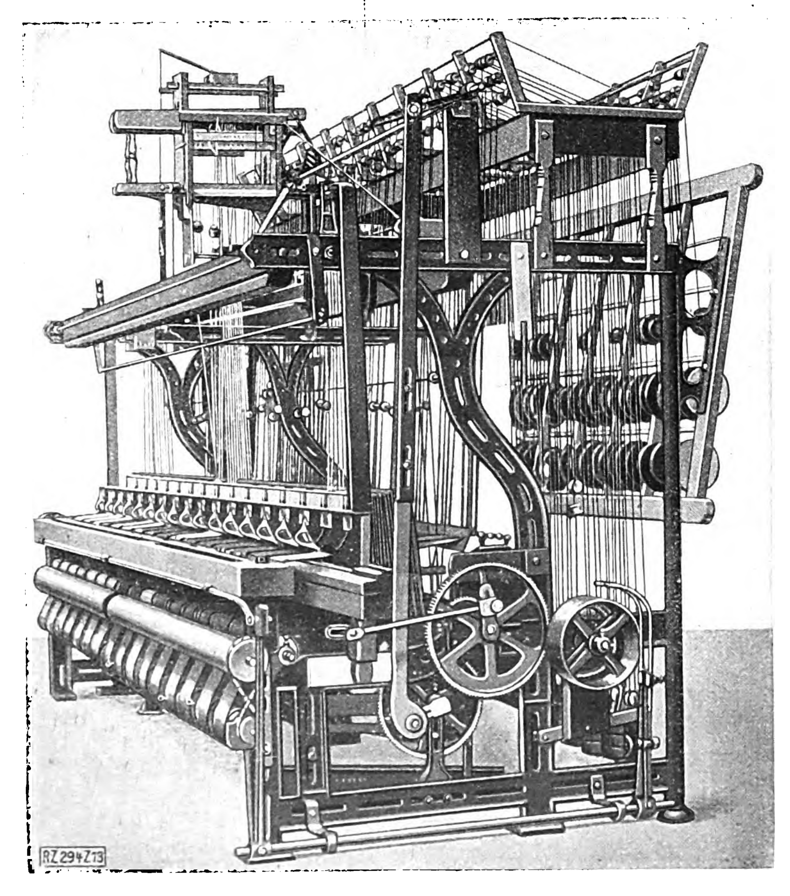


Abb. 13
Bandwebstuhl mit Schaftmaschine

Mehrspulige Schläger werden benutzt, wenn neben dem das Grundgewebe bildenden Schlußfaden noch Figurschußfäden eingetragen werden sollen. Von den zu einem Bande gehörenden Schützen arbeitet stets nur einer. Durch Wirkung der Jacquardmaschine wird der mehrspulige Schläger gehoben und gesenkt, so daß die Bahn der arbeitenden Schützen in der Ebene des Bandes liegt. Die Jacquardmaschine veranlaßt auch das Stillsetzen der nicht arbeitenden Schützen.

Die Schützen, Abb. 12, dienen zur Aufnahme der Schußspulen *g*. Als Bremse dient die „Krücke" *h*, die durch Wirkung der Feder *i* gegen die Spule *g* gedrückt wird. Kleine Schraubenfedern *k*, die „Würmchen", halten den Schußfaden, dessen freie Länge beim Durchgang durch das Fach kleinen Schwankungen unterworfen ist, in gleichmäßiger Spannung. Die Rohhauträdchen *d*, Abb. 9 und 10, greifen in die Zahnsegmente *l* ein. Die Schützen werden in den verschiedensten Formen und Größen ausgeführt.

Als Antriebvorrichtung für den Abzug dient zumeist ein Getriebe mit Sperrad und Sperrklinke. Durch Änderung des Hubes einer Kurbel kann die Abzuggeschwindigkeit mit genügender Genauigkeit geregelt werden.

Entsteht eine Fehlstelle im Band, so muß es entgegen der Abzugrichtung zurückgelassen werden. Nach Anheben der Druckrollen *t*, Abb. 8, läßt sich das Band beliebig verschieben.

Das Bild eines Bandwebstuhles mit Schaftmaschine, ausgeführt von den Maschinenfabriken Carl Lüdorf & Co. in Ronsdorf (Rhld.), Groß Schönau (Böhmen), und Vercurago (Italien), zeigt Abb. 13.

In dem Bestreben, die Leistungsfähigkeit der Bandwebstühle zu erhöhen, haben mehrere Bandwebstuhl-Fabriken Neukonstruktionen herausgebracht, die durch zweckmäßige Gestaltung der Einzelteile eine Erhöhung der Umlaufzahl zulassen. Jedoch ziehen die schwingenden Massen einer Erhöhung der Drehzahlen bei Bandwebstühlen enge Grenzen. Abb. 14 stellt einen Hochleistungs-Bandwebstuhl der Firma Friedrich Lüdorf & Co., G. m. b. H., Barmen-Rittershausen, dar. Schützenbewegung und Fachbildung sind in diesem Stuhle zwangläufig durch Kurvenscheiben verbunden.

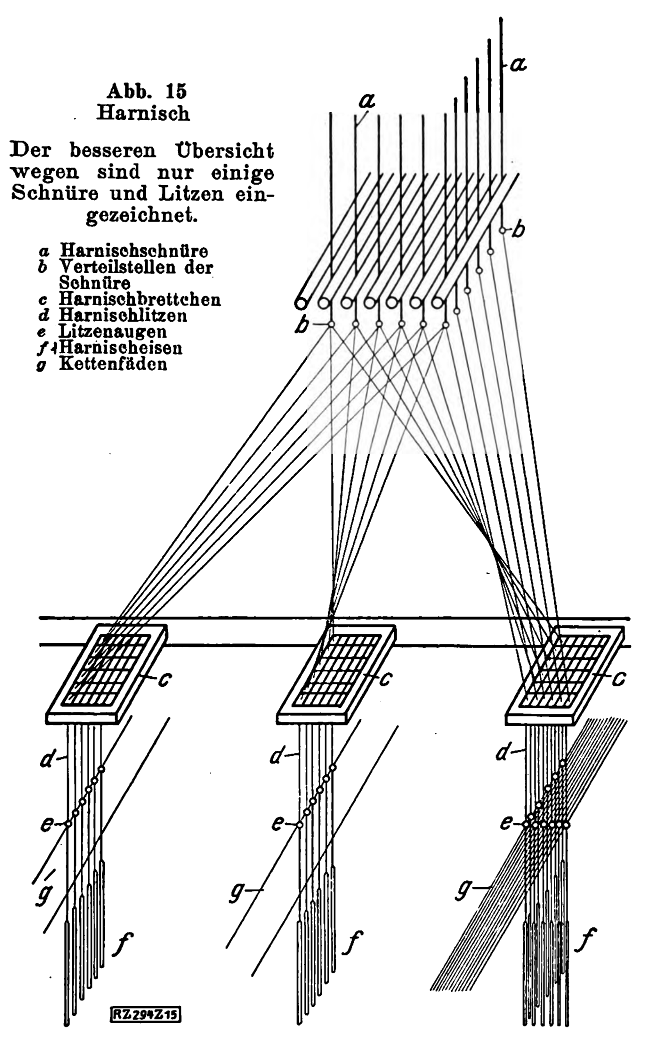


Abb. 15
Harnisch

Der besseren Übersicht wegen sind nur einige Schnüre und Litzen eingezeichnet.

a Harnischschnüre
b Verteilstellen der Schnüre
c Harnischbrettchen
d Harnischlitzen
e Litzenaugen
f Harnischeisen
g Kettenfäden

Abb. 16 und 17
Wirkungsweise der Jacquardmaschine

a gelochte Karten (Jacquardkarte)
b Kartenprisma
c Nadeln
d Platine
e Messer

RZ294Z16u17

Harnisch — Jacquardmaschine — Verdolmaschine

Wie schon eingangs gesagt wurde, können die Schäfte nur zur Steuerung der Kettfäden bei Bändern mit verhältnismäßig kurzer Musterungsfolge benutzt werden. Bei Kettfäden für umfangreich bemusterte Bänder verwendet man einen Harnisch, Abb. 15. Die von der Jacquardmaschine kommenden Schnüre *a* sind bei *b* so oft geteilt, wie der Bandwebstuhl Gänge hat. Über jedem Gang sind diese Schnüre in den Harnischbrettchen *c* gelagert. Jede Harnischkordel ist mit der Harnischlitze *d* verbunden. Diese trägt das Litzenauge *e*, das zur Aufnahme eines Kettfadens dient. Von der Jacquardmaschine kann jede Litze, und damit jeder Kettfaden, dem herzustellenden Muster entsprechend, gehoben und gesenkt werden. Eisenstäbe *f*, die „Harnischeisen" halten die Harnischlitzen in Spannung.

Die nach Maßgabe des Musters gelochten Karten *a* der Jacquardmaschine, Abb. 16 und 17, sind, durch Schnüre zu einem endlosen Band vereinigt, über ein Prisma *b* gelegt. Das Prisma wird hin- und herbewegt. Bei jedem Rückgange erfährt es eine Vierteldrehung und bewegt dadurch das Kartenband um einen Kartenstreifen weiter. Bei der Vorwärtsbewegung gelangt ein Kartenstreifen in den Bereich der Platinnadeln *c*. Die Nadeln, die ein Loch der Karte treffen, bleiben in Grundstellung. Alle anderen werden zurückgedrängt. Mit jeder Nadel ist eine Platine *d* verbunden. Die zurückgedrückte Nadel zieht auch die Platine zurück. Diese gelangt dadurch aus dem Bereich ununterbrochen auf- und abbewegter Messer *e*. Die Messer erfassen alle andern Haken, heben sie hoch und nehmen auch die am unteren Ende angebrachten Schnüre mit. Der Antrieb der Jacquardmaschine entspricht grundsätzlich dem in Abb. 7 und 8 gezeichneten Antrieb der Schaftmaschine.

Sind zur Herstellung eines Musters viele Karten erforderlich, so nehmen die aus dicker Pappe hergestellten Jacquardkarten einen verhältnismäßig großen Raum ein. Diesen Übelstand sucht man mit der Verdolmaschine, in der die Jacquardkarten durch ein endloses Papierband ersetzt sind, zu beseitigen. Abb. 18 zeigt eine Verdolmaschine der Maschinenfabrik Carl Zangs, A.-G., Krefeld.

Bei den Verdolmaschinen mit endloser Papierkarte werden wagerecht liegende Stoßstifte *a*, Abb. 19, von denen jeder durch das Auge einer senkrechten Hilfsnadel *d* geführt ist, durch eine Anzahl von Druckschienen *c* taktmäßig gegen den Nadeleinsatz vorgedrückt. Die Hilfsnadeln werden von der Karte beeinflußt und heben einen Teil der Stoßstifte, so daß diese von den Druckschienen erfaßt und vorgeschoben werden. Die nicht ge-

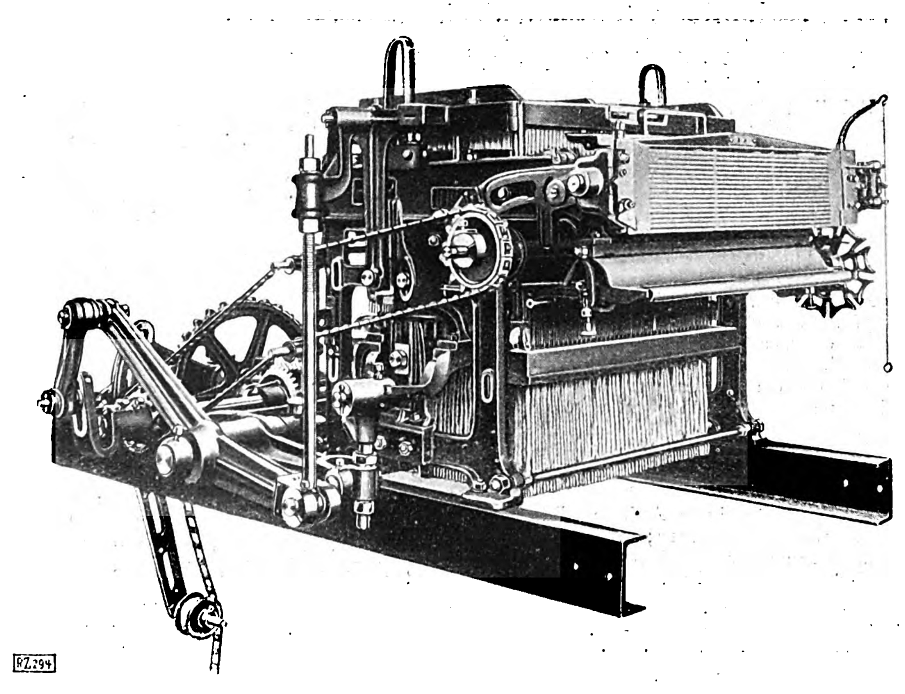


Abb. 18. Verdolmaschine der Maschinenfabrik Carl Zangs, A.-G., Krefeld

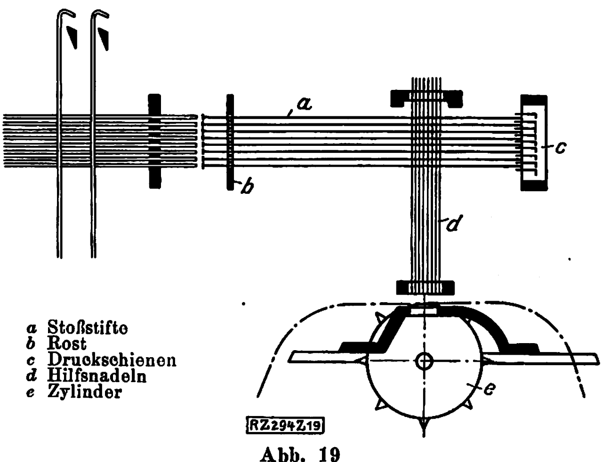


Abb. 19
Wirkungsweise der Verdolmaschine

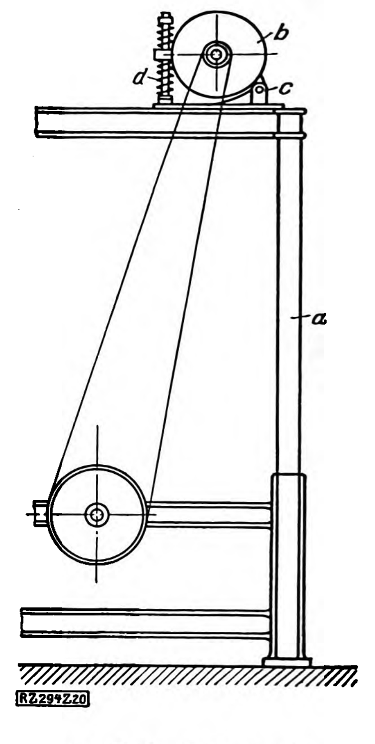


Abb. 20
Elektrischer Antrieb eines Bandwebstuhls

a Seitenständer des Bandwebstuhles
b Elektromotor
c drehbares Lager des Motors
d Spannfeder

hobenen Stoßstifte bleiben in einer Stellung, in der die Druckschienen wirkungslos über sie hinweggehen. Die Stoßstifte sind durch einen Rost *b* hindurchgeführt. Unterhalb der Nadeln *d* befindet sich der Zylinder *e*, über den die Musterkarte fortbewegt wird. Bei jedem Arbeitsgang bewegt sich der Satz Druckschienen *c* nach rechts. Diejenigen Hilfsnadeln *d*, die nicht auf ein Loch der Karte treffen, halten dabei die ihnen zugeordneten Stoßstifte *a* derartig angehoben, daß sie von dem umgebogenen Rand der betreffenden Druckschiene *c* erfaßt und vorgedrückt werden, während der zu einer Hilfsnadel *d*, die durch ein Loch der Karte nach unten sinkt, gehörige Stoßstift in wagerechter Stellung auf der darunter befindlichen Druckschiene liegen bleibt und daher beim Vorrücken der darüber befindlichen Druckschiene nicht erfaßt und vorgeschoben wird.

Der Antrieb der Bandwebstühle

Bis in die letzten Jahrzehnte des verflossenen Jahrhunderts wurden die meisten Bandwebstühle, insbesondere in der Heimindustrie, mit der Hand bewegt. Dann bürgerte sich allgemein der Transmissonsantrieb ein. Mittels der vor dem Stuhl angebrachten Ausrückstange *u*, Abb. 7, kann der Weber von jeder Bedienungsstelle aus den Stuhl durch Verschieben des Riemens auf die Losscheibe stillsetzen. Eine in der Zeichnung nicht dargestellte Bremse bewirkt den augenblicklichen Stillstand des Stuhles.

Wegen der besseren Übersicht und auch aus wirtschaftlichen Gründen verwendet man jetzt häufig den Einzelantrieb in der Bandweberei. Motoren zum Antrieb der Bandwebstühle müssen ein großes Anzugmoment haben. Ist es zu klein, so entstehen infolge zu leichten Anschlages der Lade fehlerhafte Stellen im Band. Abb. 20 zeigt den elektrischen Antrieb der Schorch-Werke, Rheydt. Der auf dem Seitenständer *a* des Bandstuhles aufgestellte Motor *b* ist mit einer Riemenwippe ausgerüstet. Er ist bei *c* drehbar befestigt. Infolge Wirkung der Feder *d* bleibt der Antriebriemen gleichmäßig gespannt. [B 294]

Thermische Bewertung der Speisewasservorwärmung durch Anzapfdampf, insbesondere bei Hochdruckanlagen[1])

Bei Bestrebungen zum Steigern der Frischdampfdrücke in Dampfkraftanlagen hat man auf ein schon lange bekanntes Verfahren zur Verbesserung des Arbeitsprozesses zurückgegriffen. Man benutzt statt des sonst angestrebten Prozesses nach Clausius-Rankine den Regenerativprozeß[2]), indem man einen Teil des Arbeitsdampfes der Turbine zum Erwärmen des Kondensates verwendet. Auf diese Weise verkleinert man die Wärmemenge, die im Kondensator der Maschine an das Kühlwasser abgegeben werden muß.

Es ist nicht gleichgültig, bei welchem Druck man den Dampf zum Vorwärmen des Kondensates der Turbine entnimmt, oder, anders ausgedrückt, auf welche Temperatur das Speisewasser durch den Anzapfdampf erwärmt wird. Die bei diesem Verfahren erreichte Endtemperatur des Speisewassers, die den besten thermischen Wirkungsgrad des Kreisprozesses ergibt, oder, was das gleiche ist, die Arbeitsfähigkeit des Anzapfdampfes in der Turbine am besten ausnutzt, ist die „günstigste Temperatur" des Speisewassers.

Für eine gegebene Anlage gibt es nur eine bestimmte „günstigste Temperatur"; sie ist unabhängig von den Schwankungen des Druckes und der Temperatur des Frischdampfes sowie der Luftleere. Die Linie des thermischen Wirkungsgrades verläuft in der Gegend des Höchstwertes sehr flach, um so flacher, je größer die Zahl der Anzapfstellen ist. Man braucht daher die „günstigste Temperatur" nicht genau innezuhalten; es genügt, wenn man sich in ihrer Nähe hält.

Die Endtemperatur in jedem Vorwärmer bestimmt man bei n Anzapfstellen so, daß man den Bereich zwischen der Sättigungstemperatur bei Frischdampfdruck und der Sättigungstemperatur bei Kondensatordruck in $n + 1$ gleiche Teile teilt. Mit dem Frischdampfdruck nimmt die Verbesserung des Wirkungsgrades zu; das Verfahren eignet sich daher besonders für hohe und höchste Drücke.

Das Gewicht der abgezapften Dampfmenge hängt bei mehrstufiger Vorwärmung nicht von der Zahl der Stufen, sondern nur von der geforderten Endtemperatur der Vorwärmung ab. Als wirtschaftlichste Zahl der Stufen wird vorgeschlagen:

für Drücke bis rd. 30 at . . 1 Stufe,
„ „ über 30 at bis 100 at . . 2 Stufen,
„ „ „ 100 at . . 3 Stufen.

Die Vorwärmung durch Anzapfdampf hebt nicht nur unmittelbar den Wirkungsgrad der Wärmeumsetzung in der gesamten Anlage, sondern sie verbessert auch in vielen Fällen den Wirkungsgrad der ersten Stufen einer Dampfturbine, weil das hier arbeitende Dampfgewicht größer wird. Ferner ermöglicht das Verfahren, die Leistung von Grenzturbinen zu steigern, da die Abdampfmenge kleiner wird. Diese Gesichtspunkte können neben den rein thermischen die Zahl der Anzapfstufen beeinflussen. [N 903]

[1]) Auszug aus der von der Technischen Hochschule Berlin genehmigten Dissertation von Dipl.-Ing. Erich Schlegel, Charlottenburg.
[2]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 1004.

Die amerikanischen Methoden zur Behandlung der Bandsägeblätter und ihre elastizitätstheoretische Begründung

Von Prof. Dr.-Ing., Dr. med. h. c. Gustav Schmaltz, Offenbach a. M.

Die Entwicklung der schweren Bandsägen in Amerika — Ihre Verwendung im Vergleich zum Sägegatter — Die Vorgänge beim Verlaufen und Abdrängen der Säge — Die praktischen Verfahren zur Vorbehandlung breiter Blätter — Theorie der Spannungszustände im gewöhnlichen und vorbehandelten Sägeblatt

Überblick über die Entwicklung der Bandsägen in den Vereinigten Staaten von Amerika

Die konstruktive Frühentwicklung der schweren Bandsägen (Blockbandsägen und Spaltbandsägen) hat sich im wesentlichen in den Vereinigten Staaten von Amerika abgespielt. Es mag daher gerechtfertigt erscheinen, auch bei einer vorwiegend theoretischen Behandlung dieser Maschinen von ihrer amerikanischen Entwicklung und den dortigen Erfahrungen auszugehen. Über 80 vH allen Holzes wird heut in Amerika auf Bandsägen geschnitten. Vor etwa 50 Jahren dagegen waren Block- und Spaltbandsäge nach nahezu unbekannt. Dann nahm die Firma Prescott in Menominee, Michigan, den Bau der Blockbandsägen in kleinem Maßstab auf, und gleichzeitig begannen die jetzt nicht mehr bestehenden Atlantic Works in Philadelphia den Bau der Spaltbandsägen. Dies fiel in die Zeit der beginnenden Holzknappheit der Vereinigten Staaten, als der Sägemühlenbesitzer anfangen mußte zu rechnen, und der Schnittverlust auf den alten Kreissägen begann, eine Rolle in der Selbstkostenrechnung zu spielen. Gleichzeitig hatte sich unter dem Einfluß des wachsenden Wirtschaftskampfes auch im Baugewerbe eine solche Steigerung der Anforderungen an die Reinheit und Güte der Schnittware herausgebildet und damit verbunden eine so feine Differenzierung der Güte und Preisgrade des Schnittholzes, daß der Sägewerkunternehmer nur dann wirtschaftlich bestehen konnte, wenn er aus den gegebenen Stämmen das Maximum an Qualitätsware herauszuholen vermochte. Dafür war die Bandsäge das gegebene Mittel.

Im Gegensatz zum Sägegatter, das (wenigstens in der amerikanischen Bauart) in bezug auf Schnittverlust und quantitative Leistung den Vergleich mit der Bandsäge wohl aushält, gestattet diese, den Stamm nach irgendeinem Schnitt um seine Längsachse zu drehen. Dieses Verfahren ermöglicht es, jeweils die fehlerhaften Stellen des Holzes an den Rand des Brettes zu bringen und damit die Qualitäts- und Preisklasse der Schnittware wesentlich zu erhöhen. Das ist natürlich nur bei nicht zu kleinem Stammdurchmesser zweckmäßig. Damit ist aber gerade bei den normalen amerikanischen Hölzern die wirtschaftliche Überlegenheit der Bandsäge gegeben. In den Fällen, wo es sich um kleine Stammdurchmesser handelt, oder wenn auf eine feinere Klassifizierung der Bretter kein Wert gelegt wird, ist naturgemäß das Gatter vorzuziehen, und in der Tat sind heute noch in einigen Gegenden der Vereinigten Staaten Sägegatter allgemein verbreitet.

Auch für die Einführung der Spaltbandsägen waren im wesentlichen wirtschaftliche Gründe maßgebend: Die Blockbandsäge braucht zu ihrer Bedienung mindestens 4 bis 5 Mann, nämlich den Säger, der die Bewegung des Wagens leitet und die Größe der Zustellung angibt, 1 bis 2 Leute auf dem Wagen, die das Holz festklemmen und zustellen und einen Mann hinter der Säge. Das herunterfallende Schnittgut wird, soweit es aus Brettern besteht, von einem Rollgange zu den Besäumkreissägen weitergeführt, während die herunterfallenden Schwarten mittels eines von dem Manne hinter der Säge gesteuerten Kettengetriebes mit Vorschubknaggen der Schwartensäge zugeführt werden. Die Spaltbandsäge mit selbsttätigem Vorschub braucht statt jener fünf Mann nur 1 bis 2 Mann zu ihrer Bedienung. So kam es ganz von selbst im Laufe der Entwicklung, daß man der Blockbandsäge das Abtrennen von Bohlen von zwei- bis dreifacher Normalstärke zuwies, die man auf der Spaltbandsäge auftrennte. Dieses Verfahren vermindert die Selbstkosten sehr beträchtlich, zumal in einem Lande, wo die Arbeitslöhne eine so große Rolle spielen wie in den Vereinigten Staaten.

Die Schnittleistungen jener Sägen sind bedeutend. Eine normal ausgerüstete Sägemühle schneidet bis zu 40 000 bis 60 000 boardfeet, d. h. 95 bis 140 m^3 im Tag. Die Vorschubgeschwindigkeit der Blockbandsägen, deren Wagen mittels Dampfkolbens bewegt wird, liegen zwischen 50 und 85 m/min bei einer Schnitthöhe bis zu 1 m, in einzelnen Fällen bis zu 1,50 m.

Drei Bedingungen sind für die konstruktive Entwicklung der Sägen und die Behandlung der Sägeblätter maßgebend gewesen:

1. Es muß verhindert werden, daß das Sägeblatt infolge der außerordentlich hohen Vorschubwiderstände von den Rollen heruntergedrängt wird. An eine Verwendung von Rückenführungen, wie das bei Tischlerbandsägen üblich ist, kann wegen der großen Kräfte überhaupt nicht gedacht werden.
2. Das Blatt muß am Verlaufen verhindert werden, d. h. daran, daß kleine Verschiedenheiten in den Widerständen, die es rechts und links von der Schnittrichtung findet, das Blatt seitlich abdrängen und verdrehen. Dies würde unmittelbar zu seiner Zerstörung führen.
3. Das Blatt muß trotz den durch die Erfüllung dieser Bedingungen gegebenen beträchtlichen Abmessungen so vorgerichtet werden, daß der Schnittverlust möglichst klein wird.

Diese Bedingungen werden im wesentlichen durch eine besondere Behandlung der Sägeblätter im Sägewerk selbst erfüllt, und zwar zeigt sich, daß dies in bezug auf die Bedingungen 1 und 2 durch die gleiche Behandlungsweise erreicht wird. Der Erfolg hängt in hohem Maße von der Geschicklichkeit des „Sägefeilers“ ab, d. h. des Mannes, dem die ständige Behandlung der Sägeblätter obliegt. Gewiß, auch die Maschine muß vorzüglich sein. Sie muß eine kräftige und empfindliche Blattspannung haben. Die Rollen müssen genau geschliffen und die Seitenführungen in gutem Zustand sein. Aber dies alles ist nur von geringer Bedeutung gegenüber der Behandlung der Blätter. Demgemäß sind auch in den Vereinigten Staaten die Sägefeiler sehr gesuchte, vorzüglich bezahlte Leute. Sie bilden eine eigene Zunft, und ihre Tätigkeit wird als hohe Kunst betrachtet, die sich oft vom Vater auf den Sohn forterbt. Die Sägefeiler verdienen bis zu 12 $ täglich, eine Summe, die nicht zu hoch ist, wenn man bedenkt, daß die Leute in mittleren Werken zwei große Blockbandsägen, zwei Spaltbandsägen und eine ganze Schar Kreissägeblätter in Stand zu halten haben, wobei die großen Bandsägeblätter bei starkem Betrieb alle 2 bis 4 Stunden zu wechseln sind. Unrichtige Behandlung der Blätter führt neben hohen Schnittverlusten und krummer ungleich dicker Schnittware in kürzerer Zeit zu Sprüngen in den Blättern, wodurch sie, wenn es nicht rechtzeitig bemerkt und behandelt wird, völlig unbrauchbar werden.

In folgendem soll das Wesentliche der Behandlung der breiten Blätter dargestellt und durch elastizitätstheoretische Betrachtung begründet werden. Es bedarf dazu zunächst der Betrachtung des allgemeinen Verhaltens eines auf Rollen laufenden elastischen Bandes.

Die Verteilung der mittleren Spannungen in der Längsrichtung eines Bandsägeblattes

Die Verteilung der Spannungen über die Länge eines arbeitenden Bandsägeblattes unterscheidet sich in einem wesentlichen Punkte von den Verhältnissen in einem gewöhnlichen Treibriemen:

Die Belastung des Treibriemens mit seiner Nutzspannung erfolgt während des Umlaufs über die getriebene Scheibe, während sie bei dem Bandsägeblatt beim Durch-

gang durch das Werkstück, also zwischen den beiden Scheiben, erfolgt. Abb. 1 und 2 zeigen diese Verhältnisse für den Teibriemen und für das Sägeblatt in der für die Betrachtung der Spannungen in Treibriemen üblichen Darstellungsweise[1]).

Das Bandsägeblatt kommt mit der Spannung S_2, die dem losen Trumm entspricht, bei A auf die getriebene Scheibe. Diese hat bekanntlich bei der Bandsäge nur die Funktion einer Umlenk- und Spannrolle. Der Spannungzuwachs $S_1' - S_2 = R$ auf dieser Scheibe entspricht ihrem Reibungswiderstand. Bei C tritt das Blatt in das Werkstück ein und erfährt einen Spannungzuwachs von S_1' auf S_1, der dem Schnittwiderstand W_s entspricht. Über der treibenden Scheibe EF fällt die Spannung wiederum auf den Betrag S_2. Die Spannungen eines Bandes auf einer umlaufenden Scheibe wachsen oder sinken nach der Beziehung

$$S = S_0 e^{\mu a} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (1)$$

wobei S_0 die Anfangsspannung, μ der Reibungskoeffizient und a der umspannte Bogen ist. Die Kurven für diesen Spannungszuwachs oder -abfall sind in Abb. 1 und 2 eingetragen, wobei zwei verschiedene Arbeitswiderstände W_s und W_s' berücksichtigt worden sind. Ihre Schnittpunkte mit der Ausgangspannung und der vorgeschriebenen Endspannung ergibt die Größe des Bogens, auf dem die Spannungsänderung vor sich geht. Der Spannungszuwachs im Werkstück dürfte im wesentlichen geradlinig erfolgen. Im übrigen ist das ganze Blatt noch mit einer gleichmäßigen Spannung S_f belastet, die von der Fliehkraft herrührt. Diese beträgt für 1 cm² Querschnitt (unabhängig von der Breite des Blattes)

$$k_f = v^2 \frac{\gamma}{g}.$$

Dabei bedeutet v die Geschwindigkeit des Blattes und γ sein spezifisches Gewicht. Die Spannung k_f ersieht man für verschiedene Blattgeschwindigkeiten aus Zahlentafel 1.

Zahlentafel 1

v . . m/s	25	30	35	40	45	50	55	60
k_f kg/cm²	50	72	98	126	162	200	243	288

Da bei allen Bandsägen eine der Rollen mittels einer nachgiebigen Spannvorrichtung das Blatt dauernd unter gleichmäßiger Spannung $S_1 + S_2$ hält, hat die Fliehkraft

[1]) Vergl. Kutzbach, „Hütte" 25. Aufl. Bd. 2 S. 222.

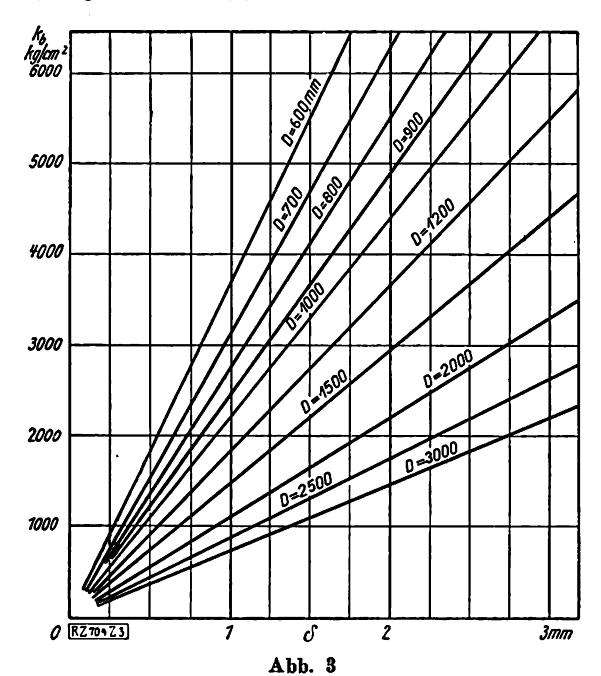


Abb. 3
Biegungsbeanspruchung von Bandsägeblättern, abhängig von der Banddicke δ und dem Rollendurchmesser D

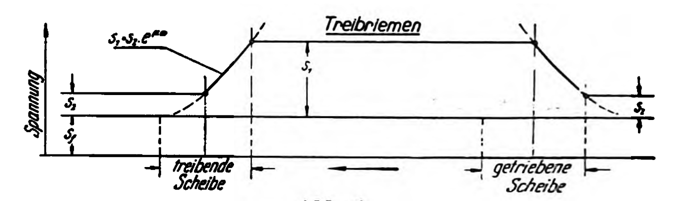


Abb. 1
Spannungsverlauf im Treibriemen

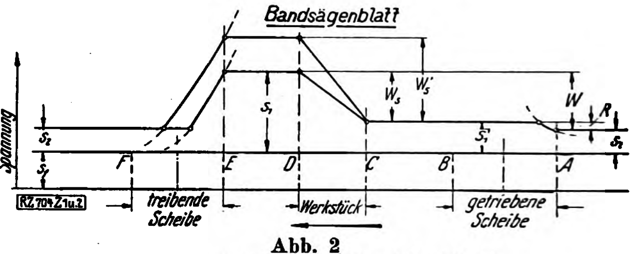


Abb. 2
Spannungsverlauf im Bandsägeblatt

S_1 Spannung im ziehenden Trumm S_2 Spannung im gezogenen Trumm S_f Fliehkraftspannung
$R = S_1' - S_2$ Reibwiderstand der getriebenen Scheibe $W = R + W_s$
W_s Schnittwiderstand W_s' Schnittwiderstand eines andern Werkstückes

keinen Einfluß auf den Achsdruck. Beim Laufen über die Rolle erfährt das Blatt noch eine Biegungsbeanspruchung:

$$K_b = E \frac{\delta}{D} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (2),$$

worin E der Elastizitätsmodul, δ die Dicke des Blattes und D der Rollendurchmesser ist. Diese Spannungen sind für $E = 2\,200\,000$ kg/cm² in Abb. 3 aufgetragen. Man sieht, daß die Biegungspannungen außerordentlich hohe Werte annehmen können.

Es ergeben sich nun folgende Beziehungen für die Kräfte: Die Lagerdrücke in der Ruhe sind gleich der Vorbelastung des Blattes durch die getriebene Rolle:

$$Q_t = Q_g = 2\,S_v,$$

worin S_v die Ruhe- oder Vorspannung eines Trumms, Q_t die Belastung der treibenden und Q_g die der getriebenen Scheibe in der Ruhe ist. Während der Arbeit ändern sich diese Verhältnisse. Es muß

$$S_1 \leq e^{\mu a} S_2 \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (3)$$

sein. $e^{\mu a}$ werde gleich K gesetzt mit $a = \pi$. Dann wird

$$S_1 \leq K\,S_2 = S_2 + R + W_s = S_2 + W \quad \ldots (3a),$$

wo W der gesamte Widerstand, R der Reibungswiderstand am Umfang der getriebenen Scheibe und W_s der Schnittwiderstand ist. Daraus ergibt sich

$$S_2 \geq \frac{W}{K-1} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (3b)$$

und

$$Q_g = 2\,S_2 + R \quad \ldots \ldots \ldots (3c).$$

Hieraus findet sich

$$Q_g = 2\,S_v \geq \frac{2\,W}{K-1} + R \quad \ldots \ldots (3d).$$

Hierfür kann wegen der Kleinheit von R gesetzt werden

$$Q_g \geq \frac{2\,W}{K-1} \quad \ldots \ldots \ldots (4).$$

Dies ist die Belastung, die die getriebene Scheibe mindestens haben muß, um das Blatt durchzuziehen. Ihre Belastung bleibt wegen der nachgiebigen Lagerung unverändert, während die Belastung der treibenden Rolle während des Betriebes

$$Q_t' = S_1 + S_2 = S_2 + R + W_s + S_2 = 2\,S_v + W_s \quad . \; (5a)$$

wird, oder auch

$$Q_t' = S_2\,(K' + 1).$$

Hierin bedeutet K' den Wert von $e^{\mu a'}$, der dem jeweiligen zur Kraftübertragung ausgenutzten Winkel a' entspricht, wo

$$a' \leq \pi$$

ist. Der Unterschied der Lagerdrücke während des Schnittes wird

$$Q_t' - Q_g = W_s \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (5b).$$

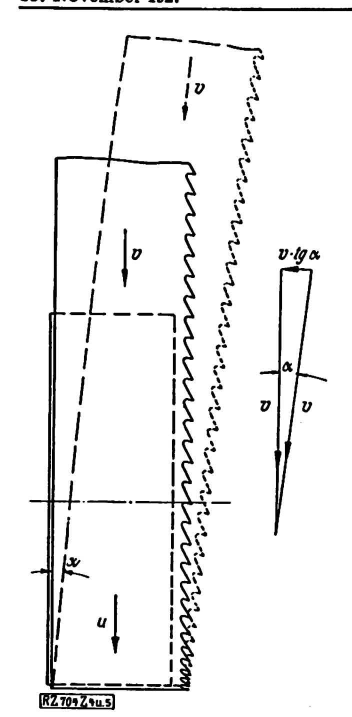


Abb. 4 und 5
Abweichung der Richtung des auflaufenden Sägeblattes von der Richtung der Umfangsgeschwindigkeit der Rolle beim Biegen des Blattes über die hohe Kante

v Geschwindigkeit des Sägeblattes
u Umfangsgeschwindigkeit der Rolle
α Winkel der Abweichung

W_s ist der Schnittwiderstand, der vom Auflagetisch oder Wagen aufgenommen wird. Ändert sich der Schnittwiderstand W_s, so ändert sich nur der ausgenutzte Bogen α' und die Belastung Q_t' der treibenden Rolle. Der Faktor $\frac{2}{K-1}$ in Gl. (4) wird mit $\frac{2\pi}{\alpha} = 0{,}5$ und $\mu = 0{,}15$ gleich 3,3. Es wäre also genügend, wenn die Rollenbelastung etwa das 3,3fache des Widerstandes betrüge. Aus der Forderung aber, daß das Band unter dem Einfluß des Vorschubwiderstandes nicht von der Rolle laufen soll, ergeben sich, wenn keine Rückenführung zur Anwendung kommt, nicht unerheblich größere Belastungen. Dies wird später gezeigt werden. Es sei nunmehr erörtert, in welcher Weise es möglich ist, trotz den beträchtlichen Vorschubkräften bei den schweren Bandsägen das Band auf der Rolle zu halten.

Die Vorgänge bei der Querverschiebung eines laufenden Bandes

Wenn ein elastisches Band mit einer gewissen Spannung über zwei Rollen liegt, die sich in Ruhe befinden, so kann eine zwischen den Rollen angreifende Querkraft im allgemeinen das Band nicht verschieben. Die Querkräfte rufen Längsspannungen hervor. Diese vergrößern die Reibungskräfte am Rollenumfang, und das Band wird eher zerreißen als von den Rollen heruntergleiten. Auch wenn das Band über die Rollen läuft, ist es im allgemeinen nicht möglich, es quer zur Laufrichtung zu verschieben, sofern ein Biegen über die hohe Kante oder ein Ausknicken aus der Normalebene des Bandes verhindert wird. Tritt jedoch eines von beiden ein, so ist auch eine Verschiebung auf der Scheibe die Folge. Dies beruht, wie leicht ersichtlich, auf einer Änderung des Anlaufwinkels, derart, daß die Richtung der Anlaufgeschwindigkeit v nicht mehr mit der der Umfangsgeschwindigkeit u der Scheibe zusammenfällt. Die Geschwindigkeit, mit der das Band von der Rolle herunterläuft, ist $v \operatorname{tg} \alpha$, wo α der Winkel zwischen den beiden Richtungen ist, Abb. 4 und 5.

Man kann den Einfluß des veränderten Auflaufwinkels an Blockbandsägen, die sich im Betrieb befinden, manchmal beobachten. Es kommt nämlich vor, daß die Sägeblätter durch ungleichmäßige Behandlung an den Kanten flache Ein- und Ausbiegungen zeigen. Dies bedingt eine geringe Abweichung vom normalen Auflaufwinkel, sobald diese Stellen auf die Rolle kommen. Man kann beobachten, daß derartige Blätter beim Auflaufen der betreffenden Stellen auf der Scheibe hin- und herwandern.

Bei den großen Schnittgeschwindigkeiten der Blockbandsägen genügen schon ganz geringe Abweichungen der Auflaufrichtung von der normalen, um das Blatt in kurzer Zeit von der Rolle herunterzutreiben. Es sei z. B. die Schnittgeschwindigkeit mit dem normalen Wert $v = 40$ bis 50 m/s angenommen. Die Auflaufrichtung des Blattes sei nur 1 : 1000 gegen die Umfangsgeschwindigkeit geneigt. Dann beginnt das Blatt mit einer Geschwindigkeit von etwa 3 m/min von der Rolle herunterzuwandern. Bei einer Rollenbreite von 30 cm einer schweren Blockbandsäge würde somit das Blatt in 6 s die Rolle verlassen haben. Es ist leicht einzusehen, daß bei den üblichen Querschnittverhältnissen der Bandsägeblätter eine Veränderung der Auflaufrichtung durch Ausbiegen des Blattes über die hohe Kante **nicht** auftreten kann. Jedoch führt auch ein **Ausknicken** des Blattes unter dem Einfluß des Vorschubwiderstandes, d. h. ein Verdrehen der schneidenden Querschnitte aus der normalen Blattebene heraus zu einer Veränderung des Auflaufwinkels, Abb. 6 und 7. B ist das Sägeblatt vor, B' nach dem Ausknicken um die Größe h. Wie ersichtlich, wird der Tangens des Winkels α, um den das Blatt von der normalen Auflaufrichtung abweicht:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2\,h^2}{b\,l} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (6).$$

Bei einem Ausknicken des Blattes um $h = 0{,}3$ cm und einer Schnittgeschwindigkeit von $v = 50$ m/s würde das 30 cm breite Blatt in rd. 7 min von der Rolle herunterwandern. Wenn dies anscheinend auch nur eine sehr geringe Geschwindigkeit ist, so genügt sie doch, um einen Sägebetrieb dauernd unmöglich zu machen. Es genügen vielfach kleine Unsymmetrien in der Ausbildung der Zähne, um ein seitliches Ausweichen des Blattes einzuleiten. Dies kann beispielsweise durch ungleichmäßigen Schrank der Zähne, Abb. 8 und 9, oder bei gestauchten Zähnen durch eine nicht genau rechtwinklig zur Laufrichtung geschliffene Zahnbrust hervorgerufen werden, Abb. 10 und 11. Besonders ungünstig aber wirkt noch der Umstand, daß sobald erst einmal eine solche Unsymmetrie der Schnitt-

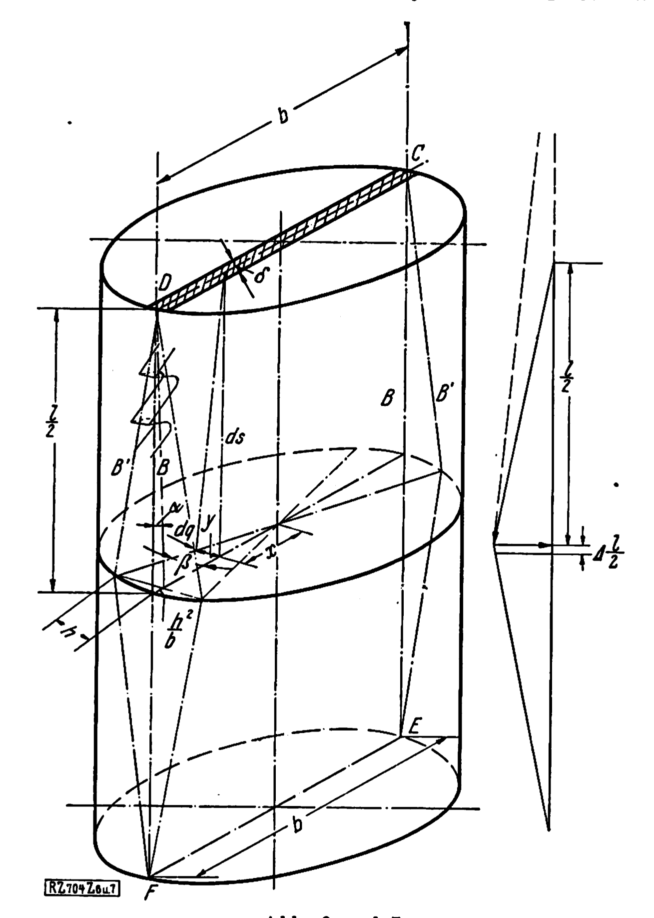


Abb. 6 und 7
Einfluß des seitlichen Ausknickens des Sägeblattes

b Breite des Sägeblattes
δ Dicke „ „
h Größe der Ausbiegung
Abstand der Sägerollen
α Winkel der Abweichung des Sägeblattes von der normalen
β Winkel der Ausbiegung
s Spannung des Sägeblattes

kräfte das Blatt auch nur um einen kleinen Betrag aus seiner Richtung abgedrängt hat, in der Schnittfuge Kräfte auftreten, die das Blatt noch weiter zu verdrehen streben. Darauf beruht das bekannte „Verlaufen" des Sägeblattes, Abb. 12. Man übersieht schon anschauungsmäßig, daß es in bezug auf die Fähigkeit eines Sägeblattes, einer solchen Verdrehung aus seiner Mittellage zu widerstehen, wesentlich auf die Spannungen der Randfasern ankommt. Eine Rechnung wird darüber genaueren Aufschluß geben.

Das Blatt werde in der Mitte zwischen den Rollen derart verdreht, daß die Ausbiegung des Randes aus der Mittelebene die Größe h annehme und mit dieser den Winkel β bilde, Abb. 6 und 7. Die Anspannung einer Faser sei ds. Dann entsteht infolge der Ausbiegung der Faser um den Betrag y eine senkrecht zur Faser gerichtete Querkraft q. Es verhält sich

$$\frac{l}{2y} = \frac{ds}{d\frac{q}{2}},$$

wo l die freie Länge des Blattes von Rolle zu Rolle ist. Somit wird die Querkraft

$$dq = 4\,ds\,\frac{y}{l} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (7).$$

Es ist aber

$$ds = \sigma\,\delta\,dx,$$

wo σ die auf die Querschnittseinheit bezogene Spannung und δ die Dicke des Blattes ist. Die Spannung σ setzt sich aus zwei Anteilen σ_1 und σ_2 zusammen,

$$\sigma = \sigma_1 + \sigma_2;$$

darin ist σ_1 die ursprünglich in der Faser vorhandene Spannung und σ_2 die Spannung, die dadurch hinzukommt, daß die Faser bei der Ausbiegung gedehnt wird. Die Spannung σ_2 bestimmt sich zu

$$\sigma_2 = E\,\frac{\Delta l}{l},$$

wo Δl die Streckung der Faser.

Aus der Beziehung

$$\frac{\Delta \frac{l}{2}}{y} = \frac{y}{l}$$

findet sich

$$\sigma_2 = E\,\frac{2\,y^2}{l^2} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (8).$$

Damit wird

$$ds = \left(\sigma_1 + E\,\frac{2\,y^2}{l^2}\right)\delta\,dx$$

und

$$dq = \left(4\,\sigma_1\,\frac{y}{l} + 8\,E\,\frac{y^3}{l^3}\right)\delta\,dx\,.$$

Da β klein ist, kann man den Winkel statt des Tangens setzen, also $y = \beta x$; dann wird

$$dq = \sigma_1\,\frac{4\,\beta\,\delta}{l}\,x\,dx + 8\,E\,\frac{\beta^3\,\delta}{l^3}\,x^3\,dx \quad \ldots (8a).$$

Das rückdrehende Moment der Querkräfte ergibt sich durch Multiplikation der Querkräfte mit ihren Hebelarmen x zu

$$d\,M = dq\,x = \sigma_1\,\frac{4\,\beta\,\delta}{l}\,x^2\,d\,x + 8\,E\,\frac{\beta^3\,\delta}{l^3}\,x^4\,dx \quad \ldots (9).$$

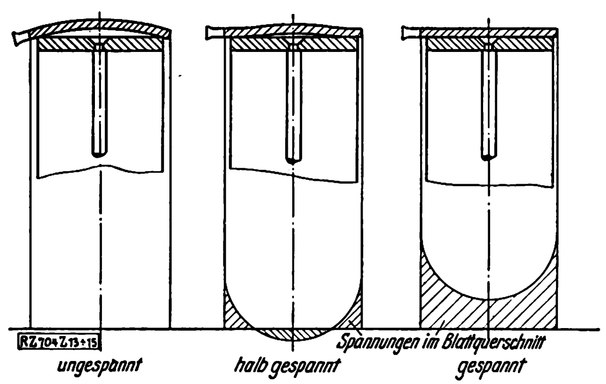
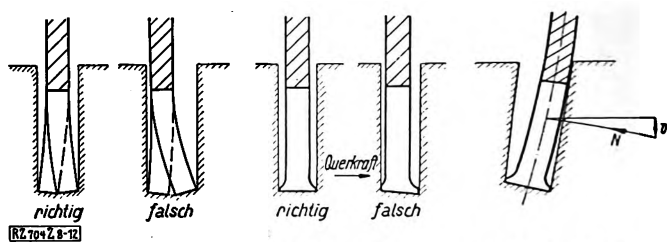


Abb. 13 bis 15
Krümmung eines Bandsägeblattes infolge Streckung der Mittelfasern bei der Vorbehandlung



Schränkung der Zähne — Schliff der Zahnbrust bei gestauchten Zähnen — Querkraft in der Schnittfuge am verdrängten Blatt

Abb. 8 bis 12
Einfluß der Zahnform auf ein seitliches Ausweichen des Blattes

Das gesamte rückdrehende Moment wird

$$M = \int dM = \sigma_1\,\frac{4\,\beta\,\delta}{l}\int x^2\,dx + 8\,E\,\frac{\beta^3\,\delta}{l^3}\int x^4\,dx + C \quad \ldots (10).$$

Die Konstante vor dem zweiten Gliede dieses Ausdrucks ist so klein, daß sein Einfluß auf M unter 1 vH liegt. Man kann also setzen

$$M = \sigma\,\frac{4\,\beta\,\delta}{3\,l}\,x^3 \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (11),$$

wo σ die gleichmäßig über den Querschnitt verteilte Vorspannung ist. Die Lage der Drehachse für den Querschnitt, von der aus die x-Werte zu zählen sind, ergibt sich aus der Bedingung, daß die Summe der Querkräfte null sein muß, wenn das Blatt im ganzen nicht seitlich ausgebogen werden soll. Bei vollkommen symmetrischer Kraftverteilung liegt sie demgemäß in der Mitte des Blattes[8]). Bei einem Blatt, das sich „verlaufen" hat, ist diese Bedingung naturgemäß nicht mehr erfüllt, sondern die Summe der freien Querkräfte wird gleich dem einseitigen Anlagedruck der Säge in der Schnittfuge. Für unsere Zwecke genügt es, aus Gl. (9) zu sehen, daß der Anteil der einzelnen Fasern des Blattes an dem rückdrehenden Moment im wesentlichen quadratisch mit dem Abstand von der Drehachse zunimmt. Das Drehmoment selbst wächst demgemäß mit der dritten Potenz des Abstandes von der Drehachse, Gl. (11). Auf dieser Beziehung, die offenbar von den Amerikanern intuitiv erkannt worden ist, beruht deren Verfahren zur Behandlung der breiten Sägeblätter; dies hat übrigens jetzt auch in Deutschland Eingang gefunden.

Das Verfahren zur Behandlung der breiten Sägeblätter

Die Behandlung der breiten Blätter besteht darin, daß durch eine geschickte Vorbehandlung des Blattes die Mittelfasern gestreckt werden. Infolge dieser bleibenden Streckung der inneren Fasern nimmt der Querschnitt des Blattes im ungespannten Zustand eine leicht gewölbte Form an, Abb. 13 bis 15. Wird nun das Blatt mit Hilfe einer Rolle mit geradem Rücken gespannt, so werden zunächst die äußeren Fasern gereckt und erst, wenn die Deformation die Mitte erreicht hat, werden die Mittelfasern ebenfalls gespannt. Die ungleichmäßige Ausbildung der Spannung über dem Blattquerschnitt zeigen Abb. 14 und 15. Damit wird erreicht, daß die Randfasern die Spannung bekommen, die zur Erzeugung einer genügend großen Steifigkeit des Blattes notwendig ist, ohne daß die Lagerbelastung so außerordentlich hoch genommen werden müßte, wie es bei gleichmäßiger Anspannung des Blattes nötig wäre. Das Zusammenwirken dieser Randspannungen mit den Spannungen, die von einer Neigung der Rolle herrühren, ferner mit den Temperaturspannungen usw. soll später im einzelnen dargetan werden. Zunächst sei die praktische Behandlung des Blattes kurz geschildert.

Die Blätter werden zweckmäßig zwischen schmalen Druckwalzen behandelt, Abb. 16. Die richtige Spannung des Blattes wird dadurch erreicht, daß zunächst die Mittelfaser unter sehr starker Walzenbelastung gestreckt wird und dann symmetrisch zu ihr nach außen mit abnehmender Walzenbelastung die Fasern gestreckt werden. Oder

[8]) Eine Annahme hierüber ist notwendig, wenn man das allgemeine Integral (10) als bestimmtes auswerten will.

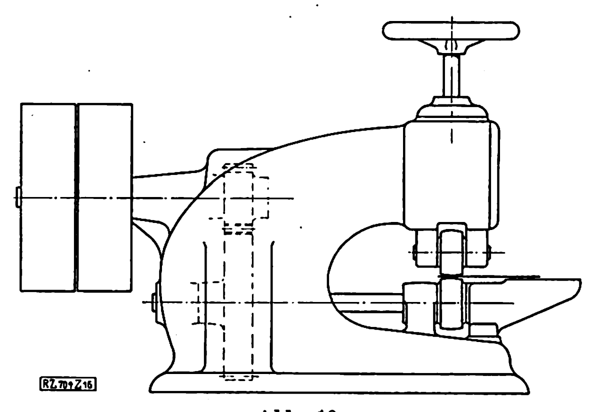


Abb. 16
Walzenpresse zur Streckung der Mittelfasern der Sägeblätter

man geht derart vor, daß man die verschiedenen Streifen des Blattes mehrmals auswalzt und die Anzahl der Walzvorgänge für jeden Streifen nach außen zu bis auf null abnehmen läßt. Ein sehr geschickter Arbeiter kann eine richtige Spannung des Blattes auch mit Hilfe eines Hammers vornehmen. Doch ist dies im allgemeinen wesentlich schwieriger, und die Ergebnisse sind nicht so gleichmäßig.

Wie wird nun die Gleichmäßigkeit der Spannung und ihre richtige Höhe und Verteilung über den Querschnitt geprüft? Es ist leicht einzusehen, daß, wenn die Mittelfasern länger sind als die äußeren, das Blatt im ungespannten Zustand eine tonnenförmige Gestalt annimmt. Ein Stück des Blattes bildet nach der bleibenden Deformation durch den Walzvorgang im Zustand des Spannungsgleichgewichtes eine zweifach gekrümmte Fläche, und zwar derart, daß die Krümmungen in der Längs- und Querrichtung denselben Richtungssinn haben, Abb. 17 und 18. Es läßt sich leicht zeigen, daß die Krümmungsradien in einer einfachen Beziehung zueinander stehen müssen. Es sei a die spezifische Streckung der Mittelfasern, so daß

$$\frac{L_1 - L_2}{L_2} = a,$$

wo L_1 die Länge der Mittelfaser und L_2 die der Randfasern ist.

Dann wird nach Abb. 18 (da h gegen $2r$ vernachlässigt werden kann)

$$h = \frac{b^2}{8r} \quad \ldots \ldots \quad (12).$$

Anderseits müssen, wenn die Längen der Fasern Gl. (12) entsprechen sollen, sich auch die Krümmungsradien entsprechend verhalten. Es muß also sein

$$h = R_1 - R_2 = a R_2,$$

daraus findet sich

$$r = \frac{b^2}{8 a R_2} \quad \ldots \ldots \quad (13).$$

Die Größe

$$\frac{1}{R_2 r} = \frac{8a}{b^2} = c$$

ist das „Gaußsche Krümmungsmaß“, welches nach dem bekannten Satz von Gauß bei einer beliebigen Verbiegung der Fläche ungeändert bleiben muß, in Übereinstimmung mit unserer obigen Betrachtung. Die zahlenmäßige Beziehung gilt in unserem Falle naturgemäß nur unter Vernachlässigung der Biegungsspannungen des Blattes. In der Tat wird die Querkrümmung kleiner ausfallen. Es gibt also zu jeder Krümmung R, in die man das Blatt in seiner Längsrichtung bringt, einen bestimmten Krümmungsradius r in der Querrichtung, bei dem das vorbehandelte Blatt spannungsfrei wäre, wenn die Biegungssteifigkeit des Blattes in der Querrichtung die vollkommene Ausbildung dieser Gleichgewichtfläche gestatten würde. Immerhin sieht man, was auch die Anschauung schon lehrt, daß mit zunehmender Krümmung in der Längsrichtung die Querkrümmung abnimmt und umgekehrt. Wenn man nun das Blatt in der Längsrichtung zwangweise gerade reckt, wird die Form nicht mehr eindeutig, indem ersichtlich die Querkrümmung, sowohl nach der einen, wie der anderen Seite

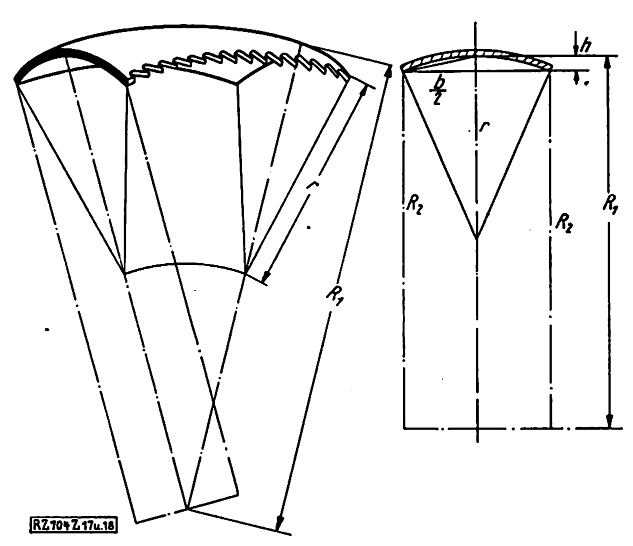


Abb. 17 und 18
Krümmung des vorbehandelten Sägeblattes

des Blattes liegen könnte. Dazwischen liegt ein labiler Zustand, in welchem die Randfasern unter ihrer maximalen Spannung stehen und das Blatt eben ist. Dieser letzte Zustand wird zum Prüfen der Gleichmäßigkeit der Vorbehandlung des Blattes benutzt.

Zunächst wird während und nach dem Walzprozeß das Blatt im gekrümmten Zustand geprüft, und zwar entweder mit einer geraden Lehre, Abb. 19, wobei mit Hilfe des Lichtspaltes die Krümmung abgeschätzt wird, oder mit einer nach dem erfahrungsmäßig zweckmäßigen Radius r gekrümmten Lehre. Dieser beträgt für Sägen zum Schneiden von mittelstarken Hölzern etwa $r \approx 10$ m, für harte Hölzer weniger, für weiche mehr. Für die außerordentlich wichtige Prüfung der Gleichmäßigkeit der Spannung, die allein einen ordentlichen Lauf des Blattes verbürgt, wird dieses auf einer ebenen Richtplatte platt gedrückt und mit einem geraden Lineal geprüft. Kleine Ungleichmäßigkeiten in der Spannung machen sich hier bemerkbar, indem einige Teile des Blattes eine leichte positive oder negative Krümmung haben, Buckel auftreten usw. Diese Stellen müssen dann durch vorsichtiges Hämmern ausgeglichen werden. Es ist wichtig, bei dieser Prüfung das Prüflineal nicht nur quer zum Blatt, sondern auch diagonal anzulegen. Es kann nämlich vorkommen, daß die Blätter zwar quer zur Längsfaser gleichmäßig vorbehandelt sind, aber noch einen sogenannten „twist“ haben, d. h. daß noch eine Drillung im Blatt ist, derart, daß im Ruhezustand



Abb. 19. Prüfung des Sägeblattes im gekrümmten Zustand mit einer geraden Lehre

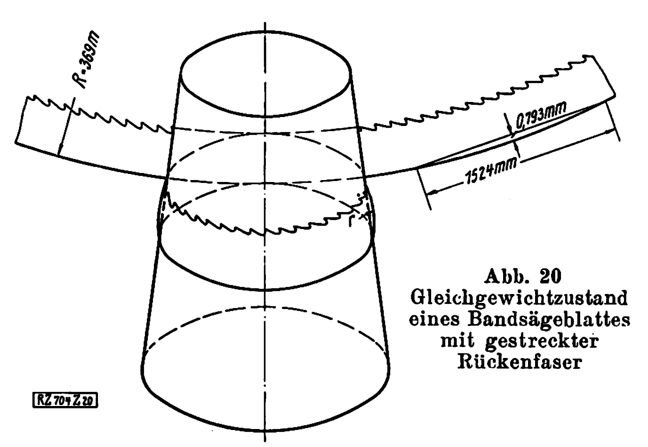


Abb. 20
Gleichgewichtzustand eines Bandsägeblattes mit gestreckter Rückenfaser

die Querschnitte nicht parallel liegen. Dies zeigt sich erst bei der diagonalen Anwendung des Lineals und kann dann im wesentlichen durch Behandlung der Randfasern ausgeglichen werden. Im übrigen pflegen die breiten Blätter aus Gründen, die bei der zahlenmäßigen Erörterung der Spannungsverteilung zu Tage treten, so behandelt zu werden, daß die Randfaser am Rücken etwas länger ist als die Faser an der Schneide. Das Ergebnis dieser Behandlung läßt sich ebenfalls mit einer Lehre prüfen. Im Gleichgewichtzustand nimmt dann das Blatt eine solche Gestalt an, daß es mit seinen beiden Randfasern einem Kegelstumpf anliegt, Abb. 20. Wenn man das Blatt gerade reckt, nimmt es die Form eines Ringausschnittes an. Die Krümmung der Rückenfaser in diesem Zustand wird mit einer Lehre, Abb. 21, gemessen oder geprüft.

Man sieht aus dieser Beschreibung, die keineswegs auf die feinen handwerksmäßigen Kniffe und Erfahrungen eingehen konnte, wie außerordentlich schwierig die wirklich gute Behandlung eines breiten Bandsägeblattes ist. Die tiefe Bedeutung dieser handwerksmäßigen Verfahren tritt erst bei einer zahlenmäßigen Untersuchung der Spannungsverhältnisse zu Tage, die nun an einem Beispiel durchgeführt werden soll.

Zahlenmäßige Untersuchung der Spannungen in einem vorbehandelten Bandsägeblatt

Ich lege folgende Zahlenwerte zu Grunde, die einem praktischen Fall entsprechen:

Blockbandsäge für Stämme bis 1,65 m Dmr. (65"),
Durchmesser der Sägerollen 2620 mm,
Abstand der Achsen 3800 mm,
Blatt: Dicke (amerikan. Sägelehre 14) 2,08 mm,
Breite bis Zahngrund 300 mm,
Wölbungshöhe des vorbehandelten Blattes $h = 1{,}15$ mm, entsprechend einem Krümmungsradius $R = 9750$ mm (32'),
Schnittgeschwindigkeit 50 m/s,
Vorschubgeschwindigkeit $v = 1{,}25$ m/s,
Schnittleistung $N =$ rd. 50 PS beim Schneiden amerikanischer Weichhölzer.

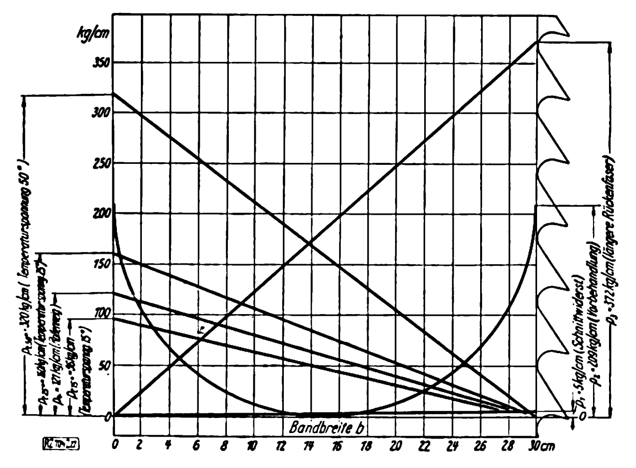


Abb. 22. Verlauf der Einzelspannungen im Sägeblatt

Im folgenden werden die im Sägeblatt auftretenden Spannungen ihrem Höchstwert nach ausgerechnet. Ihre Verteilung über die Breite des Blattes und ihre Summierung geschieht dann graphisch, Abb. 22 bis 25.

1) Die vom Schnittwiderstand herrührende Spannung p_1

Wenn man von den Spannungen im Zahn selbst absieht, so haben die vom Schnittwiderstand herrührenden Spannungen im Zahngrund ihren Höchstwert und verteilen sich, in roher Annäherung, geradlinig über die ganze Breite des Blattes. Da das Integral aller Einzelspannungen p_1 gleich dem Schnittwiderstand W' wird, so ergibt sich die maximale Spannung für 1 cm Breite des Blattes:

$$p_{1_{max}} = \frac{2\,W'}{b} \quad \text{. . . . . (15)}$$

Der Schnittwiderstand unter den oben angegebenen Verhältnissen beträgt schätzungsweise $W' = 75$ kg. Dies ergibt

$$p_{1_{max}} = 5 \text{ kg/cm}$$

oder

$$\sigma_{1_{max}} = \frac{5}{\delta} = 24 \text{ kg/cm}^2.$$

2. Die vom Geradestrecken des vorgekrümmten Sägeblattes herrührende Spannung p_2

Wenn h die Wölbungshöhe des Querschnittes (0,115 cm) ist, Abb. 18, dann ist die mittlere Faser um $2\,h\,\pi$ länger und die äußeren Fasern werden um denselben Betrag gestreckt, wenn das Blatt auf eine Sägerolle mit geradem Kranz aufgelegt und angepreßt wird. Es sei L die Gesamtlänge des Blattes, dann ergibt sich die Spannung am Rande zu

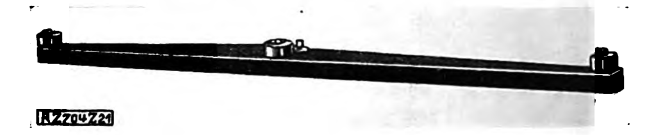


Abb. 21
Lehre zum Messen der Krümmung der Rückenfaser eines gerade gereckten Sägeblattes

$$\sigma_{2_{max}} = E\,\frac{2\,h\,\pi}{L} \text{ kg/cm}^2 \quad \text{. . . . . . . (16)}$$

oder

$$p_{2_{max}} = E\,\frac{2\,h\,\pi}{2}\,\delta.$$

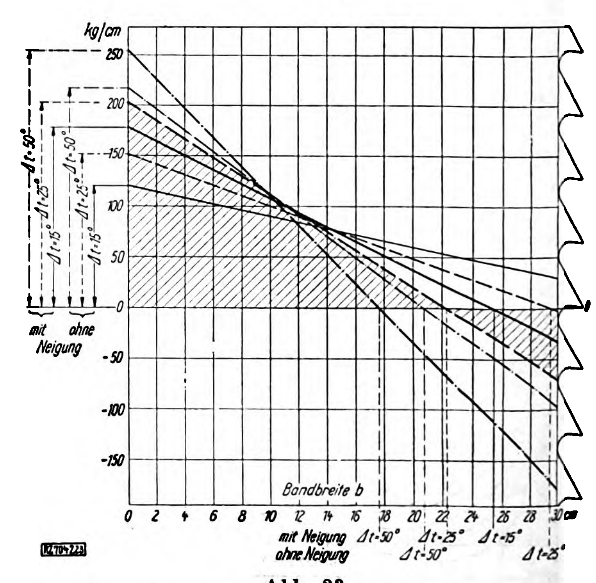


Abb. 23
Verlauf der Spannungen in einem nicht vorbehandelten Sägeblatt bei verschiedenen Temperaturunterschieden zwischen Vorder- und Hinterkante mit und ohne Neigung der oberen Sägerolle

Dies ergibt mit $E = 2\,200\,000$ kg/cm²

$$\sigma_{2_{max}} = 1004 \text{ kg/cm}^2$$

und

$$p_{2_{max}} = 209 \text{ kg/cm}.$$

Da das Blatt derartig vorbehandelt wird, daß es sich einer kreisförmig gekrümmten Lehre anschmiegt, so werden sich diese Spannungen p_2 ebenfalls nach einer kreisförmigen Linie über die Blattbreite verteilen müssen. Die Spannungen p_2 sind demgemäß in Abb. 22 eingezeichnet.

3. Spannungsunterschiede, hervorgerufen durch größere Länge der Rückenfaser

Außer diesem kreisförmigen Wölben des Blattquerschnittes wird das Blatt aber auch, wie oben geschildert, so gestreckt, daß die Rückenfasern etwas länger werden als die vorderen Fasern des Blattes. Im übrigen wird durch diese Behandlung die kreisförmige Wölbung des Blattes nicht gestört. Die Pfeilhöhe der im spannungslosen Zustand in der Blattebene gekrümmten Rückenfaser (s. o.) beträgt auf 1524 mm (5′) Länge 0,793 mm (1/32″), Abb. 20. Dies entspricht einem Krümmungsradius der Rückenfaser im unbelasteten Zustand von rd. 369 m. Die spezifische Dehnung beim Geradestrecken des Blattes wird

$$\alpha = \frac{R - (R + b)}{R} = \frac{b}{R},$$

die zugehörige Spannung wird

$$\sigma_3 = E\,\alpha = 1789 \text{ kg/cm}^2$$

oder, auf die Einheit der Breite bezogen,

$$p_3 = \sigma_3\,\delta = 372 \text{ kg/cm}.$$

Diese Spannungen verteilen sich geradlinig über die Breite des Blattes so, daß sie am vorderen Rande des Blattes den angegebenen Höchstwert annehmen, Abb. 22.

4. Die von der Neigung der Sägerollen herrührende Spannung

Damit das Blatt von vornherein das Bestreben hat, etwas nach vorn in den Schnitt hineinzulaufen, wird vielfach die obere Sägerolle in der bekannten Weise etwas nach vorn geneigt. Die Wirkung beruht auf der Veränderung des Auflaufwinkels. Die Neigung der Rolle beträgt etwa $\operatorname{tg}\alpha = \frac{1}{300}$. Dies entspricht in unserem Fall einer Streckung der Rückenfaser von 1,0 mm. Bei einem Achsabstand von 3800 mm der Rollen wird die daraus entstehende Spannung rd.

$$\sigma_{4_{max}} = 580 \text{ kg/cm}^2$$

oder

$$p_{4_{max}} = 121 \text{ kg/cm}.$$

Die Spannungen verteilen sich wiederum annähernd geradlinig über die Breite des Blattes und haben in der Rückenfaser ihren Höchstwert. Die Schaubilder, Abb. 23 bis 25, bringen die auftretenden Gesamtspannungen sowohl für den Fall der nach vorn geneigten oberen Rolle, wie genau paralleler Rollen zur Darstellung.

5. Längsspannungen durch Verdrehen eines Querschnittes aus der Blattebene heraus

Wie vorher schon auseinandergesetzt und wie aus Abb. 6 und 7 zu ersehen ist, ruft jede Verdrehung eines Blattquerschnittes aus der Ebene des gespannten Blattes heraus Längsspannungen in dem Blatt hervor. Diese Verdrehungen können im praktischen Betriebe bei richtig behandelten Blättern nur ganz geringe Beträge annehmen, da sonst die Säge nicht sauber schneidet. Die durch sie entstehenden Spannungen werden entsprechend Gl. (8)

$$\sigma_2 = E\,\frac{2\,y^2}{l^2}$$

und sind praktisch zu vernachlässigen.

6. Querkräfte (Schubspannungen) durch Verdrehen eines Querschnittes aus der Blattebene heraus

Jede Verdrehung eines Querschnittes aus der Ebene des gespannten Blattes ruft auch noch Schubspannungen in diesem Querschnitt hervor. Das aus diesen sich ergebende, der Drehung widerstehende Moment und die Spannungen sind sehr klein. Sie können vernachlässigt werden.

7. Die Entspannung des Blattes durch Erwärmung

Die Erwärmung des Blattes unter dem Einfluß der Schnittarbeit hat teilweise eine Entspannung zur Folge. Soweit diese sich gleichmäßig über das ganze Blatt erstreckt, kommt sie für uns nicht in Betracht. Die obere Rolle ist beweglich angeordnet und belastet, und somit kann eine Wärmedehnung des ganzen Blattes keine Änderung der Spannungen herbeiführen. Das Blatt erwärmt sich jedoch keineswegs gleichmäßig. Es ist nämlich vorn an den Zähnen wesentlich wärmer als an den Rückenfasern, obschon es in der Praxis meistens durch einen ständigen Wasserstrom gekühlt wird. Diesen Temperaturunterschied zwischen der vordersten und der hintersten Faser des Blattes im Beharrungszustand abzuschätzen, ist natürlich schwer.

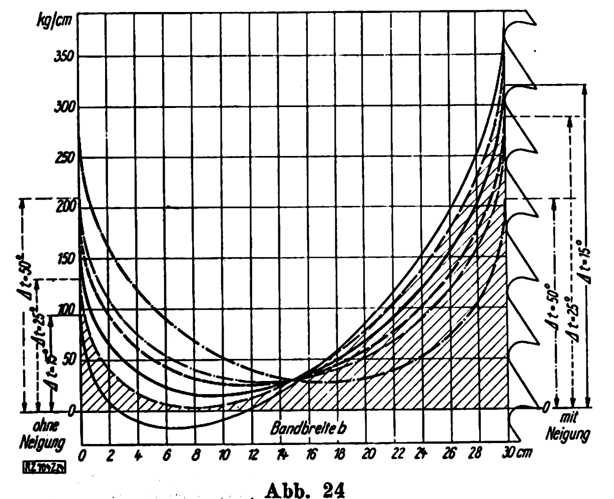


Abb. 24
Verlauf der Spannungen in einem vorbehandelten Sägeblatt bei verschiedenen Temperaturunterschieden mit und ohne Neigung der oberen Sägerolle

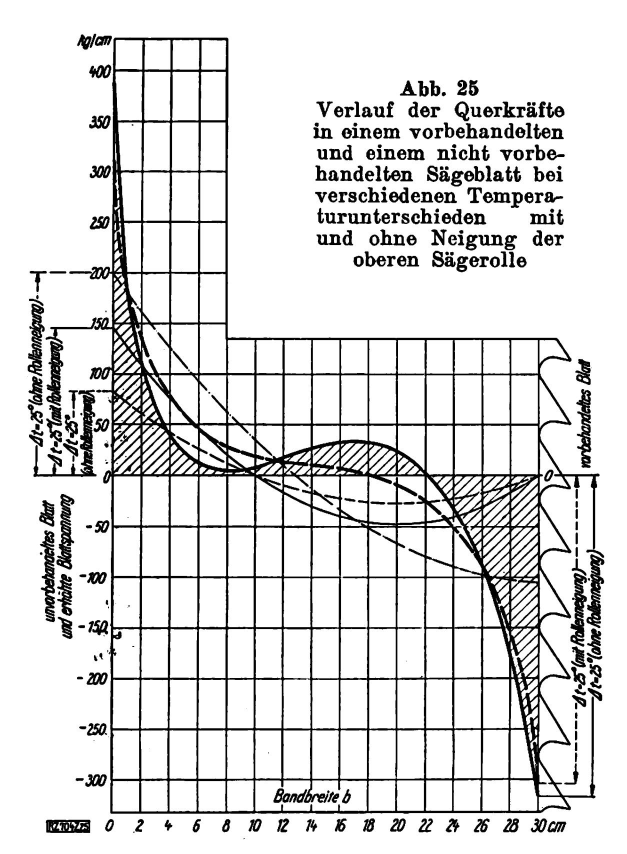


Abb. 25
Verlauf der Querkräfte in einem vorbehandelten und einem nicht vorbehandelten Sägeblatt bei verschiedenen Temperaturunterschieden mit und ohne Neigung der oberen Sägerolle

Noch schwerer ist der Verlauf der Temperatur über die Breite des Blattes zu schätzen. Wenn der Ausdehnungskoeffizient des Stahles $1{,}4 \cdot 10^{-5}$ ist, dann wird

$$\sigma_t = \beta E = 2\,200\,000 \cdot 1{,}4 \cdot 10^{-5} = 30{,}8\ \mathrm{kg/cm^2} \quad . \quad . \quad (18).$$

σ_t ist der Spannungsunterschied für 1° Temperaturveränderung. Ich nehme für diese Untersuchung drei Temperaturunterschiede zwischen Vorder- und Hinterkante des Blattes an:

$$\Delta_t = 15°, 25°, 50°.$$

Die Spannungen in der Rückenfaser werden somit um

$$\sigma_{\Delta t_{15°}} = 460\ \mathrm{kg/cm^2} \text{ oder } p_{\Delta t_{15°}} = 96\ \mathrm{kg/cm}$$
$$\sigma_{\Delta t_{25°}} = 770 \quad „ \quad „ \quad p_{\Delta t_{25°}} = 160 \quad „$$
$$\sigma_{\Delta t_{50°}} = 1540 \quad „ \quad „ \quad p_{\Delta t_{50°}} = 320 \quad „$$

höher als in den Fasern am Zahngrunde. Mangels einer besser begründeten Annahme nehmen wir ebenfalls einen linearen Abfall der Spannungen über die Breite des Blattes hin an, Abb. 22.

Die Ausdehnungskoeffizienten hängen bekanntlich nicht unerheblich von der Art und Zusammensetzung des Werkstoffes ab. Der Wert von $1{,}4 \cdot 10^{-5}$ ist verhältnismäßig hoch und dadurch ebenso die in die Untersuchung eingeführten negativen Spannungswerte. Setzt man einen der niedrigsten beobachteten Werte von etwa $1{,}12 \cdot 10^{-5}$ in die Rechnung ein, so werden die zugehörigen Spannungen und entsprechend die Randspannungen des Blattes um 20 vH kleiner. Oder auch bei anderer Betrachtungsweise: die Temperaturen am Rande des Blattes können um 20 vH höher sein, damit dieselben Randspannungen, wie sie in Abb. 22 bis 25 zu Grunde gelegt sind, erhalten bleiben. Alle die oben einzeln berechneten und graphisch verteilten Spannungen überlagern sich nun in dem arbeitenden Blatte, d. h. sie sind algebraisch von Faser zu Faser zu addieren. Abb. 22 zeigt die einzelnen oben behandelten Spannungsanteile und ihre Verteilung über die Breite des Blattes. Diese sind nun in entsprechender Weise graphisch addiert worden, Abb. 23 und 24. Hierbei ist die Höhenlage zur Nullinie jeweils derart bestimmt worden, daß die von der Spannungskurve bis zur Nullinie eingeschlossene Fläche der jeweiligen Gesamtbelastung des Blattes entspricht.

Für die vorliegende Untersuchung habe ich als Belastung des Blattes dessen Vorspannung, also

$$\frac{Q\,g}{2} = S_v = 2450\ \mathrm{kg}$$

eingesetzt. Eigentlich ist, wie die Ableitungen in Gl. (3) bis (5) zeigen, je nach der Stelle, an welcher der Querschnitt in der Längsrichtung des Blattes liegt, die Belastung verschieden. Es ist bemerkenswert, daß das Kraftfeld des Blattes, also die Verteilung der Spannungen der einzelnen Fasern über den Querschnitt ihre Lage im Raum beibehält, wenn das Blatt über die Rollen läuft. Das Kraftfeld ist also unabhängig von der Bewegung des Blattes. Im übrigen sind die Verschiedenheiten des Kraftfeldes äußerst gering, da W_s und R klein sind gegenüber S_v.

Abb. 23 zeigt das Ergebnis der graphischen Addition für das nicht vorbehandelte Blatt mit und ohne Neigung der Sägerolle. Der Normalfall $\Delta t = 25°$ (oder $\Delta t = 30°$ bei $\beta = 1{,}12 \cdot 10^{-5}$) mit Neigung der oberen Rolle ist schraffiert eingetragen. Dies bedeutet, daß z. B. für diesen Fall die Spannungen vom Zahngrunde an bis 8 cm nach hinten theoretisch negativ werden, d. h. daß das Blatt bis zu dieser Grenze völlig schlaff bleibt, da es keine Druckspannungen übertragen kann. Erst wenn auf eine Neigung der Rolle ganz verzichtet wird und der Temperaturunterschied nur 15° beträgt, werden die Randspannungen vorn mit einem geringen Betrag positiv. Naturgemäß können die negativen vorderen Randspannungen durch größere Gesamtbelastung des Blattes ausgeglichen werden. Für den vorerwähnten Normalfall wäre dazu eine Zusatzbelastung von 70 kg/cm oder insgesamt 2100 kg notwendig. Das sind rd. 85 vH der Normalbelastung für das

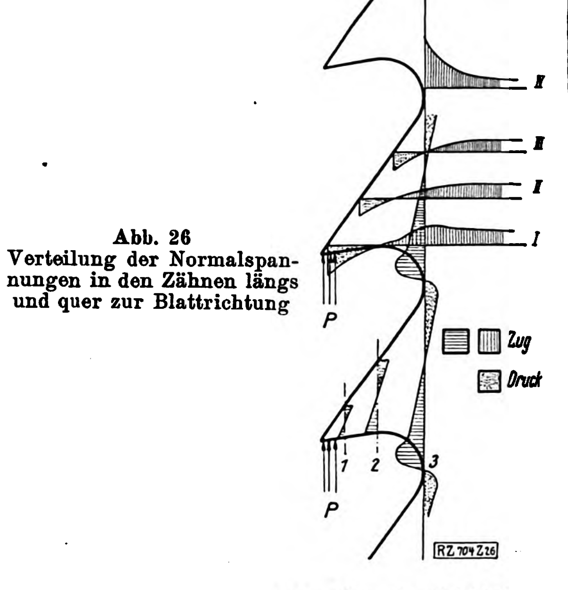


Abb. 26
Verteilung der Normalspannungen in den Zähnen längs und quer zur Blattrichtung

vorbehandelte Blatt. Wollte man aber durch Erhöhung der Gesamtbelastung die vordere Randspannung für diesen Fall auf die des behandelten Blattes bringen, d. s. 290 kg/cm, Abb. 23, dann wäre eine weitere Zusatzlast von 8700 kg notwendig. In diesem Falle müßte also die Rolle anstatt mit 4900 kg mit 4900 + 2 (2100 + 8700) = 26 500 kg, also aufs 5,4fache belastet werden. Es bedarf keiner Erörterung, wie sehr die Gesamtkonstruktion der Maschine beeinflußt würde, wenn man derartige Kräfte zu Grunde legen müßte. Man sieht daher an diesem Beispiel die sehr große Überlegenheit des vorbehandelten Blattes. In Abb. 24 sind die Spannungen bei vorbehandeltem Blatt aufgetragen. In Abb. 25 sind nunmehr die Querkräfte aufgetragen, welche durch seitliches Ausknicken der vorderen Kante der Blätter und Verdrehung des gesamten Querschnittes entstehen. Die Drehachse ist, wie oben schon erwähnt, so gewählt worden, daß jeweils die Summe der positiven und negativen Querkräfte null wird, d. h. daß das Blatt im ganzen keine seitliche Ausbiegung erfährt. Man sieht hier noch deutlicher den Einfluß der geschilderten Behandlung des Sägeblattes. Die der Verdrehung widerstrebenden Querkräfte wachsen an den Rändern zu sehr erheblichen Beträgen an.

Damit ist der innere Sinn der von den Amerikanern empirisch entwickelten Behandlungsmethode aufgezeigt. Ohne diese wäre das Schneiden mit breiten Bandsägeblättern völlig unmöglich. Die zuletzt angestellte Untersuchung, insbesondere Abb. 23 und 24, hat Aufschluß gegeben über die Verteilung der Längsspannungen vom Zahngrunde bis zur Rückenfaser, deren Integral über diese Strecke gleich der Vorspannung des Blattes S_v ist. Im vorbehandelten Blatt, Abb. 24, ist deren Wert am Rande etwa 60 kg/cm². Hierzu kommen noch die früher schon erwähnten, ihrer Größe nach weit bedeutenderen Spannungen, die von der Biegung über die Rolle und von der Fliehkraft herrühren. Es ergeben sich also im vorliegenden Falle etwa folgende Spannungswerte:

Biegungspannungen, Abb. 3	1750 kg/cm²
Fliehkraftspannungen, Zahlentafel 1 . . .	200 „
Spannung auf Grund der Vorbehandlung und Vorspannung, Abb. 24, am Rande etwa . .	60 „
	2010 kg/cm²

Es bleibt noch die Frage zu untersuchen, wie sich das örtliche Kraftfeld im Zahn selbst und in der Nähe des Zahngrundes verteilt. Naturgemäß bringt der Schnittwiderstand wie auch der Einfluß der Ausrundung am Zahngrund örtliche Störungen des Kraftfeldes mit sich, die in der vorausgegangenen Untersuchung noch nicht berücksichtigt sind. Diese örtlichen Spannungen sind aber theoretisch nicht ohne Interesse. Es ist sicherlich sehr schwierig, die Gestaltung des örtlichen Kraftfeldes

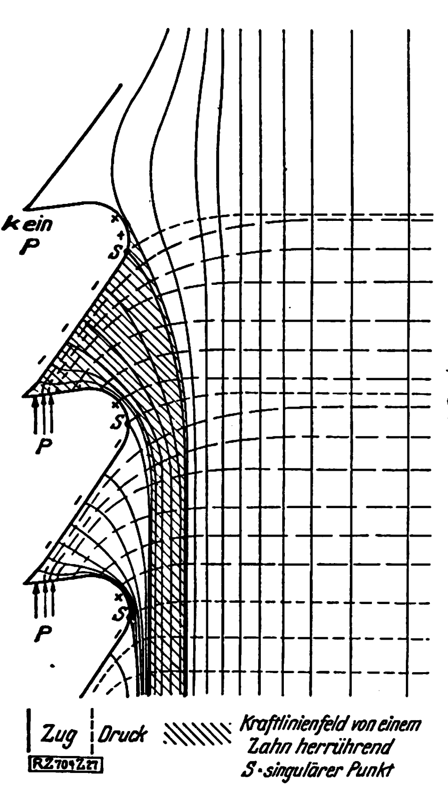


Abb. 27
Verlauf des Kraftfeldes in den Zähnen und den benachbarten Teilen des Blattes

im Zahn und am Zahngrund rechnerisch zu ermitteln. Näherungsweise kann dies nach dem halb zeichnerischen und rechnerischen Verfahren von Wyss[3]) geschehen. Für unsere Zwecke genügt es, eine Darstellung des örtlichen Kraftfeldes auf Grund der Anschauung und Erfahrung mit ähnlichen Fällen zu geben, Abb. 26 und 27. Die Schnittkräfte rufen in der Nähe der Zahnspitze örtliche Druckspannungen hervor, die nach dem Rücken zu durch null in Zugspannungen übergehen. Diese Spannungen müssen den Gleichgewichtsbedingungen sowohl für die Kräfte wie für die Momente entsprechen, die sich aus dem Zusammenwirken der Zahndrücke und der Vorspannung des Blattes ergeben. Abb. 26 zeigt auf den Linien I, II, III, IV die Verteilung der Normalspannungen quer zur Längsrichtung des Blattes, in den Schnitten 1, 2, 3 die Normalspannungen in der Längsrichtung des Blattes im Zahn. In der Nähe des Zahngrundes entsteht unabhängig von den Kräften, die vom Schnittdruck herrühren, wegen der Ausrundung eine Erhöhung der Zugspannungen, die in Linie IV näherungsweise dargestellt ist. Nach Versuchen[4]) kann die Erhöhung der Zugspannungen in der Nähe des Zahngrundes etwa das zweifache derjenigen Spannungen betragen, die ohne die Wirkung der Ausrundung vorhanden wären und wie sie in Abb. 26 dargestellt sind. Man kommt dann mit rd. 4000 kg/cm² auf Spannungen, welche die Streckgrenze guten Federstahles nahezu erreichen. In der Tat pflegen derartige Blätter, wenn sie überlastet werden, die ersten kleinen Einrisse regelmäßig am Zahngrunde zu erfahren. Abb. 27 zeigt den Verlauf des Kraftfeldes in den Zähnen und deren Nachbarschaft auf Grund der oben angestellten Darlegungen. Die eingetragenen Linien entsprechen den Spannungs-Trajektorien der Druck- und Zugkräfte.

[3]) Wyss: Die Kraftfelder in festen elastischen Körpern, Berlin 1926. — Es sei nachdrücklich auf dieses für die Behandlung derartiger Probleme außerordentlich wertvolle Buch hingewiesen. Die Näherungsmethoden finden sich dargestellt insbesondere S. 285 u. 286, vergl. auch S. 108 Abb. 312 Tafel 25 u. Abb. 168 Tafel 13. Ein ganz ähnliches Problem bietet die Untersuchung der Spannungsverhältnisse in den Zähnen von Zahnrädern, vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 641. Das dort verwendete Untersuchungsverfahren mit polarisiertem Licht käme auch für unser vorliegendes Problem in Betracht.

[4]) Vergl. Preuß, Forschungsarb. d. V. d. I. Heft 126,
Wieghardt, Forschungsarb. d. V. d. I. Heft 49,
Birnbaum, Zeitschr. f. techn. Phys. Bd. 5 (1924) S. 143.
Wyss, a. a. O. S. 308 u. Tafel 27 bis 31.

Zwischen diesen liegen die Grenzkraftlinien, welche die Blattkante in singulären Punkten schneiden. Einem jeden Zahn entspricht ein bestimmtes Liniensystem, von dem das eine in Abb. 26 schraffiert eingezeichnet ist.

Es sei mir gestattet, am Schlusse dieser Untersuchung über den inneren Sinn der Behandlungsmethode der breiten Bandsägeblätter eine Anekdote zu erzählen, die charakteristisch ist für das Selbstgefühl des Praktikers, der den wirtschaftlichen Wert seines Verfahrens kennt, ohne ihn im Zusammenhang zu begreifen: Ein amerikanischer Sägefeiler suchte eine Stelle und forderte den enormen Stundenlohn von 1,2 $. Nach der Berechtigung seiner Forderung gefragt, machte er folgende Rechnung auf: „Stundenlohn 40 cts., verstehen wie es gemacht wird, 80 cts. — zusammen 1,2 $.“

Zusammenfassung

Bei Block- und Spaltbandsägen können große Schnittleistungen nur dann erzielt werden, wenn es gelingt, die quer zur Laufrichtung des Blattes auftretenden Vorschubkräfte zu beherrschen. Von der Lösung dieses Problems hängt die Konstruktion schwerer Bandsägen in erster Linie ab. Zur Aufnahme größerer Vorschubkräfte sind die bei kleineren Bandsägen üblichen Rückenführungen ungeeignet. Die Untersuchung der Spannungs- und Bewegungsverhältnisse eines über zwei Rollen laufenden elastischen Bandes zeigt, daß es nur dann von den Rollen heruntergedrängt werden kann, wenn es über die hohe Kante gebogen oder um eine seiner Längsfasern verdreht wird, so daß Geschwindigkeitskomponenten senkrecht zur Laufrichtung entstehen. Macht man das Blatt so steif, daß es einer Verdrehung genügend Widerstand leistet, so kann man es auf den Rollen halten, ohne die Vorschubkräfte unmittelbar aufzunehmen. Die Rechnung zeigt, daß das der Verdrehung widerstehende Moment mit der Zugspannung der einzelnen Fasern und mit dem Quadrate des Abstandes der Fasern von der Drehachse wächst. Von der Zugspannung des Blattes hängt wiederum die Lagerbelastung der Rollen ab. Daher muß man, wenn eine unzulässige Steigerung der Lagerdrücke vermieden und trotzdem der Widerstand des Blattes gegen Verdrehung und Abdrängen von den Rollen möglichst groß gemacht werden soll, durch entsprechende Vorkehrungen die Fasern am Rande des Blattes möglichst stark anspannen.

Die Amerikaner haben hierfür ein rein empirisches Verfahren entwickelt, das große Vorschubwiderstände und entsprechende Schnittleistungen ermöglicht hat. Dieses besteht darin, daß die Mittelfasern ausgewalzt und bleibend gedehnt werden, so daß das Blatt im Ruhezustand einen leicht gewölbten Querschnitt bekommt. Der richtige Zustand des Blattes wird mit entsprechenden Lehren nachgeprüft. Durch diese Vorbehandlung des Blattes werden beim Auflegen auf gerade Scheiben die Spannungen am Rande entsprechend höher als die in der Mitte des Blattes. Eine eingehende Rechnung und graphische Untersuchung zeigen den Spannungsverlauf in einem so behandelten Sägeblatt sowohl in der Längsrichtung wie in der Querrichtung. Hierbei erweisen sich neben den Spannungen, die von der Reckung der Mittelfasern herrühren, die Spannungsveränderungen durch die Erwärmung bei der Arbeit von erheblichem Einfluß. Außerdem wird das Kraftfeld im Blatte dadurch beeinflußt, daß gewöhnlich die getriebene Rolle in der Schnittrichtung etwas geneigt wird und daß bei dem Walzprozeß die Rückenfaser etwas mehr gereckt wird als die Vorderfaser.

Mit dem geschilderten Behandlungsverfahren der Blätter ist es möglich, hohe Steifigkeit gegen Verdrehung zu erzielen und bei verhältnismäßig niedrigen Lagerbelastungen die Blätter ohne Rückenführung auf den Rollen zu halten.

In den Zähnen selbst und im Zahngrunde treten örtliche Störungen des Kraftfeldes auf, welche untersucht werden. Sie haben aber gegenüber den hohen Spannungswerten im eigentlichen Blatte keine entscheidende Bedeutung. [B 704]

Über die Entkieselung von kieselsäurehaltigen Wässern[1)]

Von E. Berl und H. Staudinger, Darmstadt

Mitteilung aus dem chemisch-technischen und elektrochemischen Institut der Technischen Höchschule Darmstadt

Kieselsäurehaltige Dampfkesselspeisewässer geben beim Dampfkesselbetrieb zu erheblichen Schwierigkeiten Anlaß. Die Entkieselung läßt sich mit Lösungen von Kalziumhydroxyd befriedigend durchführen. Bei Gegenwart von Chloriden ist ein Überschuß von Kalziumhydroxyd erforderlich. Den angewandten Überschuß von Kalkhydrat kann man mit Kalziumbikarbonatlösung entfernen. Wenn Silikat- und Gipsgehalte des Speisewassers in äquivalentem Verhältnis stehen, so genügt für die Entfernung des Kalkhydratüberschusses und des Gipsgehaltes Natriumbikarbonatzusatz. Bei äquivalent höherem Gipsgehalt muß zum Natriumbikarbonatzusatz ein entsprechender Sodazusatz gemacht werden. Bei äquivalent geringerem Gipsgehalt arbeitet man mit Kalziumbikarbonat und entsprechendem Natriumbikarbonatzusatz.

Kieselsäurehaltige Kesselsteine sind für den Kesselbetrieb überaus nachteilig. Es hat sich gezeigt, daß die Kieselsäure, wenn sie als Silikat gebunden im Stein auftritt, schon in ganz dünnen Belägen zu Rohrausbeulungen infolge örtlicher Überhitzung Anlaß gibt. Wenn die Kieselsäure unverbunden als SiO_2 vorhanden ist, macht sie den Kesselstein sehr porös und locker. Dieser setzt deshalb dem Wärmedurchgang großen Widerstand entgegen. Da fast jedes dem Boden entstammende Wasser Kieselsäure, wenn auch oft in geringem Maß, enthält, so ergibt sich die Notwendigkeit, nach Mitteln und Wegen zu suchen, die Kieselsäurehärte aus dem Wasser zu entfernen (das Wasser zu entkieseln). Die im folgenden wiedergegebenen Versuche hatten nicht den Zweck, zu entscheiden, unter welchen Bedingungen die Kieselsäure als Silikat und unter welchen sie als unverbundene Kieselsäure flockig ausfällt, sondern sie sollten lediglich zeigen, ob und wie es möglich ist, kieselsäurehaltige Wässer mit den in der Industrie gebräuchlichen Enthärtungsverfahren zu entkieseln und für die Speisung von Dampfkesseln geeignet zu machen.

In den meisten Fällen wird das Speisewasser nach dem Kalk-Soda-Verfahren enthärtet. Das Kalkwasser ist ein Fällmittel, das auch die im Wasser gelösten Silikate als weniglösliche Kalksilikate ausfällt. Die Löslichkeit des $CaSiO_3$ ist aber noch so groß, daß seine bei 20° gesättigte Lösung eine Härte von angenähert 11 deutschen Härtegraden (DHG) aufweist. Hierbei ist Voraussetzung, daß sich die Löslichkeit nicht durch Neutralsalze oder durch Veränderung der Ionenkonzentration verschiebt, und zwar infolge Zusatzes von Salzen, die eines der Ionen enthalten, in die das Kalziumsilikat in seiner Lösung zerfällt.

Die Löslichkeit von Kalziumsilikat wurde neuerdings festgestellt. Es ergaben sich folgende Werte[2)]: Geglühtes Kalziumsilikat 0,231 g $CaSiO_3$ auf 1 l, entsprechend einem Härtegleichwert von 0,1113 g/l, also 11,1 DHG; frisch gefälltes Kalziumsilikat 0,2402 g $CaSiO_3$ auf 1 l, entsprechend 11,6 DHG.

Danach schiene es bei diesen hohen Löslichkeitswerten fruchtlos, Silikatlösungen mit $Ca(OH)_2$ zu entkieseln. Es ist dies jedoch möglich, wenn man die Löslichkeit des Kalziumsilikats durch ein gleichioniges Salz — als solches kommt nur ein Kalziumsalz in Betracht — herabsetzt. Anderseits erhöht sich aber die Löslichkeit des Kalziumsilikats durch Anwesenheit von Chloriden und Sulfaten, die oft im Rohwasser vorhanden sind. Es wurden daher Lösungen von $Ca(OH)_2$, $CaSO_4$ und $CaCl_2$ angewandt, damit gelöste Silikate als Kalksilikate abgeschieden würden.

Entkieselung durch Kalksalzlösungen

Ausfällung der Silikate bei Abwesenheit von Neutralsalzen. Die Versuche wurden so angestellt, daß zu Natriumsilikatlösungen, die den bei 18° gesättigten Kalkhydrat- und Gipslösungen nach dem Schema

$$Na_2SiO_3 + Ca(OH)_2 \rightleftarrows CaSiO_3 + 2\,NaOH \quad \ldots (1)$$
$$Na_2SiO_3 + CaSO_4 \rightleftarrows CaSiO_3 + Na_2SO_4 \quad \ldots (2)$$
$$Na_2SiO_3 + CaCl_2 \rightleftarrows CaSiO_3 + 2\,NaCl \quad \ldots (3)$$

äquivalent waren, verschiedene Mengen des Fällungsmittels zugesetzt wurden. Es wurden zu je 100 cm³ Na_2SiO_3-Lösung steigende Mengen des Fällungsmittels zugesetzt, der flockige Niederschlag nach dem Absitzenlassen abgenutscht und mit einer bestimmten Menge gesättigter $CaSiO_3$-Lösung ausgewaschen und abgepreßt. Das Auswaschen spielt eine wesentliche Rolle; deshalb wurde bei den einzelnen Versuchsreihen stets mit der gleichen Menge ausgewaschen. Das Filtrat wurde gesammelt, in einer Platinschale eingeengt und sein Gehalt an SiO_2 durch mehrmaliges Eindampfen mit HCl bestimmt. Die Menge der durch das Waschwasser (mit Kalziumsilikat gesättigt) ins Filtrat gelangten Kieselsäure war bekannt und wurde in Abrechnung gebracht.

Die Wägung des Niederschlages nach dem Trocknen und Glühen des Rückstandes führte oft zu nicht zufriedenstellenden Ergebnissen, da sich — wie später noch gezeigt wird — häufig höhere Werte ergaben, als sich aus dem Unterschied der Gesamtkieselsäure und des im Filtrat enthaltenen SiO_2 berechnen ließ. Dies trat besonders in Erscheinung bei den Versuchen mit $CaCl_2$ als Fällungsmittel. Die Ursache liegt in der Bildung von Natrium-Kalziumsilikaten, wie auch in der Okklusion von gelösten Stoffen durch den außerordentlich voluminösen Niederschlag. Diese Auffassung wurde durch die quantitative Untersuchung des Niederschlages auf Kalk und SiO_2 bestätigt, die oft wechselnde Mengen an CaO und SiO_2 ergab. Erst nach längerem Auswaschen konnte eine dem Molverhältnis 1 CaO : 1 SiO_2 entsprechende Zusammensetzung beobachtet werden. Aus diesem Grunde wurde der Hauptwert auf die Feststellung des Restgehaltes an SiO_2 im Filtrat gelegt. Der in den Zahlentafeln 1 bis 3 angegebene Härtewert bezieht sich auf die Gesamtmenge des Filtrates (Menge der Silikatlösung zuzüglich Menge des Fällungsmittels) und nicht nur auf die angewandte Menge des zu entkieselnden Wassers.

Zahlentafel 1

$Ca(OH)_2$-Fällung

Die Fällungslösung enthielt 1,18 g CaO in 1000 cm³ Lösung, das kieselsäurehaltige Wasser 2,58 g Na_2SiO_3 in 1000 cm³ Lösung = 1,282 g SiO_2 auf 1 l, entsprechend 119 DHG

Na_2SiO_3 in 100 cm³ g	Fällungsmittel g	Äquivalentverhältnis	Menge des Niederschlages g	SiO_2 im Filtrat g/l	DHG
0,258	0,0295	100 : 25	0,0645	0,0762	71
„	0,0590	100 : 50	0,1235	0,0450	42
„	0,0885	100 : 75	0,1920	0,0226	21
„	0,1180	100 : 100	0,2108	0,0069	6,5
„	0,1770	100 : 150	0,2242	0,0027	2,5
„	0,2360	100 : 200	0,2385	0,0019	1,8

Zahlentafel 2

$CaSO_4$-Fällung

Die Fällungslösung enthielt 2,05 g $CaSO_4$ in 1000 cm³ Lösung, das kieselsäurehaltige Wasser 1,842 g Na_2SiO_3 in 1000 cm³ Lösung = 0,905 g SiO_2 auf 1 l, entsprechend 84 DHG

Na_2SiO_3 in 100 cm³ g	Fällungsmittel g	Äquivalentverhältnis	Menge des Niederschlages g	SiO_2 im Filtrat g/l	DHG
0,1842	0,052	100 : 25	0,0458	0,0655	62
„	0,103	100 : 50	0,0997	0,0323	30
„	0,151	100 : 75	0,1064	0,0176	16,5
„	0,172	100 : 85	0,0970	0,0161	15,5
„	0,205	100 : 100	0,1072	0,0144	13,5
„	0,309	100 : 150	0,0966	0,0128	12,0
„	0,410	100 : 200	0,1262	0,0082	7,5

[1)] Zweite Mitteilung des Speisewasserausschusses des V. d. I. Erste Mitteilung vergl. Forschungsheft 295, Festgabe Carl von Bach, S. 7.

[2)] Vergl. Jordis u. Kanter, Z. f. anorg. Chemie Bd. 35 (1903) S. 345.

Zahlentafel 3

$CaCl_2$-Fällung

Die Fällungslösung enthielt 2,36 g $CaCl_2$ in 1000 cm³ Lösung das kieselsäurehaltige Wasser 2,58 g Na_2SiO_3 in 1000 cm³ Lösung = 1,282 g SiO_2 auf 1 l, entsprechend 119 DHG

Na_2SiO_3 in 100 cm³ g	Fällungsmittel g	Äquivalentverhältnis	Menge des Niederschlages g	SiO_2 im Filtrat g/l	DHG
0,258	0,059	100: 25	0,0682	0,0795	79
„	0,118	100: 50	0,1357	0,0515	48
„	0,177	100: 75	0,1285	0,0352	33
„	0,236	100:100	0,1374	0,0268	25
„	0,354	100:150	0,1406	0,0206	19,5
„	0,472	100:200	0,1332	0,0180	17

Aus Abb. 1 läßt sich deutlich ersehen, daß die Entkieselung von dem im Fällungsmittel enthaltenen Anion abhängt. Mit $Ca(OH)_2$ kann man ein kieselsäurehaltiges Wasser sehr gut enthärten, während mit einer $CaSO_4$-Lösung die Entkieselung nicht befriedigend ist; völlig unzureichend verläuft sie mit $CaCl_2$-Lösung.

Sind im Speisewasser nur geringe Mengen SiO_2 enthalten, so ist mehr als das doppelte Äquivalent erforderlich, um die Kieselhärte herabzudrücken. Abb. 2 gibt den Entkieselungsverlauf bei geringem SiO_2-Gehalt wieder.

Ausfällung der kolloidalen Kieselsäure. Es liegt auch die Möglichkeit vor, daß die Kieselsäure in kolloidaler Form im Speisewasser enthalten ist. Solche Wasser lassen sich verhältnismäßig leicht entkieseln. Versuche, mit $Al_2(SO_4)_3$ die Kieselsäure aufzuflocken, haben ergeben, daß dies möglich ist. Man kann jedoch den Zusatz von $Al_2(SO_4)_3$ umgehen, da, wie die Versuche gezeigt haben, kolloidale Kieselsäure mit Kalkwasser aus dem Wasser gefällt werden kann. Es wurde frisch gefällte Kieselsäure in Wasser gelöst (0,135 g/l SiO_2 = 12,5 DHG) und mit Kalkwasser in geringem Überschuß (1,5faches Äquivalent) gefällt. Anfänglich zeigte sich keine Trübung; erst nach längerem Stehen war sie wahrnehmbar und wurde beim Erwärmen auf 60 bis 70 ° deutlich sichtbar. Bei dieser Temperatur begann die trübe Fällung sich zusammenzuballen und auszuflocken. Nach zwölfstündigem Stehen wurde abfiltriert und Niederschlag sowie Filtrat untersucht.

Ferner wurde eine Kieselsäurelösung aus elektroosmotisch erzeugtem „Osmosil" hergestellt, das man, um es rasch in Lösung zu bringen, ganz schwach alkalisch machte und dann wieder neutralisierte. Diese Lösung enthielt 0,095 g/l SiO_2 = 8,85 DHG und wurde ebenso wie beim ersten Versuch behandelt. Auch hier war die Entfernung der Kieselsäure in weitgehendem Maße möglich. In beiden Fällen wurde bis auf 3 bis 4 DHG entkieselt.

Entkieselung bei Anwesenheit von Chloriden. Will man Wasser, das gleichzeitig Silikate und Chloride enthält, entkieseln, so gelingt dies nur, wenn man mit einem Überschuß von $Ca(OH)_2$ arbeitet. Über den Einfluß des Chlor-Ions auf die Ausfällung der Silikate durch $Ca(OH)_2$ sollen die im folgenden wiedergegebenen Untersuchungen Aufschluß geben.

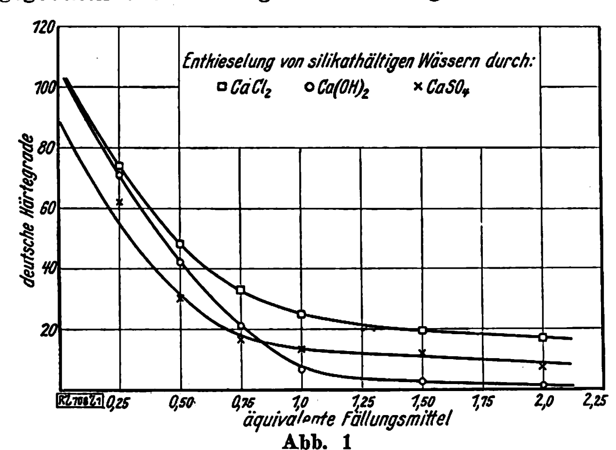


Abb. 1
Entkieselung von silikathaltigen Wässern durch lösliche Kalksalze

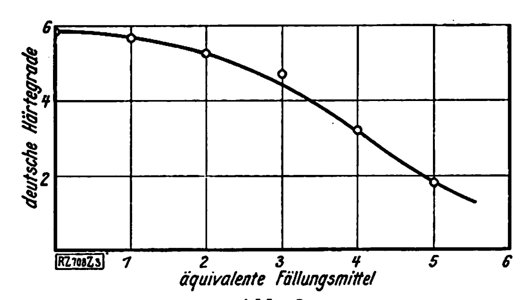


Abb. 2
Entkieselung von silikathaltigen Wässern mit $Ca(OH)_2$ bei geringem SiO_2-Gehalt

Dem zu entkieselnden Wasser wurde Natriumchlorid in verschiedenen Mengen zugesetzt, und zwar in einfach und mehrfach äquivalenter Menge (SiO_2 : NaCl = 1 : 1, 1 : 2,5 und 1 : 5). Darauf wurde dieses Wasser mit $Ca(OH)_2$ entkieselt, wie bei den in Zahlentafel 1 angegebenen Versuchen. Die Versuchsergebnisse sind in Zahlentafel 4 und Abb. 3 wiedergegeben. Die gestrichelte Linie in Abb. 3 ist die Entkieselungslinie ohne Zusatz von NaCl, vergl. Zahlentafel 1.

Zahlentafel 4

Die Fällungslösung enthielt 1,18 g CaO als $Ca(OH)_2$ in 1000 cm³ Lösung, das kieselsäurehaltige Wasser 2,58 g Na_2SiO_3 in 1000 cm³ Lösung = 1,282 g SiO_2 auf 1 l, entsprechend 119 DHG

Na_2SiO_3 in 100 cm³ g	Fällungsmittel g	Äquivalentverhältnis	SiO_2 im Filtrat g/l	DHG, bezogen auf die Gesamtmenge
		SiO_2 : NaCl = 1 : 1		
0,258	0,0590	100: 50	0,3962	37
„	0,1180	100:100	0,1125	10,5
„	0,1770	100:150	0,0472	4,5
„	0,2360	100:200	0,0175	1,6
		SiO_2 : NaCl = 1 : 2,5		
0,258	0,0590	100: 50	0,4252	40
„	0,1180	100:100	0,1186	11
„	0,1770	100:150	0,0558	5,2
„	0,2360	100:200	0,0214	2
		SiO_2 : NaCl = 1 : 5		
0,258	0,0590	100: 50	0,5580	52
„	0,1180	100:100	0,1726	16
„	0,1770	100:150	0,0684	6,5
„	0,2360	100:200	0,0542	5

Will man also Wasser, das gleichzeitig Silikate und Chloride enthält, entkieseln, so ist ein Überschuß an $Ca(OH)_2$ notwendig, und zwar lassen sich Silikatwässer bei Gegenwart von 1 bis 2,5 Äquivalenten NaCl, bezogen auf den SiO_2-Gehalt im Wasser, leicht mit der doppelten der berechneten Menge $Ca(OH)_2$ enthärten. Je höher der Chlorionengehalt des Speisewassers im Verhältnis zum SiO_2-Gehalt ist, um so mehr Kalkwasser ist zur Entkiese-

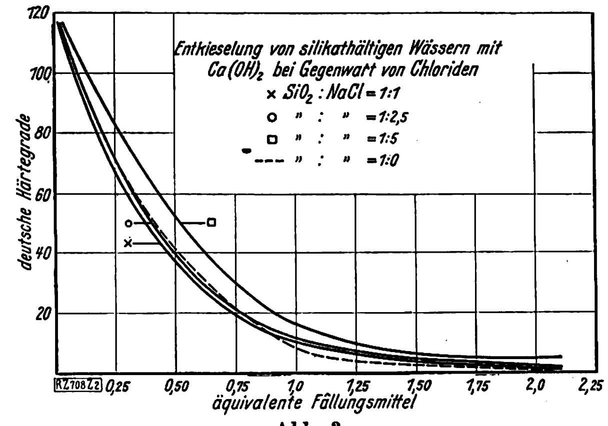


Abb. 3
Entkieselung von silikathaltigen Wässern mit Kalkhydrat bei Gegenwart von Chloriden



lung notwendig. Die Fälle, in denen Chloride, besonders Magnesium- und Kalziumchlorid, in großen Mengen neben Silikaten auftreten, sind jedoch verhältnismäßig selten. Solche Wässer werden zum Speisen von Kesseln wegen der korrosionsbedingenden Eigenschaft der Erdalkalichloride besser nicht verwendet.

Entkieselung bei Anwesenheit von Sulfaten. Die Abhängigkeit der Löslichkeit von frisch gefälltem $CaSiO_3$ von den in der Lösung enthaltenen Ionen ließ sich eindeutig durch folgenden Versuch beweisen: Einer Silikatlösung wurde die äquivalente Menge $CaSO_4$ zugesetzt (nach Zahlentafel 2 würde eine Resthärte von 13,5 DHG verbleiben); dann versetzte man sie mit einer berechneten Menge $Ba(OH)_2$, um das Sulfat-Ion aus der Lösung zu entfernen, und untersuchte das Filtrat auf SiO_2. Es ergab sich hier ein Wert, der sehr nahe dem durch $Ca(OH)_2$-Fällung erhaltenen liegt. Wie aus Zahlentafel 1 ersichtlich, liegt der Wert für die $Ca(OH)_2$-Fällung bei Anwendung stöchiometrischer Mengen bei 6,5 DHG, während die zusammengesetzten $CaSO_4$-$Ba(OH)_2$-Fällungen 5,8 und 6,7 DHG ergaben. Die Reaktion verläuft nach folgendem Schema:

$$Na_2SiO_3 + CaSO_4 \rightleftarrows CaSiO_3 + Na_2SO_4$$
$$Na_2SO_4 + Ba(OH)_2 \rightarrow BaSO_4 + 2\,NaOH.$$

Der die Löslichkeitserhöhung des Kalziumsilikates bedingende Einfluß des Sulfat-Ions kann also durch die Fällung als Bariumsulfat beseitigt werden. Die Entfernung der Kieselsäure aus dem Wasser geht demnach nur dann befriedigend vonstatten, wenn im Wasser keine Ionen, welche die weitgehende Fällung des Silikates behindern, vorhanden sind. Von diesen die Löslichkeit steigernden Ionen, vorzüglich den Chlor- und Sulfat-Ionen, können letztere mit Barytlauge aus dem Wasser entfernt werden.

Entfernung der durch die Entkieselung bedingten überschüssigen Kalkhärte

Alle diese Versuche haben ergeben, daß eine Entkieselung wohl in den weitaus meisten Fällen möglich ist, daß also bei dem in der Praxis üblichen Kalk-Soda-Enthärtungsverfahren der größte Teil der Kieselsäure ausgefällt werden kann. Findet sich demnach freie oder gebundene SiO_2 im Kesselwasser vor, so ist es ratsam, bei der Wasserenthärtung reichlich Kalkwasser zuzusetzen. Scheut man sich davor, das Speisewasser zu alkalisch zu machen, so kann man die Kalkhärte mit einer Kalziumbikarbonatlösung entfernen und vorhandene Gipshärte mit Soda beseitigen. Eine Kalziumbikarbonatlösung läßt sich herstellen durch Einleiten von CO_2-haltigen Gasen (Rauchgasen) in Kalkwasser. Ein in dieser Richtung angestellter Versuch hatte das Ergebnis, daß sich ein Wasser von 15° Silikathärte und 5° Gipshärte auf 1,3° Silikat- und auf 2,2° Kalkhärte enthärten ließ. Zu dem harten Wasser wurde das doppelte Äquivalent $Ca(OH)_2$, auf den SiO_2-Gehalt des Wassers bezogen, zugegeben; der entstandene Niederschlag wurde abfiltriert und im Filtrat die Kalkhärte mit $Ca(HCO_3)_2$ und die Gipshärte mit Soda entfernt. Diese Art zu enthärten, erscheint vielleicht etwas umständlich, hat jedoch den Vorteil, daß die Kalk- und Kieselsäurehärte beseitigt wird, ohne daß das Speisewasser den zweckmäßig gering zu haltenden Alkalitätsgrad überschreitet und mit löslichen Salzen unzulässig angereichert wird.

Wenn der zugesetzte Überschuß von Kalkhydrat den gleichzeitig vorhandenen Sulfaten einigermaßen äquivalent ist, kann man den Kalküberschuß mit Natriumbikarbonatlösung entfernen, wobei die Vorgänge folgendermaßen verlaufen:

$$Ca(OH)_2 + 2\,NaHCO_3 = CaCO_3 + Na_2CO_3 + H_2O$$
$$CaSO_4 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + Na_2SO_4.$$

Man muß aber, um eine Rückzersetzung des bereits abgeschiedenen Kalziumsilikates zu vermeiden, den mit überschüssigem Kalkhydrat gefällten Kalziumsilikatniederschlag abfiltrieren und kann dann erst den Überschuß des Kalkhydrates und die vorhandene Gipshärte mit Natriumbikarbonat entfernen. Ein in dieser Art ausgeführter Versuch ergab die in Zahlentafel 5 zusammengestellten Ergebnisse.

Zahlentafel 5
Einfluß des Abfiltrierens

Versuch	SiO_2 g/l	DHG	CaO g/l	DHG
1. Mit vorheriger Abtrennung des $CaSiO_3$-Niederschlages	0,0272	2,5	0,0162	1,6
2. Ohne Abtrennung des $CaSiO_3$-Niederschlages . .	0,0785	7,3	0,1153	11,5

Liegt dagegen ein Wasser vor, das Silikat und Sulfat enthält, bei dem aber der Sulfatgehalt in einer zum Kalkwasserüberschuß größeren Äquivalenz vorhanden ist, so muß man zum Entfernen des Kalküberschusses Natriumbikarbonat und Soda verwenden. Die Größe des Sodazusatzes hängt von der Sulfatmenge ab, die nicht durch die bei der Kalkfällung entstehende Soda entfernt wird. So wurde z. B. ein Wasser mit 15° Kieselsäurehärte und 22° Gipshärte folgendermaßen enthärtet: Zur Entfernung der Kieselsäurehärte wurde mit dem doppelten Äquivalent $Ca(OH)_2$ entkieselt, dann die Kalksilikatfällung abfiltriert und das Filtrat mit $NaHCO_3$ und Soda enthärtet. Das Ergebnis war folgendes:

$$SiO_2 = 0{,}0220\ g/l = 2{,}1\ DHG,$$
$$CaO = 0{,}0162\ \text{„} = 1{,}6\ \text{„}\ .$$

Hat ein Wasser einen äquivalent geringeren Gipsgehalt, so darf man naturgemäß nicht allein mit Natriumbikarbonat enthärten, da die Bildung des löslicheren Kalziumbikarbonates eine nur ungenügende Enthärtung bewirken würde. Aus diesem Grunde setzt man Natriumbikarbonat in einer dem Sulfatgehalt entsprechenden Menge zu und enthärtet den Rest der durch den Kalkwasserüberschuß bedingten Härte mit Kalziumbikarbonat. Ein Versuch mit einem Wasser von 15° Kieselsäurehärte und 7° Gipshärte ergab folgende Härtewerte:

$$SiO_2 = 0{,}018\ g/l = 1{,}5\ DHG,$$
$$CaO = 0{,}0227\ \text{„} = 2{,}3\ \text{„}\ .$$

Untersuchungen über die Zusammensetzung der gefällten Kalksilikate

Um größere Mengen von $CaSiO_3$ zur Untersuchung zu erhalten, versetzte man jeweils 1000 cm^3 einer Na_2SiO_3-Lösung mit 1000 cm^3 der entsprechenden äquivalenten Lösung des Kalksalzes und behandelte diese Mischung wie oben angegeben weiter. Nach dem Auswaschen wurde der Niederschlag, der sehr viel Wasser enthielt, 3 h bei 130° getrocknet und dann pulverisiert. Der mit $Ca(OH)_2$ gefällte Niederschlag enthielt noch etwas Kalziumkarbonat, das durch Aufnahme von Kohlendioxyd aus der Luft entstand. Der pulverisierte Niederschlag wurde mit wenig ganz verdünnter Salzsäure durchfeuchtet und dann ausgewaschen, bis kein Chlor-Ion nachzuweisen war. Darauf wurde der Niederschlag nochmals getrocknet. Die Analyse wurde folgendermaßen vorgenommen: Die eingewogene Menge Niederschlag wurde in einer Platinschale mehrere Male mit Salzsäure abgeraucht, dann mit mäßig konzentrierter Salzsäure längere Zeit auf dem Wasserbad erwärmt. Darauf verdünnte man mit heißem Wasser und filtrierte die Kieselsäure ab, die geglüht zur Wägung kam. Das Filtrat und das Waschwasser wurden gesammelt und darin nach der Neutralisation das Kalzium-Ion als Oxalat gefällt und mit Permanganat titrimetrisch bestimmt. Zahlentafel 6 und 7 enthalten die Versuchsergebnisse.

Die aus $Ca(OH)_2$ und Na_2SiO_3 entstehenden Kalziumsilikate entsprechen der Zusammensetzung: 1 CaO : 1 SiO_2 und enthalten wechselnde Mengen Wasser. Verwickelter

Zahlentafel 6
Fällung mit $Ca(OH)_2$.
Gehalt der Lösungen wie in Zahlentafel 1 angegeben.

Einwage g	gefälltes SiO_2 g	gefälltes CaO g	Rest H_2O g	Molverhältnis CaO : SiO_2
0,5410	0,2633	0,2432	0,0345	1 : 1,06
0,3262	0,1582	0,1438	0,0242	1 : 0,97
0,3825	0,1876	0,1738	0,0213	1 : 1,07

Zahlentafel 7
Fällung mit $CaCl_2$

Waschwassermenge cm³	Einwage g	gefälltes CaO g	gefälltes SiO_2 g	Mischverhältnis SiO_2 : CaO
300	0,1842	0,0675	0,0636	1 : 1,14
600	0,1440	0,0582	0,0498	1 : 1,26
900	0,1608	0,0674	0,0652	1 : 1,11
3000	0,4236	0,1845	0,2052	1,03 : 1,0

sind die Verhältnisse bei den mit $CaCl_2$ gefällten Kalziumsilikaten. Diese Fällungen, die langsamer ausflocken und voluminöser sind, lassen sich nur schwer auswaschen. Gerade hier ist ein gründliches Auswaschen notwendig, vergl. Zahlentafel 7.

Der aus verdünnten äquivalenten Lösungen von $CaCl_2$ und Na_2SiO_3 entstehende Niederschlag wurde abgenutscht und dreimal mit je 300 cm³ Wasser ausgewaschen. Nach jedem Auswaschen wurde eine Probe entnommen und nach dem Trocknen analysiert, vergl. Zahlentafel 7.

In den Niederschlägen waren stets größere Mengen Alkali nachzuweisen, was zu der Vermutung Anlaß gibt, daß hier Mischungen mit Natriumkalziumsilikaten vorliegen, die ungefähr der Zusammensetzung $Na_2O \cdot CaO \cdot SiO_2$ oder, als Salz der Orthokieselsäure geschrieben, $NaHCaSiO_4$ entsprechen. Erst durch Auswaschen mit sehr viel Wasser, vergl. die vierte Zahlenreihe in Zahlentafel 7, erhält man Niederschläge, die alkalifrei sind und der Zusammensetzung 1 Ca O : 1 SiO_2 entsprechen.

Zusammenfassung

1. Die Löslichkeit des Kalziumsilikates in Wasser wurde bestimmt; man erhielt gute Übereinstimmung mit bekannten Angaben. Eine Erhöhung der Löslichkeit ergab sich bei Anwesenheit von Sulfaten und Chloriden.

2. An der Hand von Versuchen wurde gezeigt, daß sich zum Entkieseln von kieselsäurehaltigen Wässern Kalksalze eignen. Kalziumhydroxyd ermöglicht eine weitgehende Entkieselung des Wassers. Gipslösung eignet sich weit weniger gut, noch weniger $CaCl_2$, sofern auf ein Äquivalent vorhandener Kieselsäure ein Äquivalent oder etwas mehr Kalziumsalz verwandt wird.

3. Bei Gegenwart von Chloriden kann man mit $Ca(OH)_2$ befriedigend entkieseln, wenn ein Überschuß von $Ca(OH)_2$ angewandt wird. Dieser braucht das Doppelte der berechneten Menge $Ca(OH)_2$ nicht zu überschreiten, wenn das Verhältnis SiO_2 : NaCl den Wert 1 : 2,5 nicht übersteigt.

4. Um einen zu hohen Alkalitätsgrad im Speisewasser zu vermeiden, der durch die Entfernung des angewandten Überschusses von $Ca(OH)_2$ mit Na_2CO_3 entstehen würde, kann man die Kalkhärte mit Kalziumkarbonatlösung und dann die etwa vorhandene Gipshärte mit Soda entfernen.

5. Sind im Wasser Silikate und Gips gleichzeitig vorhanden, so ist die Entfernung der Kieselsäurehärte und der Kalkhärte einfach, wenn Kalkhydratüberschuß und Gipsgehalt in einem äquivalenten Verhältnis stehen. In diesem Falle wird der Kalkhydratüberschuß und der Gipsgehalt nur durch Natriumbikarbonatzusatz entfernt. Bei äquivalent höherem Gipsgehalt muß zum Natriumbikarbonatzusatz ein weiterer, entsprechender Sodazusatz gemacht werden. Bei äquivalent geringerem Gipsgehalt kann man mit Kalziumbikarbonatzusatz und einem dem Sulfatgehalt entsprechenden geringeren Natriumbikarbonatzusatz arbeiten.

6. Die aus verdünnten Natriumsilikatlösungen und den Kalksalzen entstehenden Silikate entsprechen bei Abwesenheit von Chloriden der Zusammensetzung 1 CaO : 1 SiO_2. Bei Anwendung von Kalziumchlorid enthalten sie weniger Kieselsäure, als dem angegebenen Molverhältnis entspricht. Die Analyse ergibt die Anwesenheit von Verbindungen von der Art $NaHCaSiO_4$. [B 708]

Gegenseitiger Einfluß von Tragfläche und Rumpf

In der Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik[1]) habe ich einige theoretische Untersuchungen veröffentlicht, die über den gegenseitigen Einfluß von Tragfläche und Rumpf in bezug auf Auftrieb und Widerstand einige Aufklärung bringen[2]). Bei der Behandlung der Aufgabe bin ich von der Prandtlschen Tragflächentheorie ausgegangen. Trotzdem ist die theoretische Behandlung für die gebräuchlichen Rumpfformen noch recht verwickelt; daher liegt eine Idealisierung der Rumpfform nahe. Meinen Berechnungen ist als Rumpf ein Zylinder zugrunde gelegt, der sich beiderseits ins Unendliche erstreckt und dessen Achse in die Bewegungsrichtung des Flugzeuges fällt. Auch die Durchführung mit dem zylindrischen Rumpf ist recht lehrreich. Die Ergebnisse sind als erste Näherungen für Flugzeuge mit langgestrecktem Rumpf anzusehen und ebenfalls anwendbar auf Luftschiffe, die mit Flossen versehen sind.

Außer den am Flugzeug auftretenden Gesamtluftkräften ist noch die Verteilung über die Flugzeugbreite sowie die Verteilung in der Längsrichtung von Bedeutung. Bei der Annahme eines unendlich langen Rumpfes von gleichbleibendem Querschnitt erhält der Rumpf lediglich einen Auftrieb, also keinen Widerstand. Bei gleichmäßiger Auftriebverteilung über die Tragflächenbreite ist für die Gesamtgröße des Auftriebs die wirksame Rumpfbreite nützlich, d. h. die Breite des Tragflächenstückes, das den am Rumpf wirkenden Auftrieb hervorbringen würde. Bei unendlich breiter Tragfläche ist die wirksame Rumpfbreite (wahrscheinlich bei allen Rumpfformen) gleich der tatsächlichen Rumpfbreite.

Bei einem Flugzeug von endlicher Spannweite ergibt sich die wirksame Rumpfbreite dadurch, daß die vorhandene Rumpfbreite um die Breite zwischen den an der Rumpfoberfläche gespiegelten Endpunkten der Tragfläche vermindert wird. Mit dem Rumpf ändern sich auch der effektive Anstellwinkel der Tragfläche sowie der induzierte Widerstand der Tragfläche. Diese Untersuchungen, bei denen eine gleichmäßige Auftriebverteilung über die Tragflächenbreite vorausgesetzt ist, berücksichtigen die Höhenlage der Tragfläche. Es sei hier erwähnt, daß der Rumpf nicht immer eine Vergrößerung des Tragflächenwiderstandes bewirkt; ist nämlich die Tragfläche oberhalb oder unterhalb des Rumpfes angebracht, so bewirkt der Rumpf eine kleine Verringerung des Tragflächenwiderstands. Bemerkenswert ist ferner das Ergebnis, daß ein Hochdecker, bei dem die Tragfläche aus der Mittellage gehoben ist, denselben Auftrieb und Tragflächenwiderstand erhält wie ein Tiefdecker, bei dem die Tragfläche um dasselbe Maß aus der Mittellage gesenkt ist.

Weiterhin ist die Frage nach dem kleinsten induzierten Widerstand der Tragfläche bei gegebenem Gesamtauftrieb behandelt. Hierbei ergibt sich eine Auftriebverteilung über die Breite, die der elliptischen Verteilung bei einer Tragfläche ohne Rumpf entspricht. Das Verhältnis des auf den Rumpf entfallenden Auftriebanteiles zum gesamten Auftrieb ist ebenfalls berechnet.

Die letzten Abschnitte der Arbeit behandeln die Auftriebverteilung in der Längsrichtung des Rumpfes. Diese ist für eine unendlich breite Tragfläche und für den Fall, daß das Breitenverhältnis: Spannweite durch Rumpfbreite gleich 10 ist, mit gleichmäßiger Auftriebverteilung über die Tragflächenbreite ermittelt; der Unterschied ist in diesen beiden Fällen ganz gering. Außerdem ist die Auftriebverteilung in der Längsrichtung des Rumpfes für das Breitenverhältnis zwei berechnet, und zwar mit der Zirkulationsverteilung, die sich aus der Bedingung kleinsten Widerstandes bei gegebenem Auftrieb ergibt.

Die experimentellen Versuche, die bisher über den gegenseitigen Einfluß von Tragfläche und Rumpf vorliegen, behandeln alle den am Flugzeug auftretenden gesamten Auftrieb und Widerstand in Abhängigkeit von einander; daher ist leider ein Vergleich meiner Ergebnisse mit experimentellen Versuchen noch nicht möglich. [N 856]

Aachen J. Lennertz

[1]) Z. f. angew. Math. u. Mech. Bd. 7 (1927) S. 249.
[2]) Die Ergebnisse meiner Berechnung sind bereits in der Z. f. Flugtechnik und Motorluftschiffahrt Bd. 18 (1927) S. 11 mitgeteilt.

RUNDSCHAU

Schiffbau

Fahrgast-Schnelldampfer „Île de France“

Das größte nach dem Kriege fertiggestellte Fahrgastschiff, Abb. 1, ist der Schnelldampfer „Île de France“ der Cie. Générale Transatlantique, der in 31 Monaten auf der Werft der Soc. des Chantiers et Ateliers de St. Nazaire-Penhoët erbaut wurde[1]).

Hauptangaben

Länge über alles	241,35	m
Länge zwischen den Loten	231	„
Breite	28	„
Seitenhöhe bis zum C-Deck	21,5	„
Tiefgang, beladen	9,75	„
Verdrängung	41 000	t
Tragfähigkeit	11 500	„
Rauminhalt	42 050	B.-R.-T.
Laderaum	6 820	m³
Maschinenleistung	52 000	PS_e
Konstruktionsgeschwindigkeit	23,5	Kn
Fahrgäste: 1. Klasse	677	
2. Klasse	403	
Touristen-Klasse	214	
3. Klasse	346	
	1640	Personen
Besatzung: Deck	75	
Maschinenraum	162	
Bedienung	566	
	803	Personen

Buchstabenerklärung zu Abb. 2 bis 10:

a Steuerhaus
b Kapitän
c Funkraum
d Offiziere
e Notdynamo
f Kinderzimmer
g Turnsaal
h Laube
i Wintergarten
k Kinderspielzimmer
l Lesezimmer
m Halle 1. Klasse
n Teeraum
o Rauchzimmer 1. Klasse
p „ 2. „
q Halle 2. Klasse
r Oberlicht-Speisesaal 1. Klasse
s Staatswohnungen
t Tanzraum 3. Klasse
u Eingangshalle
v Musikkapelle
w Haarpflege
x Laden
y Geschäftszimmer
z Damenzimmer 3. Klasse
a' „ d. Touristenklasse
b' Privatspeisezimmer
c' Speisesaal der Touristenklasse
d' „ 3. Klasse
e' Küche 3. Klasse
f' Mannschaftsküche
h' Fleischer
i' Messen für Stewards
k' Ladung oder Kraftwagen
l' Kraftwagen
m' Gepäck
n' Getränke
o' Kühlladeräume

Die Anordnung der Räume ist aus Abb. 2 bis 10 ersichtlich. Das Promenadendeck ist 1 m zu beiden Seiten übergebaut, so daß außer den geräumigen, zwei Decks hohen Gesellschaftsräumen ein 6 bis 7,5 m breites Wandeldeck übrig bleibt. Die Halle 1. Klasse, Abb. 11, ist 25 m lang bei 18 m Breite und hat rd. 150 Sitzplätze. In der Mitte ist eine Tanzfläche freigelassen. Anschließend folgen der Teeraum und das Rauchzimmer. Das hintere Promenadendeck steht der 2. Klasse zur Verfügung. Bemerkenswert sind die neun Staatswohnungen auf dem A-Deck. Eine besonders große für sieben Personen umfaßt drei Schlafzimmer mit Bad, Wohnzimmer, Eßzimmer mit eigener Anrichte und Dienerkammer. Die übrigen zeigen die übliche Anordnung und sind im modernen Stil jeweils verschieden eingerichtet. Sämtliche Kabinen 1. Klasse und alle Wechselkabinen haben ein Badezimmer. In der ersten und zweiten Klasse ist überall fließendes Kalt- und Warmwasser, während die Touristenklasse und die dritte Klasse fließendes Kaltwasser haben. Auf dem B-Deck liegt die Empfangshalle 1. Klasse mit einigen Läden und der 8 m langen und 7 m breiten Musikkapelle.

Bemerkenswert wegen seiner Größe und der Einrichtung ist der 44 m lange und 28 m breite Speisesaal 1. Klasse im C-Deck, Abb. 12, dessen abgestuftes Oberlicht durch zwei Decks hindurchgeht. Es sind 700 Sitzplätze an Tischen für je 2, 5 und 6 Personen vorhanden. Nach hinten schließen sich die Wirtschaftsräume für die 1. und 2. Klasse an, deren Küche 19 m lang und 10 m breit für die Zubereitung der Speisen für 1000 Personen bemessen ist. Die Herde, Backöfen und Konditoröfen haben Ölfeuerung. Hinter diesen Räumen liegt der Speisesaal 2. Klasse mit 300 Sitzplätzen, 13 m lang und 28 m breit.

[1]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 1004; „Le Génie Civil“ Bd. 91 (1927) S. 1 u. 29; „Shipbuilding and Shipping Record“, Bd. 29 (1927) S. 745. Bd. 30 (1927) S. 10 u. S. 149.

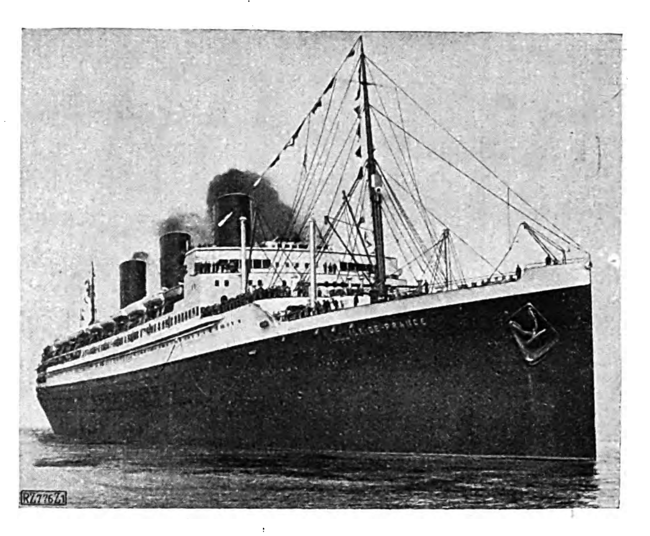


Abb. 1
Fahrgast-Schnelldampfer „Île de France“

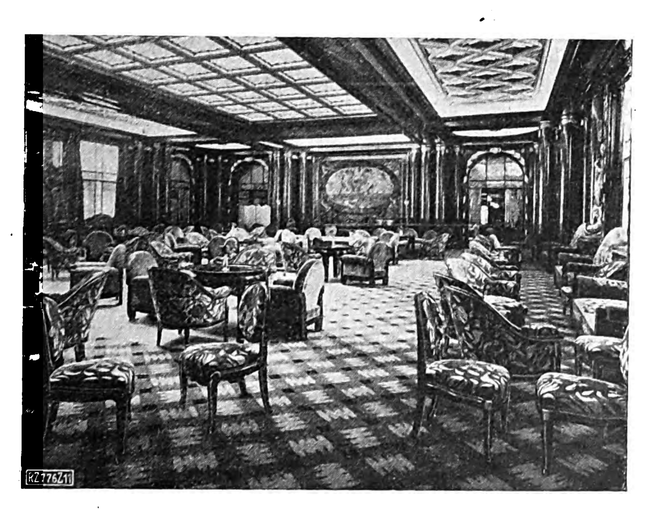


Abb. 11
Halle 1. Klasse

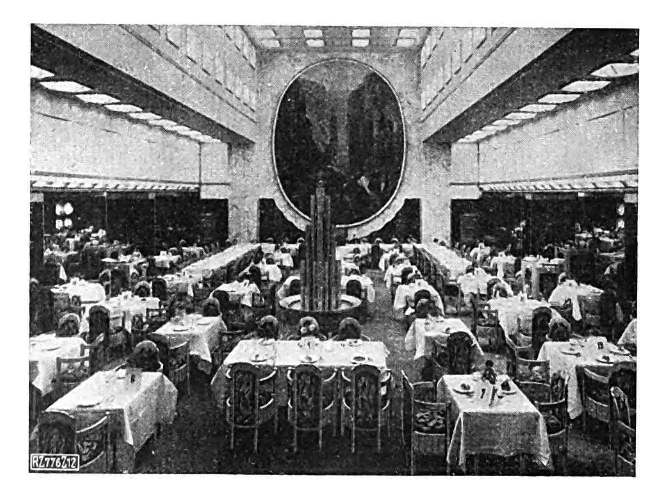


Abb. 12
Speisesaal 1. Klasse



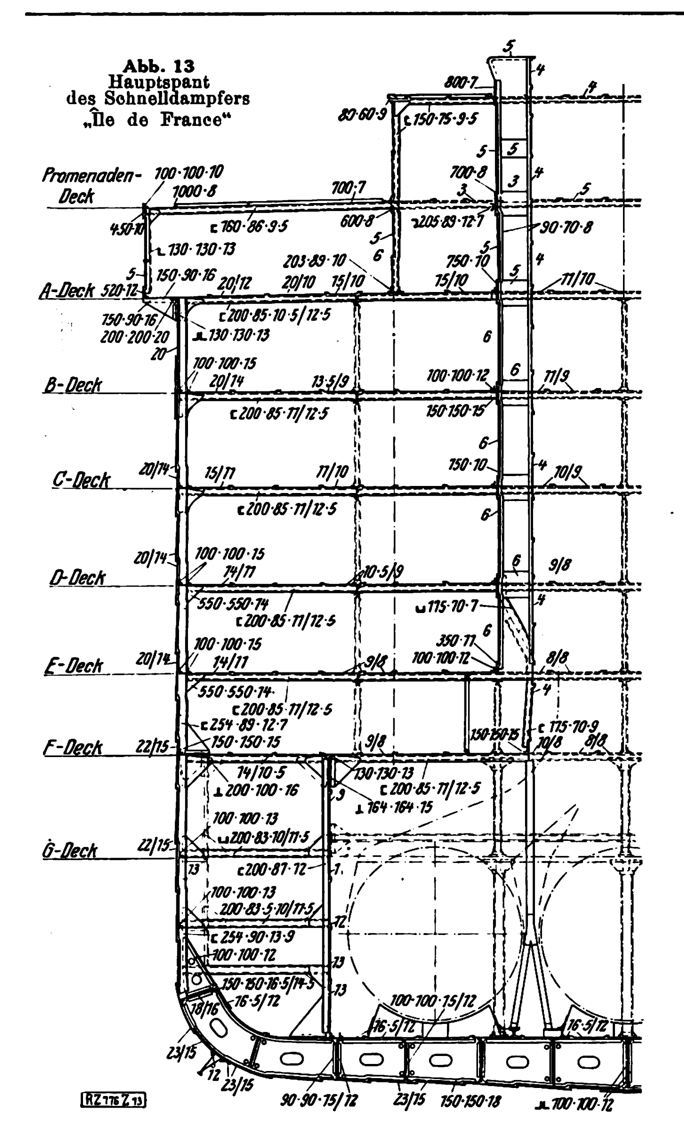


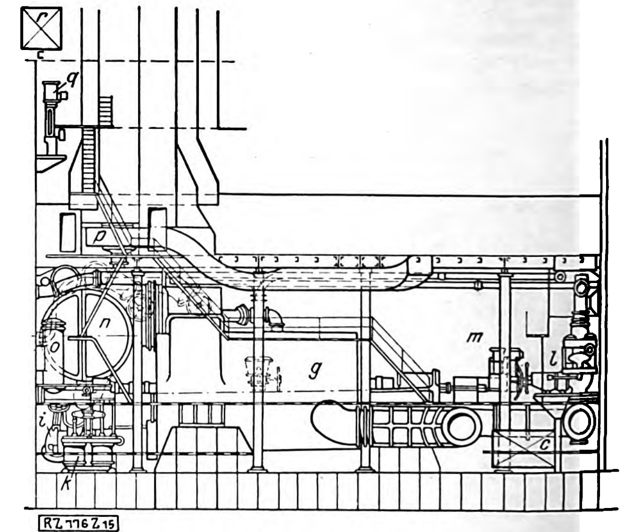
Abb. 13
Hauptspant des Schnelldampfers „Île de France"

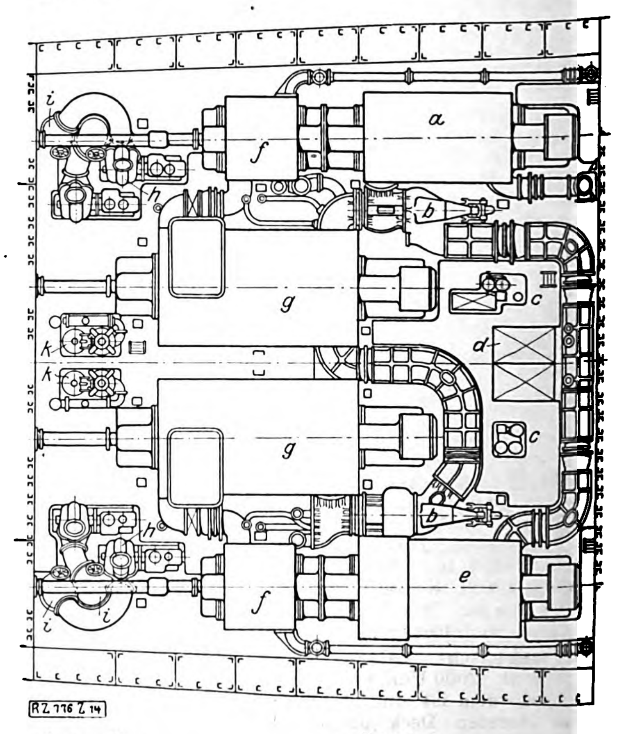
Im ganzen sind neun elektrische Aufzüge vorhanden. Hiervon sind fünf Personenaufzüge, und zwar drei für sieben und zwei für je 20 Personen. Die Hubgeschwindigkeit beträgt 0,7 m/s. Die vier übrigen Aufzüge dienen dem Wirtschaftsbetrieb. Die täglich erscheinende Bordzeitung wird in der Druckerei auf zwei Maschinen hergestellt.

Aus dem Hauptspant, Abb. 13, ist die Konstruktion ersichtlich. 15 Schotte, an den Enden bis zum B-Deck, in der Mitte bis zum C-Deck, teilen das Schiff in 16 wasserdichte Abteile. Neben den Kesselräumen ist außerdem zu beiden Seiten ein wasserdichtes Längsschott angeordnet, während im Maschinenraum der Doppelboden bis zur Wasserlinie hochgezogen ist. Die mit Druckwasser betriebene Schottenschließanlage bedient von der Brücke aus 7 senkrecht und 28 wagerecht bewegliche wasserdichte Türen. Das Schiff hat 18 Rettungsboote für je 91 Personen, 20 für je 46 Personen und zwei Motorboote für je 30 Personen.

Abb. 14 und 15. Turbinenraum

a HD-Vorwärtsturbine
b Hauptventile mit Servomotor
c Ölfilter
d Schmierölbehälter
e MD-Vorwärtsturbine
f HD-Rückwärtsturbinen
g ND-Vorwärts- und Rückwärtsturbinen
h Kühlwasserpumpen
(Forts. s. unten)





i Seeventile
k Luftpumpen
l Manövrierstand
m Druckschmierölfilter
n Hauptkondensator
o Ölkühler
p Luftrad
q Druckpumpe der Schottenschließanlage
r Schmierölbehälter

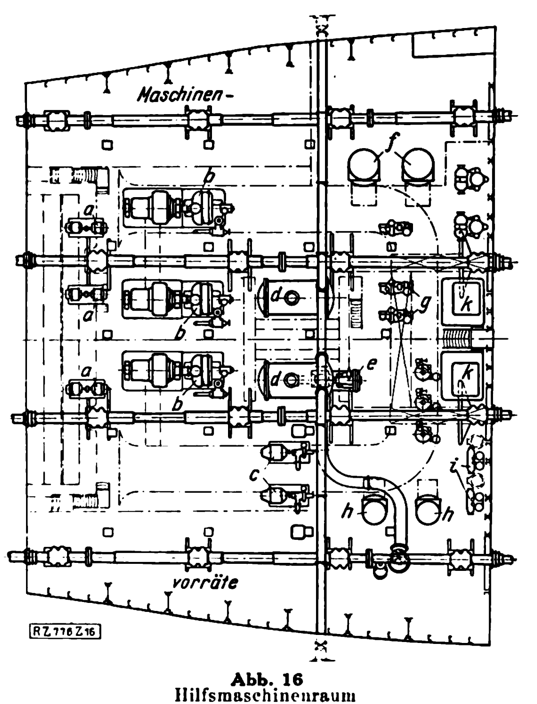
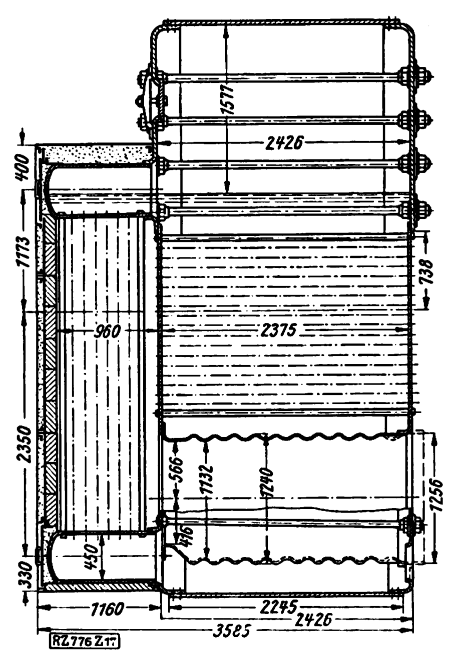


Abb. 16
Hilfsmaschinenraum

a Umformer
b 650 kW-Turbodynamos
c Deckwasch- und Feuerlöschpumpen
d Hilfskondensatoren
e Kühlwasserpumpe
f 120 t-Verdampfer
i Trinkwasserpumpen
k Speisewasserbehälter
l Reservespeisepumpen





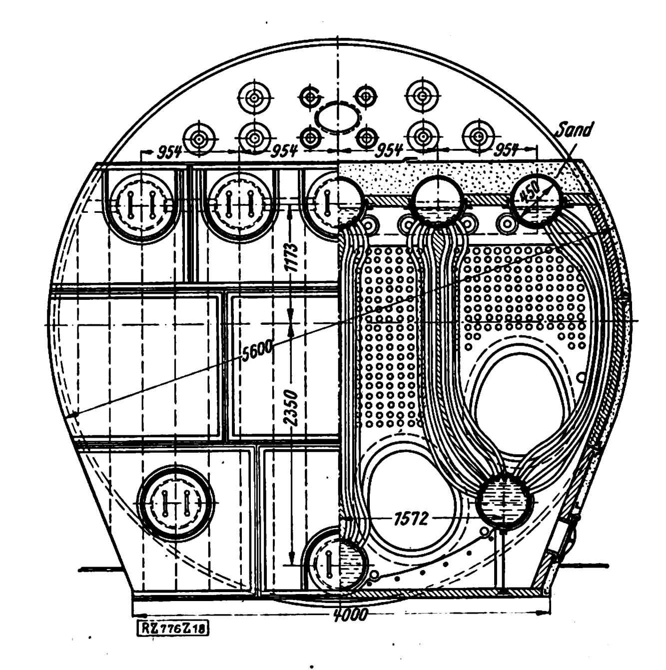


Abb. 17 und 18
Einend-Zylinderkessel, Bauart Prudhon-Capus

Innerer Durchmesser	5,4 m	Länge, Doppelender .	7,1 m	Wasserinhalt	27,8 m³
Länge, Einender . . .	3,585 „	Heizfläche, Einender .	365 m²	Verdampfleistung . .	13,8 t/h

Die mit Druckwasser und elektrisch betriebene Rudermaschine, Bauart Hele-Shaw-Mactineau, wiegt 40 t. Von zwei 60 PS-Motoren angetrieben, arbeitet sie mit 60 at Druck. Die vier Druckkolben legen das Ruder mit einem Druck von 123 t. Das Balanzeruder aus Stahlguß wiegt 60 t und wird bei 23,5 Kn in 30 s von Mitschiff aus um 30 ° gelegt. Der Ruderschaft hat 600 mm Dmr. An Deckhilfsmaschinen sind zwei Dampfankerwinden für 782 t Zug (Gewicht je 80 t), zehn Dampfverholspille für 25 t Zug, ein elektrisches Verholspill für 4 t und 20 elektrische Ladewinden für 1,5 bis 5 t vorhanden. Für die Heizung und Lüftung ist eine Thermotankanlage vorgesehen. Außerdem sind in den Gesellschaftsräumen Dampf- und elektrische Heizkörper aufgestellt.

Als Hauptmaschinen sind unmittelbar gekuppelte Parsons-Turbinen eingebaut worden. Die HD- und MD-Vorwärtsturbinen treiben je eine äußere Welle an, außerdem sind auf diesen Wellen in besonderen Gehäusen die beiden HD-Rückwärtsturbinen angeordnet. Die beiden mittleren Wellen werden je von einer ND-Turbine angetrieben, wobei die Vorwärts- und Rückwärtsturbinen in einem Gehäuse untergebracht sind, Abb. 14 und 15. Die Gesamtleistung für Vorwärtsfahrt beträgt 52 000 PS_e bei 235 Uml./min; das Gewicht der Turbinen ist zu 1065 t angegeben.

Die beiden Hauptkondensatoren hinter den ND-Turbinen haben je 1750 m² Kühlfläche. Zwei Kondensatpumpen mit Dampfantrieb fördern 170 t/h. Vier Kühlwasserschleuderpumpen, je von einer 200 PS-Dampfmaschine angetrieben, leisten je 7000 m³/h bei 400 Uml./min. Im Hilfsmaschinenraum, Abb. 16, sind zwei Hilfskondensatoren mit je 200 m² Kühlfläche aufgestellt, die Kühlwasser-Schleuderpumpe für 200 m³/h, mit der Luftpumpe auf derselben Welle, hat Turbinenantrieb. Die fünf Speisewasserpumpen haben 700 t/h Gesamtleistung. Das Kondensat wird in drei Stufen von 40 ° auf 135 ° vorgewärmt. Für die Hauptmaschinen sind zwei 120 t-Verdampfer vorhanden, für den Hafenbetrieb ist außerdem ein 60 t-Verdampfer vorgesehen.

In den vier Kesselräumen sind 12 Doppelend- und 12 Einend-Zylinderkessel, Bauart Prudhon-Capus, Abb. 17 und 18, für 16 at mit einem Brennstoffverbrauch von 2,5 kg/h Heizöl auf 1 m² Heizfläche untergebracht. Für den künstlichen Zug sind in jedem Heizraum zwei Howdengebläse vorgesehen. Die Kessel haben Ölfeuerung; der Öldruck beträgt rd. 5,5 at. Das Schiff bunkert jeweils in New York für die Hin- und Rückreise und hat 7600 m³ Bunkerinhalt.

Die elektrische Anlage umfaßt drei 650 kW-Turbodynamos mit 2000 Uml./min. Die Netzspannung beträgt 220 V. Außerdem ist eine 55 kW-Dieselnotdynamo für 110 V auf dem obersten Deck aufgestellt. Für die Kühl-Lade- und Vorratsräume sind zwei CO_2-Kühlmaschinen vorhanden, die je durch einen 80 PS-Elektromotor bei 175 Uml./min angetrieben werden. [M 761] Luchsinger

Straßenbau

Straßenbautagung Leipzig 1927

Vom 31. August bis 3. September d. J. fand im Zusammenhang mit der Technischen Messe eine Straßenbautagung in Leipzig statt, die in Vorträgen, Besichtigungen der Messe und von Stadt- und Landstraßen bestand. Über die Vorträge ist folgendes zu berichten.

Geh. Oberbergrat Prof. Dr. Steuer, Darmstadt, sprach über

die Beziehungen der petrographischen zu den technischen Untersuchungsverfahren der Straßenbaugesteine.

Deutschland ist in der Lage, seinen Bedarf an Gesteinen im Straßenbau aus dem reichen Vorkommen guter Gesteine auf lange Zeit vollständig zu decken. Allerdings liegen die Gewinnungstätten ungleichmäßig verteilt. Der Süden Deutschlands beherbergt in seinen Gebirgszügen den Steinreichtum. Bei der Verwendung der Gesteine im Norden sprechen daher die Förderkosten mit. Die verschiedenen Gesteinarten sind ihrerseits auch ungleichmäßig verteilt. Das ist insofern nachteilig, als sich nicht jedes Gestein für jeden Straßenbauzweck eignet.

Die Beurteilung der Gesteine darf nicht nur nach den technischen Eigenschaften, sondern muß auch nach den petrographischen erfolgen. Beide Verfahren, von denen das letztgenannte sich auf die mineralogischen und Struktureigenschaften erstreckt, müssen einander ergänzen. Vor allen Dingen muß festgestellt werden, ob das Gestein noch frisch ist. Darunter ist nicht zu verstehen, ob die Gesteine durch Atmosphärilien oder durch Verwitterung, wie man sagt, angegriffen sind. Denn diese Einflüsse machen sich in einem Steinmassiv nur in der oberen, etwa 1 bis 1½ m tiefen Schwarte bemerkbar, die in jedem ordentlichen Steinbruch abgeräumt wird. Vielmehr ist damit gemeint, ob die Gesteine durch Druck, Hitze oder Dämpfe in geologischen Zeitaltern eine Umwandlung erfahren haben. Daher können Gesteine nach der Tiefe zu, wo sie solchen Umwandlungen am ehesten ausgesetzt sind, in ihrer Güte abnehmen.

Die Wirkung dieser Einflüsse kann nun sowohl durch die petrographische wie auch durch die technische Untersuchung ermittelt werden. Von den technischen Untersuchungsverfahren erscheint das auf Druckfestigkeit nach Steuer als das wichtigste, obwohl gegenwärtig Bestrebungen bestehen, zur Abkürzung der Verfahren dies, auch wegen der hohen Kosten, fortzulassen. Wichtig erscheint die Untersuchung auf die technischen Eigenschaften bei den Grünsteinen, weil die Grünsteinbildung eine der genannten Wirkungen darstellt und ihr Einfluß auf die Brauchbarkeit des Gesteins petrographisch allein nicht erfaßt werden kann. Verbunden mit dem Frostversuch, muß die Wasseraufnahme geprüft werden, weil die sogenannten Wassersöffer gefährliche Deckensteine abgeben.

Besondere Untersuchungen hat Steuer dem Sonnenbrand der Basalte gewidmet. Es hat sich hierbei gezeigt, daß Sonnenbrand bei den kieselsäurereichen Basalten, bei denen die Feldspatkristalle wie ein zusammengefallenes Dachsparrengerüst im Dünnschliff erscheinen, ophitisch gelagert sind, nicht vorkommt. Dagegen findet sich bei den kieselsäurearmen Basalten, die auch Kalk enthalten, eher Sonnenbrand. Er kann erkannt werden, wenn man Basaltstücke lange in destilliertem Wasser kocht und dann warm hält oder zur Abkürzung des Verfahrens mehrmals bis auf 40° erhitzt und dann abkühlt. Es bilden sich dann graue Flecken und Spinnenbeinen ähnliche Risse.

Bei der Beurteilung der Gesteine können Normen wenig gegeben werden. Sie können den Mangel an Kenntnis in der Gesteinkunde nicht ersetzen. Selbst Gesteine gleicher Art sind in ihrer Zusammensetzung durchaus verschieden. Die Beurteilung der Eigenschaften muß auch dem Zweck, dem die Gesteine dienen sollen, angepaßt werden. Darum setzt eine erfolgreiche Anwendung der auf wissenschaftlichem Wege erreichten Kenntnis bei dem bauenden Ingenieur eine gute Kenntnis in der Geologie und Petrographie voraus. Dieses Lehrgebiet müßte daher auf den technischen Hochschulen noch erweitert werden.

Prof. Hoepfner, Danzig, ging in seinem Vortrag

„Die Materialprüfung auf dem Gebiete der Asphalte und Teere im Dienste des Straßenbaues"

davon aus, daß die Instandsetzung der Straßen in dauerhafter Weise solche Mittel erfordert, daß man nur langsam damit vorankommt, während ein Teil der Straßen weiter verfällt. Es muß daher versucht werden, mit leichteren Bauweisen einen großen Teil der Straßen zu erhalten, bis sie an der Reihe sind, dauerhafter befestigt zu werden. Hier bieten gerade die leichten Asphalt- und Teerverfahren, die auch billig sind, ein ausgezeichnetes Mittel, die Straßen in die Hand zu bekommen. Die hierfür bisher aufgestellten Prüfverfahren und Bewertungsmaßstäbe sind noch recht unsicher. Aber die Forschungsarbeiten in der Versuchsanstalt führen allein nicht zum Ziel. Ganze Arbeit kann nur gemacht werden, wenn die Straßenbauverwaltungen sich entschließen, die Baustoffe fortlaufend von den Hochschullaboratorien untersuchen zu lassen, weiterhin die Decken fortlaufend beobachten und außerdem Deckenstücke den Laboratorien mit ihren Beobachtungen einsenden. Nur wenn so Versuchsanstalt und Baupraxis ihre Erfahrungen austauschen, kann die Grundlage für eine Normung in der Prüfung der Straßenbaustoffe geschaffen werden.

Dr.-Ing. E. h. Deidesheimer untersuchte in seinem Vortrag über

„Wirtschaftliche und steuerliche Notwendigkeiten für die Zukunft der Straßen",

welche Mittel notwendig sind, um die deutschen Straßen in Ordnung zu bringen. Unter Zugrundelegung der Verkehrsbelastung der Straßen nach den statistischen Angaben über die deutsche Verkehrzählung des Deutschen Straßenbauverbandes vom Jahre 1924/25 hat er eine Summe von 2,6 Milliarden RM errechnet, die in 10 Jahreszahlungen aufgebracht werden soll. Für ihre Deckung, zuschläglich 15 Mill. RM für Unterhaltung, schlägt er vor: einen jährlichen Zuschuß des Reiches von 120 Mill. RM aus dem allgemeinen Reichshaushalt als Deckung der Schäden, die der allgemeine Verkehr ohne Kraftverkehr verursacht, 90 Mill. RM aus einer Kraftwagensteuer nach dem Gewicht und 65 Mill. RM aus einer Reifensteuer.

Gegen diese Ausführungen wurde sofort in einer anschließenden Besprechung von dem Vertreter des preußischen Landkreistages eingewendet, daß die Berechnung zu niedrig sei, und von dem Vertreter des Reichsverkehrsministeriums, daß die Kraftwagensteuer nach einem Gutachten des Reichswirtschaftsrates als Pauschsteuer beibehalten werden und nach dem Hubvolumen und dem Gewicht bemessen werden solle, worüber der Reichstag beschließen werde.

Der Präsident des Interessenverbandes deutscher Kraftfahrer, Lauber, sprach über

„die Anforderungen an den Straßenbau vom Standpunkte des Kraftfahrers".

Er forderte, daß die Quergefälle möglichst flach gehalten, Straßenbäume und Gräben beseitigt werden. Die Fahrbahn soll mindestens 8 m breit sein, damit man mit 80 bis 90 km Fahrgeschwindigkeit sicher fahren kann. Enge Ortschaften müssen durch breite Straßen umgangen werden. Straßensperrungen sind zu vermeiden, Umfahrten sind übersichtlich zu kennzeichnen. Auch die andern Fahrzeuge müßten sich an die Verkehrsbestimmungen halten.

Die Technische Messe bot auf dem Gebiete der Straßenbaumaschinen ein bemerkenswertes Bild. Reiche Auswahl wurde an Dampfwalzen, vor allem an Motorwalzen geboten. Neben den bisher schon bekannten Formen ist eine Dreirad-Dieselmotorwalze der Straßenwalzenfabrik J. A. Maffai & Jacob, Leipzig, zu erwähnen, bei der der Aufbau aus dem Mechanismus heraus entwickelt ist. Durch die Verwendung eines Mehrzylindermotors von 30 PS soll der Lauf erschütterungsfreier sein, was für Asphaltstraßen gefordert werden muß. Blockierbares Ausgleichgetriebe soll das Fahren durch kleine Krümmungen ermöglichen. Die Lenkung ist kettenlos und spielfrei, die Maschine sicherlich sehr wendig.

Die bisher von dieser Maschinenfabrik gebaute leichte Zweiradwalze hat ebenfalls wesentliche Verbesserungen erhalten. Die umsteuerbare Dampfmaschine ermöglicht, die Fahrtrichtung schnell und erschütterungslos umzukehren. Die Lenkung erfolgt ähnlich wie bei Kranen, so daß der Führer in jeder Stellung auf der Maschine nach dem Gefühl lenken kann.

Auch die Berliner Maschinenbaugesellschaft A.-G. vorm. L. Schwartzkopff hat ihre Asphalt-Zweiradwalze, die schon auf der Tagung im März 1926 vorgeführt worden war, wesentlich verbessert. Sie liefert Zweiradwalzen von 3 bis 6 t Dienstgewicht und eine Dreirad-Heißdampfwalze mit 7,5 t Gewicht. Auch die schwereren Walzen zeigen im Aufbau Neuerungen, durch die besonders ein genauer Zusammenbau ermöglicht und der Ersatz beschädigter Teile erleichtert werden soll. Eine Dieselmotorwalze von 11,5 t Gewicht wurde auch von der Lokomotivfabrik Henschel & Sohn, Kassel, vorgeführt.

Um beim Überziehen der Straßendecken mit Teer und Asphalt große Leistungen erzielen zu können, benutzt man Sprengwagen, die die Masse unter Druck durch Düsen auf die Straße sprengen. Die Vereinigten Maschinenfabriken Henschel & Sohn und Linnhoff führten einen neuen Sprengwagen vor, mit dem es möglich ist, die Straße mit Druckluft vom Staube zu reinigen und die Masse dann kalt oder heiß aufzusprengen. Die Maschine kann aber auch als Wassersprengwagen und Feuerlöschwagen benutzt werden. Das ganze Gerät ist auf einem Lastwagenrahmen von 5 t Tragfähigkeit aufgebaut. Die Sprengbreite beträgt 5 m. Die Düsenrohre können aber eingeschwenkt werden, so daß die Wagenbreite nicht überschritten wird. Die Druckluftanlage kann zugleich zum Reinigen der Leitungen und Düsen benutzt werden. Die Masse wird durch eine Vakuumpumpe in 6 min aus dem Voratsbehälter in den Kessel gepumpt und in 15 min ausgesprengt. Die Wirtschaftlichkeit wird von der Einschränkung der Leerfahrten abhängen.

Dem Anstrich muß ein schnelles Nachsplitten der Decken folgen. Bei Verwendung von Sprengwagen ist es kaum möglich, diese Arbeit mit der Hand zu leisten. Deshalb wurden auf der Messe mehrere Arten von Splittstreumaschinen vorgeführt, die diese Arbeit genau und schnell ausführen sollen. Der Splitt fällt aus einem Behälter durch einen Spalt in eine Walze mit Taschen, die sich entsprechend der Fahrgeschwindigkeit dreht und den Splitt aus den Taschen auf die Straßendecke wirft. Eine mit dem Wagen verbundene breite Walze drückt den Splitt gleich an. Dieser Streuwagen kann gleich an den Sprengwagen angehängt werden. Die Splittstreuwalze der Deutschen Bedarfs-Gesellschaft (Deubag), Breslau, hat eigenen Antrieb durch einen 10 PS-Motor.

Da auf 100 m² besprengte Decke etwa 1 m³ Splitt gebraucht werden und Sprengwagen gut 10 000 m² an einem Tage leisten, so würden die Splittstreuer 100 m³ verarbeiten müssen. Das sind etwa zehn Eisenbahnwagen. Auch hier wird die Wirtschaftlichkeit von der Möglichkeit, diese Massen heranzuschaffen, und dem Umfang der Leerfahrten abhängen.

Eine klein gehaltene und leicht bewegliche Druckluftanlage, mit der die Straße von Staub und Schmutz gereinigt und aus einem miteingebauten Kessel Teer oder Asphalt mit Druck aufgesprengt werden kann, wurde von der Firma Knorrbremse A.-G. vorgeführt.

Um auch die Herstellung von Pflasterstraßen von der schwerfälligen Handarbeit wenigstens etwas frei zu machen, hat man maschinelle Pflasterrammen ausgebildet, von denen drei verschiedene Arten auf der Ausstellung gezeigt wurden. Eine Eßlinger Maschinenfabrik hat den Bau einer in Schweden bereits erfolgreich eingeführten Pflasterramme aufgenommen, die auf zwei Rädern läuft. Der Fallbär wird von einem Reibgetriebe, das von einem Einzylindermotor bewegt wird, angehoben und nach Erreichen einer Höchststellung, die verändert werden kann, durch eine Auslösung fallen gelassen. Der Motor treibt auch zugleich den Wagen an. Der Wagen wird von einem Arbeiter geführt und gesteuert. Diese Maschine kann 3 bis 6 Rammer ersparen.

Die Ramme der Deutschen Elektromaschinen- und Motorenbau-A.-G., Eßlingen, besteht in einem Zylinder mit Kolben. Der Kolben stützt sich mit der Kolbenstange auf das Pflaster. In den Zylinder wird Benzin eingeführt, das



entzündet wird. Durch die Explosion wird die ganze Ramme hochgeworfen. Sobald der Kolben die Auspuffschlitze erreicht hat, entweicht der Überdruck, Federn reißen den Kolben zurück, und die Ramme, die ein Gewicht von 35 bis 30 kg hat, fällt nieder. Das Gerät ist handlich. Der Kraftaufwand des Rammers ist gering. Da die einzelnen Spiele sich sehr schnell wiederholen können, wird auch diese Ramme etwa die Leistung von vier bis fünf Arbeitern ersetzen.

Maschinen für den Betonstraßenbau waren nur in geringer Zahl vertreten, ein Straßenfertiger der Maschinenfabrik A.-G. Dingler, Zweibrücken (Pfalz), und die verschiedenen Arten Betonmischer, die aber auch für andre Bauaufgaben verwendet werden können.

Stuttgart [N 270] Prof. Dr.-Ing. E. Neumann

Elektrotechnik

50 kV-Kabel für Holland

Die Provinciale en Gemmeentelijke Elektriciteits-Maatschappij, Amsterdam, hat im vorigen Jahr eine rd. 11 km lange Kabelleitung zwischen Haarlem und Velsen verlegen lassen[1]). In drei mit Strahlungsschutz versehenen Einleiterkabeln der Firma Felten & Guilleaume, Carlswerk, A.-G., Köln-Mülheim, wird Drehstrom von 50 kV Spannung übertragen; ein viertes Kabel dient zur Aushilfe. Die Kabel sind für Verlegung im Erdboden und im Wasser verschieden gebaut. Am Lande sind die vier Kabel zusammen mit einem fünften Kabel in einem Kabelgraben verlegt; Abstandstücke halten die Kabel in 200 mm Mittenabstand. Abb. 19 zeigt

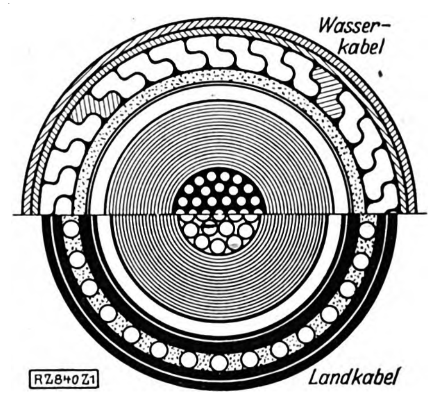


Abb. 19
50 kV-Kabel für Holland

übereinander gezeichnet die halben Querschnitte des Wasser- und des Landkabels; die Landkabel haben 120 mm² Kupferquerschnitt, die Wasserkabel, die man bei den Kreuzungen der Flußläufe verlegt hat, 150 mm²; die Umwehrungsdrähte aus Sonderstahl gestatten, die Verluste herabzusetzen. An den Kabelmuffen wurden diese Drähte eingeklemmt, damit sie den Kabelzug beim Nachgeben des Untergrundes aufnehmen und die Leiterverbindungen vom Zug entlasten.

[M 840] Pa.



[1]) Carlswerk-Rundschau 1927 Nr. 1 S. 15.

Kleine Mitteilungen

Dieselelektrischer Eisenbahnzug

Die Buenos Aires and Great Southern Railway hat für den Vorortverkehr von Buenos Aires einen Eisenbahnzug bestellt, der aus zehn Personenwagen und zwei Maschinenwagen bestehen soll. Die Maschinenwagen sollen an den Enden des Zuges laufen und Strom für den Betrieb von Motoren liefern, die alle Achsen antreiben. Sie erhalten je zwei Achtzylinder-Dieselmotoren von je 600 PS bei 700 Uml./min, die mit Gleichstromerzeugern für 750 V gekuppelt werden. Die Dieselmotoren werden von der Firma Gebr. Sulzer, die Stromerzeuger von der Firma Oerlikon geliefert. Aus jeder der vier Maschinengruppen werden ein Motor von 100 kW für den Antrieb der Maschinenwagen und fünf Motoren von je 75 kW für den Antrieb der Personenwagen versorgt. Der Zug soll eine Anfahrbeschleunigung von 1,5 m/s² und auf Strecken von 30 bis 48 km Länge bei 1,6 bis 3 km Abstand der Haltestellen eine mittlere Reisegeschwindigkeit von 45 km/h erreichen. Auch für Triebwagen und Lokomotiven mit hydraulischer Übertragung sind Dieselmotoren bestellt worden. („The Engineer" 4. November 1927 S. 520) [N 965 a] H.

Hochdruckdampfbetrieb in englischen Kraftwerken

A. H. Law und J. P. Chittenden haben in einem Vortrag in der Institution of Electrical Engineers am 3. November 1927 mitgeteilt, daß der höchste Dampfdruck in einem englischen Kraftwerk zur Zeit 31,5 at am Absperrventil beträgt. Für das Kraftwerk Bradford sei aber eine Vorschaltanlage für Dampf von 77 at Überdruck und 427° bestellt, deren Kessel von 42,5 t/h Dampfleistung von Babcock & Wilcox und deren Turbine von 2500 kW Leistung bei 30 at Gegendruck von der English Electric Co. geliefert werden soll. („The Engineer" 4. November 1927 S. 514) [N 965 b] H.

Scott-Still-Schiffsmotoren neuerer Bauart

Das Doppelschrauben-Motorschiff „Eurybates" von 6400 B.-R.-T. wird von zwei Scott-Still-Dieselmotoren angetrieben. Im Gegensatz zu der Erstausführung dieser Bauart für das Motorschiff „Dolius" hat man hier die Dampfzylinder vollständig von den Dieselzylindern getrennt. Jeder Motor besteht aus fünf einfachwirkenden Dieselzylindern von 686 mm Dmr. und zwei doppeltwirkenden Dampfzylindern von 610 mm Dmr. Der Hub beträgt für alle Zylinder 1143 mm. Die Motoren leisten insgesamt 5000 PS_e bei 105 Uml./min. Als Dampfsammler sind zwei Kessel vorgesehen, ein größerer für 12,6 at und ein kleinerer für 1 at Überdruck. Beim Manövrieren wird der größere Kessel unmittelbar durch Ölfeuerung geheizt. In schiffbaulicher Hinsicht ist bemerkenswert, daß der Schiffsrumpf aus Stahl höherer Festigkeit hergestellt ist, so daß angeblich die Ladefähigkeit um rd. 250 t größer ist als bei Verwendung von gewöhnlichem Schiffbaustahl. („The Engineer" 4. November 1927 S. 499) [N 965 c] Ls.

Einheitliche Wechselstromfrequenz in England

In England ist von der Elektrizitätskommission, die einen Plan für die Stromversorgung ausgearbeitet hat, als Norm die auch in Deutschland übliche Frequenz von 50 Per./s festgesetzt worden. Das bedingt natürlich bei den mit anderen Frequenzen betriebenen Wechselstromnetzen große Umänderungen. Der erste Schritt hierzu ist jetzt in Glasgow getan worden, wo ein Turbostromerzeuger für 25 000 kW und 50 Per./s als Ersatz für die vorhandenen Maschinen mit 25 Per./s bestellt wurde. Wie die Elektrizitätswerke die Schwierigkeiten bei den Strombeziehern überwinden werden, namentlich soweit sie Elektromotoren besitzen, ist nicht angegeben. („The Engineer" 4. November 1927 S. 499) [N 965 d] Pa.

Selbsttätige Vermessungsmaschine

Eine Maschine zum selbsttätigen Aufzeichnen des Höhenprofiles von Wegen ist von J. H. Williams, Hankau, entworfen worden. Auf einem zweiräderigen Fahrgestell ruht ein Rahmen, der durch ein Pendel wagerecht gehalten wird und einen Schreibstift trägt. Dieser Rahmen trägt verschiebbar einen zweiten Rahmen mit dem Papier zum Aufzeichnen des Profiles. Sobald das Fahrzeug an eine Wegsteigung kommt, wird dieser zweite Rahmen durch die Relativbewegung des Pendels gegenüber dem Fahrgestell seitlich verschoben, wodurch auf dem von den Fahrgestellrädern durch ein Getriebe bewegten Papierstreifen das Höhenprofil des Weges aufgezeichnet wird. Für den Höhen- und den Längenmaßstab sind verschiedene Übersetzungen einstellbar. („The Engineer" 4. November 1927 S. 519*) [N 965 e] Pa.

Mittels Lichtbogens geschweißte Eisenbahnbrücke

In den Vereinigten Staaten von Amerika wird man demnächst mit dem Bau einer Eisenbahn-Fachwerkbrücke beginnen, bei der alle Verbindungen mit Lichtbogenschweißung hergestellt werden, so daß die Brücke praktisch ein starres Bauwerk aus einem Stück sein wird. Die Brücke wird rd. 53 m lang sein. Für ihren Bau sind nur 80 t Stahl erforderlich, während eine gleich große Brücke mit der normalen Nietung 120 t gebraucht haben würde. Der Entwurf der Brücke stammt von der Westinghouse Co., die sie zur Verbindung eines ihrer Werke mit der Boston- and Maine-Eisenbahn über einen Kraftwerkkanal in der Nähe der Chicopee-Wasserfälle, Mass., bauen läßt.

[N 965 f] Sd.

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Neue Wilhelmstr. 4, bezogen werden. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 3501)

Eidgenössische Materialprüfungsanstalt a. d. Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich, Diskussionsbericht Nr. 12: Über elektrisch und autogen geschweißte Konstruktionen. Zürich im Juni 1926. 46 S. m. zahlr. Abb.

Das vorliegende Heft gibt die Berichte und Aussprachebemerkungen über schweißtechnische Arbeiten in der Schweiz wieder. Oberingenieur Höhn berichtet über elektrisch und autogen geschweißte Konstruktionen; er geht insbesondere näher ein auf die Festigkeit der Schweißnähte und gibt wertvolle Zahlentafeln der Ergebnisse seiner planmäßigen Versuche. Die Anwendung des Schweißens im Kessel- und Behälterbau ist dank der erfolgreichen Pionierarbeit von Höhn in der Schweiz bereits groß. Aber mit Recht sagt Höhn zum Schluß: „Die autogene und die elektrische Schweißung haben technologisch offenbar noch nicht die letzte Entwicklungsstufe erreicht. In der Konstruktion ist ebenfalls noch vieles zu verbessern. Wie die Nietnaht seit der Herstellung der Wattschen Kofferkessel in ihrer Konstruktion ganz erhebliche Fortschrite gemacht hat, so wird es auch die Schweißnaht tun."

Über elektrisch und autogen geschweißte Konstruktionen berichtet Direktor Sonderegger der Maschinenfabrik Escher Wyß; er gibt eine große Fülle trefflicher Beispiele für die Anwendung des Schweißens beim Bau von Eisenkonstruktionen, Behältern, Rohrleitungen, Gehäusen für Wasserturbinen, im Schiffbau u. a. Auf die elektrische Schweißung im Eisenbahnbrückenbau geht der Aufsatz von H. Fröhlich ein. Die Aussprache zu diesen Vorträgen bringt eine Reihe wertvoller Bemerkungen über Festigkeitswerte der Schweißnaht und über metallurgische Fragen.
[E 878] Dr. A.

Die Herstellung der Blattfedern. Von T. H. Sanders. Deutsche Übersetzung von A. Cecerle. Berlin 1927, Julius Springer. 245 S. m. 187 Abb. Preis 27 ℳ.

Eine Übersetzung hat nur dann einen Sinn, wenn sie in ihrem Verbreitungsgebiet leichter zu lesen ist, als der Text in einer fremden Sprache. Das ist bei dem vorliegenden Buche nicht der Fall. Außer Ungenauigkeiten in jedem Satz enthält das Werk eine Menge von Fehlübersetzungen. Dennoch ist das Buch für den Fachmann von großem Wert; denn in ihm sind die reichen Erfahrungen des Verfassers niedergelegt. [E 890] De.

Grundriß der anorganischen Chemie. Von Carl Oppenheimer. Leipzig 1927, Georg Thieme. 332 S. Preis 7 ℳ.

Grundriß der organischen Chemie. Von Carl Oppenheimer. 13. Aufl. Leipzig 1927, Georg Thieme. 181 S. Preis 4 ℳ.

Beide Bücher gehören zu den besten ihrer Art. Überall versteht es der Verfasser, das Wesentliche klarzustellen. Der 167 Seiten umfassende Allgemeine Teil der „Anorganischen Chemie" enthält in knapper Form die Grundlagen der Chemie. Auch die neuesten Erkenntnisse, z. B. die Ergebnisse der Relativitätstheorie, sind berücksichtigt. Eine Neubearbeitung hat der Abschnitt über elektrolytische Dissoziation erfahren. Der spezielle Teil ist in üblicher Weise eingeteilt in die Kapitel „Nichtmetalle" und „Metalle".

Die „Organische Chemie" zeigt in besonders klarer Weise den Aufbau dieses Gebietes, wobei immer wenig Wert auf die Wiedergabe von Einzelheiten gelegt ist. Der Stoff wird unter den Stichworten „Fettreihe" und „Zyklische Verbindungen" in einem allgemeinen und einem speziellen Teil behandelt.

Obwohl beide Bücher von der Schilderung technischer Verfahren fast gänzlich absehen, sind sie doch auch für den Ingenieur, der sich gelegentlich schnell über grundsätzliche Fragen unterrichten will, äußerst brauchbar.
[E 934] Dr. Gsl.

Thermodynamische Grundlagen der Kolben- und Turbokompressoren. Von Adolf Hinz. 2. Aufl. Berlin 1927, Julius Springer. 68 S. m. 73 Abb. u. 20 Taf. Preis 25 ℳ.

Elektrizität in industriellen Betrieben. Herausgeg. von W. Philippi. VII. Bd.: Einzelantrieb von **Werkzeugmaschinen. Ein Hilfsbuch** für alle Metall verarbeitenden Betriebe. Von Karl Meller. Leipzig 1927, S. Hirzel. 224 S. m. 212 Abb u. 20 Tabellen. Preis 18 ℳ.

Die Entwicklung der selbsttätigen Einkammer-Druckluft**bremse bei den europäischen** Vollbahnen. Von Wilhelm Hildebrand. Berlin 1927, Julius Springer. 150 S. m. 234 Abb. Preis 18 ℳ.

Lehrbuch der Ballistik. 3. Bd.: Experimentelle Ballistik. Herausgeg. von C. Cranz unter Mitwirkung von Eberhard und K. Becker. 2. Aufl. Berlin 1927, Julius Springer. 408 S. m. 138 Abb. u. 56 Abb. im Anhang. Preis 39 ℳ.

Metallographie. Von W. Guertler. 2. Bd., 2. Teil, 7. Abschnitt, 1. Lfg.: **Die elektrische** und thermische **Leitfähigkeit.** Von A. Schulze. Berlin 1927, Gebr. Bornträger. 147 S. Preis 15,20 ℳ.

Metallographie. Von W. Guertler. 2. Bd., 2. Teil, 7. Abschnitt, 2. Lfg.: **Die thermische** Leitfähigkeit. Von A. Schulze. Berlin 1927, Gebr. Bornträger. 317 S. Preis 12,40 ℳ.

Die chemische Analyse seltener technischer Metalle. Von R. B. Moore. Unter Mitwirkung von J. E. Conley, J. P. Bonardi, C. W. Davis und J. W. Harden. Übersetzt und umgearb. von Horst Eckstein. Leipzig 1927, Akademische Verlagsgesellschaft. 295 S. Preis 15 ℳ.

Lehrbuch der chemisch-technischen Wirtschaftslehre. Von Albert Sulfrian. Stuttgart 1927, Ferdinand Enke. 283 S. m. 63 Abb. Preis 18,30 ℳ.

Lehrbuch der Stückzeit-Ermittlung in der Maschinenformerei. Von Heinrich Tillmann. München und Berlin 1927, R. Oldenbourg. 158 S. m. 97 Abb. Preis 12,50 ℳ.

Vorlesungen über Differential- und Integralrechnung. 1. Bd.: Funktionen einer Veränderlichen. Von R. Courant. Berlin 1927, Julius Springer. 410 S. m. 127 Abb. Preis 18,60 ℳ.

Göschens Lehrbücherei. 1. Gruppe: Reine Mathematik. Bd. 10: **Gewöhnliche Differentialgleichungen.** Von J. Horn. Berlin und Leipzig 1927, Walter de Gruyter & Co. 197 S. m. 4 Abb. 2. Aufl. Preis 10,50 ℳ.

Sammlung Göschen, Nr. 970: **Nichteuklidische** Geometrie. **Hyperbolische Geometrie der Ebene.** Von Richard Baldus. Berlin und Leipzig 1927, Walter de Gruyter & Co. 152 S. m. 71 Abb. Preis 1,50 ℳ.

Sammlung Göschen, Nr. 932: **Höhere Algebra.** II. Gleichungen höheren Grades. Von Helmut Hasse. Berlin und Leipzig 1927, Walter de Gruyter & Co. 160 S. m. 5 Abb. Preis 1,50 ℳ.

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

Bd. 71 SONNABEND, 26. NOVEMBER 1927 Nr. 48

Selbsttätige Zugüberwachung

Von Dipl.-Ing. Carl Wolff, Hamburg

Notwendigkeit und Möglichkeit der selbsttätigen Zugüberwachung — Fahrsperren: einfache Bauart mit Hebelanschlag, elektromechanische Einrichtungen, induktive Fahrsperre — Wiederherstelleinrichtung — Anwendungsbereich selbsttätiger Fahrsperren

Die Notwendigkeit der Zugüberwachung

Schon lange versucht man die Zeichen der ortfesten Signale selbsttätig auf die Lokomotive zu übertragen, um Nichtbeachtung durch den Führer zu verhindern. Bereits in den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts ersann Axel Voigt, Ingenieur der amerikanischen Pennsylvaniabahn, eine Vorrichtung[1]), bei der durch einen am Signalmast befindlichen, mit dem Signalflügel gekuppelten Arm ein auf dem Lokomotivdach befestigtes, mit der Luftdruckbremsleitung in Verbindung stehendes Glasrohr abgeschlagen wurde, wenn sich das Signal in Haltlage befand und ein Zug an dem Signal vorüberfuhr. Die Bremsluft strömte über das zerbrochene Glasrohr aus, so daß die Bremsen in Tätigkeit traten. Stand jedoch das Signal auf Fahrt, so glitt das Glasrohr unter dem hochstehenden Arm frei hindurch. Diese Vorrichtung hat sich bei Vollbahnen nicht bewährt, weil unbeabsichtigter Bruch der Rohre vorkam, und wurde bald wieder verlassen. Alle Bestrebungen, sie immer wieder aufzugreifen, sind vergebens gewesen.

In den Jahren vor dem Weltkriege wurden auch in Deutschland eine Reihe von Vorrichtungen durchgeprüft, die jedoch nur optisch oder akustisch dem Lokomotivführer von der Stellung des nächsten Signals Kenntnis gaben, aber nicht auf die Bremse des Zuges wirkten[2]). Man ging von der ganz richtigen Ansicht aus, daß die Übertragungsmittel erst einmal gründlich erprobt werden mußten, ehe man weitergehende Entschlüsse fassen konnte.

Englische und französische Bahnen führten jedoch auf Grund ihrer eingehenden Versuche verschiedenartige Vorrichtungen ein, wohl mehr gezwungen durch die öffentliche Meinung als auf Grund der inneren Überzeugung. Einen kräftigen Anstoß für weitere Beschäftigung mit der Frage gaben erst die Amerikaner, die durch die sogenannte „Train order" der Interstate Commerce Commission vom 13. Juni 1922 der ganzen Frage eine feste Form gaben[3]). Durch diese Verordnung wurden 92 Bahnen gezwungen, auf einer bestimmten Strecke ihres Netzes eine Zug- oder Geschwindigkeitsüberwachung nach eigener Wahl einzuführen und alle auf der Strecke laufenden Lokomotiven damit auszurüsten. Die Verordnung sagt nicht, ob wirklich die Gefahren ausschlaggebend für die Herausgabe waren. Denn so schlimm, wie es die Verordnung schildert, sind selbst die amerikanischen Verhältnisse nicht[4]).

Deutsche Statistiken stehen mir nicht zur Verfügung. Nach dem Geschäftsbericht der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft über das Geschäftsjahr 1925 waren 6,9 vH aller Unfälle auf Zusammenstöße zurückzuführen. Die Zahl der bei diesen Zusammenstößen getöteten oder verletzten Personen geht aus der Aufstellung nicht hervor. Nach einer Aufstellung von Couvé[5]) sind im Jahre 1921 von 359 Zusammenstößen und Entgleisungen 83 Fälle, also 23 vH der 359 Fälle auf Verschulden der Lokomotivbesatzung zurückzuführen. In 23,7 vH dieser 83 Fälle hat die Lokomotivbesatzung bei der Beobachtung der Signale und der Strecke versagt. Da sich aber nach dem Geschäftsbericht im Jahre 1925 die Zusammenstöße zu den Entgleisungen wie 1 : 2 verhalten, so sind die Fälle, bei denen die Zugüberwachung einen wesentlichen Vorteil hat, sehr gering an Zahl. Wenn man aber anderseits bedenkt, daß so schwere Unfälle der letzten Jahre, wie z. B. die Zusammenstöße von Herne und München, durch sie hätten vermieden werden können, so erscheint die Absicht unsrer maßgebenden Signalfachleute wohl begründet, unsern zweifellos hochentwickelten Sicherungseinrichtungen neue weitergehende Sicherungsmittel beizugeben.

Man muß sich indessen klar sein, daß die Einführung der Zugbeeinflussung die Verminderung der Gefahren auf unsern Bahnen nur in dem vorher angegebenen Ausmaße herbeiführen kann. Die Zugbeeinflussung ist eben kein Allheilmittel. Eine derartige Vorrichtung kann nur den Zweck haben, solche Unfälle (und zwar Zusammenstöße) zu vermeiden, die auf ein Versagen des Personals, auf einen Irrtum in bezug auf die Stellung der Signale zurückzuführen sind. Im allgemeinen aber entstehen Zusammenstöße aus folgenden Ursachen: Fehler in der Bremse, Signalstörungen, Verstöße des Personals gegen die Vorschriften und Befehle und Fehler in der Beobachtung der Signale.

Selbstverständlich scheiden die Bremsstörungen vollkommen aus, da ihnen mit den Zugbeeinflussungen nicht beizukommen ist. Störungen, bei denen das Signal auf Fahrt stehen bleibt, sind so selten, daß Zusammenstöße kaum auf diesen Grund zurückzuführen sein dürften, besonders, wenn, wie auf den deutschen Bahnen einheitlich, zwischen den Signalen Folgeabhängigkeit besteht, d. h. wenn ein Signal erst auf Fahrt gehen kann, sobald das nächste in die Haltlage zurückgegangen ist. Auch die Zusammenstöße, die auf Verstößen gegen die Vorschriften beruhen, werden zum größten Teil nicht durch die Vorrichtungen zu beseitigen sein. Es bleiben nur solche Fälle übrig, die in ungünstigen Witterungsverhältnissen, Rauch, schlechter Sichtbarkeit der Signale, Streckenunkenntnis, Ablenkung der Führer oder ihrem physischen Versagen begründet sind. Fehler, die darauf beruhen, daß ein Signal unbeachtet bleibt, obwohl es erkannt und verstanden wird, sind sehr selten.

Alle andern Arten von Unfällen scheiden vollkommen aus, wie z. B. Beschädigungen des Bahnkörpers und der Gleise, Hindernisse auf der Fahrbahn, Zusammenstöße bei geringer Fahrgeschwindigkeit.

Die Möglichkeit der Zugüberwachung

Ehe auf die Zugüberwachung näher eingegangen wird, ist eine Vorbetrachtung über das Verhältnis der vorhandenen Signalanordnungen zu ihr notwendig. Die meisten Signalordnungen kennen theoretisch nur die Begriffe des absoluten Signals, eines Signals, das unbedingt Halt gebietet. Praktisch ist diese Bestimmung durch be-

[1]) „Railway Signaling" Bd. 15 (1922) S. 426.
[2]) Hoogen, „Stellwerk" Bd. 9 (1914) S. 177.
[3]) „Railway Signaling" Bd. 15 (1922) S. 256.
[4]) „Railway Signaling" Bd. 20 (1927) S. 30.
[5]) Couvé, Die Psychotechnik im Dienste der Deutschen Reichsbahn, Berlin 1925, S. 23.

sondere Zusatzvorschriften soweit eingeschränkt, daß man von absoluten Signalen eigentlich nicht mehr sprechen kann. Man unterscheidet Signale, die Weichen decken, und solche, die am Anfang von Blockstrecken stehen, in denen keine Weichen vorhanden sind. Nach den erwähnten Einschränkungsvorschriften ist es zulässig, daß der Zugführer Signale, die aus irgendeinem Grunde, sei es infolge von Signalstörungen oder weil der vorliegende Blockabschnitt noch irgendwie besetzt ist, auf Halt liegen, unter gewissen Vorsichtsmaßnahmen überfahren darf. Man gibt dem Führer, der vor einem auf Halt liegenden Signal zum Stehen gekommen ist, entweder schriftlich oder mündlich einen Befehl, an dem Signal trotz der Haltstellung vorbeizufahren und dann mit verminderter Geschwindigkeit über die gestörte oder besetzte Strecke zu fahren, so daß er jederzeit in der Lage ist, vor einem auftretenden Hindernis zu halten. Decken die Signale Weichen, so ist es selbstverständlich, daß den Auftrag zum Überfahren eines solchen Signals nur der erteilen kann, der über die Stellung der Weichen, die der Zug befährt, unterrichtet ist; denn man kann dem Führer nicht zumuten, trotz langsamer Fahrt die richtige Stellung der Weichen zu erkennen, noch kann der Führer wissen, ob die Weichen während der Zugfahrt nicht umgestellt werden.

Anders liegt der Fall bei den Signalen, die keine Weichen decken, also bei den einfachen Blocksignalen. Hier steht nichts im Wege, daß der Führer unter entsprechender Vorsicht ein derartiges Signal überfährt, nachdem er sich von der Haltstellung überzeugt hat. Es ist nicht notwendig, daß ein Beamter der Strecke bei der Befehlsübermittlung mitwirkt, was unter Umständen, wenn selbsttätige Signale vorhanden sind, überhaupt nicht möglich ist. Auf die Forderungen der deutschen Vorschriften, daß der Zugschluß unter allen Umständen beobachtet werden muß, wird man nach Einführung der durchgehenden Bremse bei allen Zuggattungen verzichten können.

Falls die Streckenkenntnis des Führers nicht so weit geht, daß er die verschiedene Bewertung der Signale im Gedächtnis haben kann, muß man nach dem Vorbild der Amerikaner zwei verschiedene Signalformen einführen. Der Führer weiß dann stets, wie er sich den Signalen gegenüber zu verhalten hat.

Kommt man zu der Erkenntnis, daß es im Sinne der Leistungssteigerung einer mit Zugüberwachung ausgerüsteten Strecke liegt, wenn Blocksignale überfahren werden dürfen, so ist vor allem die Frage zu entscheiden, ob ein Zug, der auf ein Haltsignal trifft und dessen Führer die Gefahrstellung als solche richtig erkannt hat, halten soll oder ob er ohne zu halten weiterfahren darf, nachdem er die Geschwindigkeit auf eine dem Gefahrzustand entsprechende verringert hat. Man findet, daß es ganz gleichgültig ist, ob der Zug hält oder nicht, wenn nur dafür gesorgt wird, daß der Zug im Gefahrenabschnitt die vorgeschriebene verminderte Geschwindigkeit beibehält und sie nicht etwa überschreitet. Die einfache F a h r s p e r r e, in welcher Form sie auch erscheint, löst die Schwierigkeit natürlich nicht. Ob der Blockwärter nach dem Halten des Zuges einen mündlichen oder schriftlichen Befehl zur Weiterfahrt erteilt, nachdem der Führer die Einwirkung der Fahrsperre beseitigt hat, ist belanglos, eine solche Mitwirkung erschwert nur den Zugbetrieb bei Störungen und gibt zu Verspätungen Anlaß. Man kann auch durch andre Mittel feststellen, ob der Führer die Haltstellung erkannt und darauf richtig gehandelt hat.

Will man aber erzwingen, daß der Führer auch die vorgeschriebene Geschwindigkeit einhält, so muß man die Vorrichtung im Sinn einer Geschwindigkeitsüberwachung erweitern, was selbstverständlich die Anlage verwickelter und dementsprechend kostspieliger macht. Man kann diese Geschwindigkeitsüberwachung in drei Richtungen ausbauen, erstens so, daß man ganz allgemein eine bestimmte Höchstgeschwindigkeit ganz ohne Rücksicht auf Signale nicht überschreiten läßt, zweitens so, daß man den Führer verhindert, im Gefahrenabschnitt eine vorgeschriebene Geschwindigkeit zu überschreiten, drittens so, daß man die Fahrgeschwindigkeit eines Zuges schon vor dem Haltsignal auf die vorgeschriebene Geschwindigkeit herabsetzt.

Erweitert man die Vorrichtung in diesem Sinne, so wird ein Halten am Haltsignal ganz unnötig. Dann wird auch der häufig gehörte Einwand hinfällig, daß „starke Steigungen hinaufkeuchende Güterzüge" durch eine derartige Vorrichtung zum Halten gebracht werden. Selbstverständlich müssen Maßnahmen getroffen werden, daß die Zeit zur Einhaltung der geringen Geschwindigkeit nicht zu sehr ausgedehnt wird, was bei langen Blockstrecken, wie wir sie in Deutschland auf den Fernstrecken im allgemeinen haben, zu unerträglichen Verspätungen Anlaß geben könnte. Der Grund, der die Haltlage des Signals bedingte, kann nämlich schon kurz nach dem Überfahren des Signals hinfällig werden, so daß eine Weiterfahrt mit verringerter Geschwindigkeit unnötig wird. Man muß daher die Blockstrecken verkürzen, was wegen der Vermehrung der Signale bei handbedienten Signalen natürlich sehr unwirtschaftlich wird, oder aber Maßnahmen treffen, die dem Führer rechtzeitig Kenntnis von der Änderung des Streckenzustandes geben.

Aber selbst nach Einführung der Geschwindigkeitsüberwachung liegt theoretisch kein Hinderungsgrund für einen unachtsamen Führer vor, daß er auch bei langsamer Fahrt einen Unfall verursacht.

Das Halten am Signal kann vermieden werden, wenn die Sicherheit vorhanden ist, daß der Lokomotivführer die Stellung des Signals richtig erkannt und die entsprechenden Maßnahmen ergriffen hat, d. h. daß er die Geschwindigkeit erheblich vermindert hat. Damit man nun eine Kontrolle hat, daß der Führer wirklich die Stellung erkannt und ohne eine selbsttätige Einwirkung auf die Bremse den Zug selbst abgebremst hat, kann man eine mit einem Zählwerk versehene Vorrichtung, den sogenannten W a c h s a m k e i t s h e b e l einführen. Der Führer kann durch Umlegen dieses Hebels der selbsttätigen Bremsung eines Zuges zuvorkommen, wenn er gleichzeitig durch Bedienen des Führerbremsventils die Geschwindigkeit seines Zuges herabsetzt. Unterläßt er nach Überfahrt des Haltsignals das Zurücklegen des Hebels, so tritt nach einer gewissen Zeit selbsttätige Bremsung ein. Diese Maßnahme ist deshalb getroffen, damit der Führer durch Festbinden des Hebels nicht die ganze Anlage außer Betrieb setzt. Allerdings ist hier trotz alledem die Gefahrenmöglichkeit nicht ganz ausgeschaltet. Legt der Führer den Wachsamkeitshebel zurück und bedient er die Bremse nicht genügend, so kann, wenn nicht eine Geschwindigkeitsüberwachung vorhanden ist, wie ein am 16. November 1926 in Fort Wayne in Amerika stattgefundener Zusammenstoß zeigt, noch ein Unfall eintreten[6]).

Grundzüge der Überwachung fahrender Züge

Es bestehen nun folgende Einrichtungen, die es ermöglichen, auf den fahrenden Zug einzuwirken:

1. Zughaltevorrichtungen,
2. Zugüberwachungseinrichtungen,
3. Zugüberwachungseinrichtungen mit Geschwindigkeitsreglung.

Der Fall 1 ist auch unter dem Namen Fahrsperre bekannt, er bedeutet ein völliges Halt für den Zug. Er wird jedoch gewöhnlich mit dem Fall 2 vereinigt, da es, wie wir gesehen haben, ein vollständiges Halt im allgemeinen nicht mehr gibt.

In Abb. 1 bis 4 werden diese Fälle erläutert[7]). Die Bremsverzögerungen sind beliebig angenommen, aber der Zuggattung — Personen- oder Güterzug — entsprechend abgestuft. In Abb. 1 bis 4 ist A der Punkt, wo die Fahrsperre oder die Zugüberwachungseinrichtung zu wirken beginnt, auf Bremsentfernung vom Hauptsignal angenommen. Das wäre, auf unsre Verhältnisse übertragen, der Standort des Vorsignals. Ob dieser Punkt als günstig zu bezeichnen ist, sei einstweilen dahingestellt. In Abb. 1 ist die einfache Fahrsperre dargestellt. Bei Einwirkung

[6]) „Railway Signaling" Bd. 20 (1927) S. 16.
[7]) „Railway Signaling" Bd. 16 (1923) S. 157 u. .

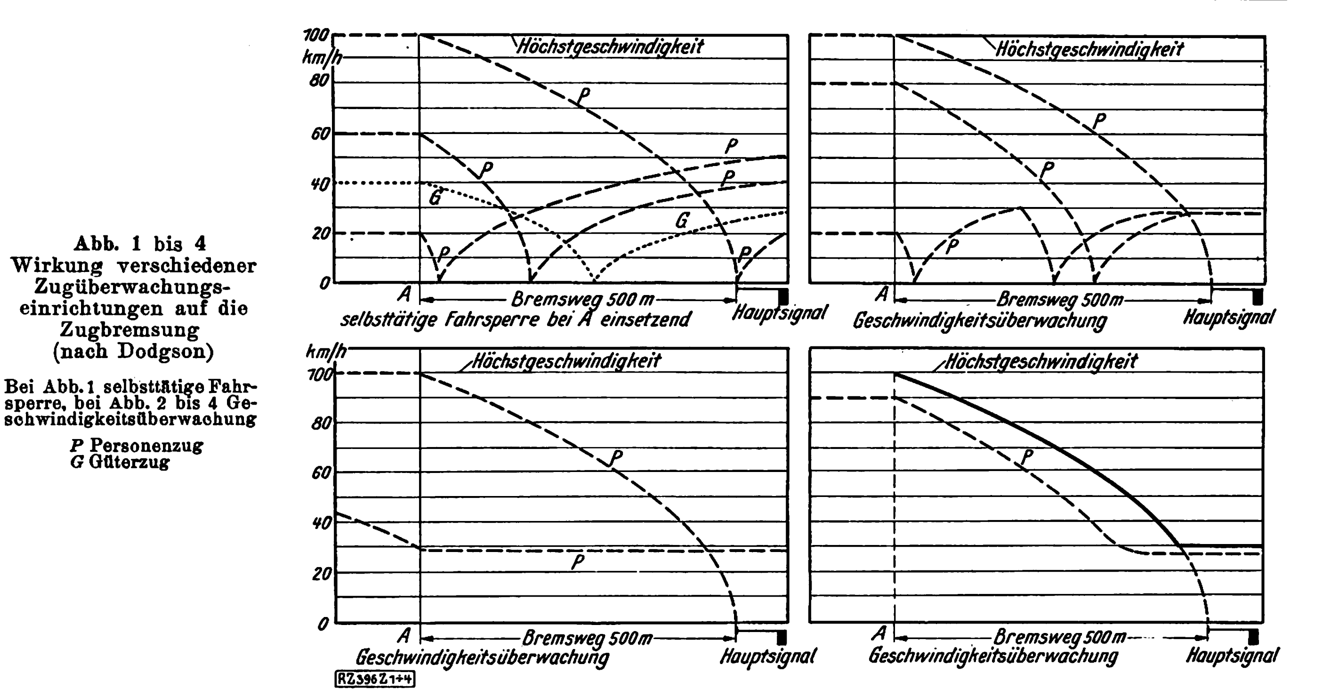


Abb. 1 bis 4
Wirkung verschiedener Zugüberwachungseinrichtungen auf die Zugbremsung (nach Dodgson)

Bei Abb. 1 selbsttätige Fahrsperre, bei Abb. 2 bis 4 Geschwindigkeitsüberwachung

P Personenzug
G Güterzug

der Zugüberwachungseinrichtung kommt der Zug vor dem auf Halt stehenden Signal zum Halten. Hat der Führer keinen Wachsamkeitshebel, so muß er zuerst zum Beseitigen der Fahrsperre halten, und wenn er dann ohne weiteres das auf Halt stehende Signal nicht überfahren darf, so wird ein weiterer Aufenthalt die Folge sein, was die Fahrzeit natürlich unnötig verlängert. Hierzu kommt noch, daß man die Entfernung des Bremspunktes nach dem längsten an der Stelle vorkommenden Bremsweg bestimmen muß.

Bei den städtischen Schnellbahnen spielt dieser Umstand keine Rolle, weil infolge der Gleichartigkeit der Zuggattungen alle Züge denselben Bremsweg haben. Schwierig wird es erst auf Vollbahnen, wo den verschiedenen Zuggattungen entsprechend alle möglichen Bremswege vorkommen können. Abb. 1 verdeutlicht dies. Der mit 100 km/h fahrende Personenzug wird, wenn die Fahrsperre bei *A* wirkt, am Signal zum Halten kommen, während der nur mit 60 km/h fahrende Zug gleicher Gattung bereits auf eine größere Entfernung vor dem Signal hält. Bei dem Zuge mit 20 km/h Geschwindigkeit ist es noch ungünstiger. Die Bremswege betragen nach Abb. 5, Schaulinie *b*, für die eben angezogenen Fälle etwa 500, 180 und 40 m[8]). Der am langsamsten fahrende Zug würde etwa 460 m vom Standort des Signals zum Halten kommen, wenn man 500 m ohne Rücksicht auf verschieden wirkende Bremsen als höchste Bremsentfernung ansieht. Macht man noch Sicherheitszuschläge auf die Entfernung des Bremspunktes vom Signal, so wird der Zustand viel ungünstiger. Ein voll beladener Güterzug mit 33 vH Bremsachsen würde nach Abb. 5, Schaulinie *d*, bei der in Abb. 1 angenommenen Geschwindigkeit von 40 km/h einen Bremsweg von etwa 280 m haben, also auch 220 m vor dem Signal zum Halten kommen. Man könnte nun vorschreiben, daß ein durch die Fahrsperre gestellter Zug so lange liegen bleibt, bis das vor ihm liegende Signal auf Fahrt geht, oder aber es dürfen die auf größere Entfernung gestellten Züge an das Signal heranfahren, wenn es endgültig ist, oder ohne weiteres, wenn es bedingt ist, darüber hinausfahren. Theoretisch denkbar wäre es, daß der Führer des gestellten Zuges das absolute Haltsignal jetzt überfährt, eine Möglichkeit, dies zu verhindern, gibt es nicht. Ist das Signal aber bedingt, so ist keine Vorrichtung vorhanden, die es verhindern könnte, daß der Führer am Signal eine Geschwindigkeit erreicht, die nach den Vorschriften unzulässig ist.

Will man annähernd gleiche Bremswege erzielen, um die Züge ungefähr an derselben Stelle vor dem Haltsignal zum Stehen zu bringen, so müssen sämtliche verschiedenen

[8]) Nach Unterlagen der Firma Knorr-Bremse A.-G., Berlin-Lichtenberg.

Abb. 5
Bremsung bei der Kunze-Knorr-Bremse

a Zuggewicht 838 t, Bremse *S* Absperrhahn in Stellung I,
b „ 1023 t, „ *P* „ „ III
c Bremse *G*, unbeladener Güterzug von 860 t,
d „ „, vollbeladener „ „ 1750 t,
bei *c* und *d* ein Drittel aller Wagen gebremst.

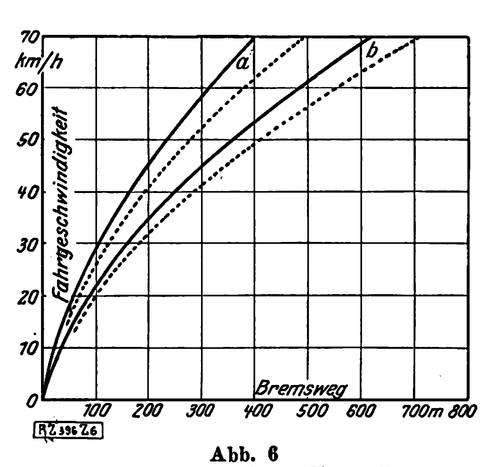


Abb. 6
Bremsung bei der Kunze-Knorr-Bremse, 120 Achsen, zwei Lokomotiven, Güterzugbremse

a alle Wagen gebremst,
b ein Drittel der Wagen gebremst,
——— Zuggewicht (leere Wagen) 860 t,
- - „ (belastete Wagen) 1750 t



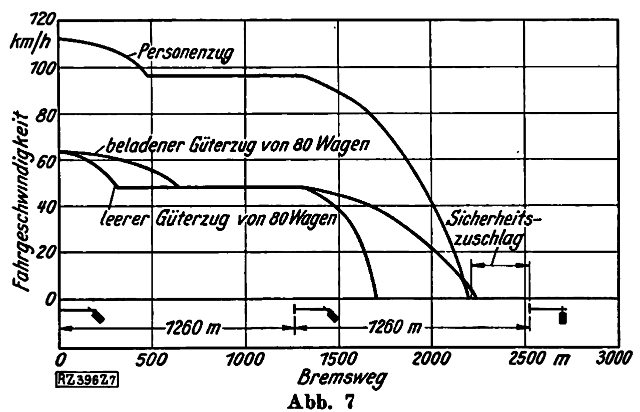


Abb. 7
Bremswege bei der Westinghouse-Bremse

Zuggattungen vorher auf Geschwindigkeiten gebracht werden, die ungefähr gleiche Bremswege ergeben. Nehmen wir z. B. einen Bremsweg von 400 m (wozu noch ein Sicherheitszuschlag käme), so könnte nach Abb. 5 und 6 ein Schnellzug am Bremspunkt etwa 97 km/h haben, ein Personenzug 89 km/h, ein vollbeladener Güterzug 62 km/h, ein leerer Güterzug 70 km/h, wenn alle Wagen gebremst werden, jedoch ein vollbeladener Güterzug 49 km/h, ein leerer Güterzug 53 km/h, wenn nur ein Drittel der Wagen gebremst sind. Diese Werte sind nach Unterlagen der Knorr-Bremse berechnet.

In Abb. 7 sind diese Verhältnisse für die Westinghouse-Bremse nach amerikanischen Angaben dargestellt. Will man ganz sicher sein, daß diese Geschwindigkeiten auch wirklich erzielt werden, so muß man einen Zusatzbremspunkt einführen. Dieser Zusatzbremspunkt — es handelt sich hier um kurze Blockstrecken — liegt bei dem linken Signal, und der eigentliche Gefahrbremspunkt am mittleren unmittelbar vor dem Haltsignal stehenden Signal. Es sei dahingestellt, ob die vorhandenen Bremssysteme eine derartige Beeinflussung gestatten. Im allgemeinen werden sich die Bremsen, wenn sie selbsttätig zum Ansprechen gebracht werden, nicht wieder so schnell lösen, daß die dargestellte Fahrlinie herauskommt. Für jede Zuggattung, jedes Zuggewicht und für die Anteile der Bremsachsen muß die Druckverminderung auf der Lokomotive besonders einstellbar sein, was die Einrichtung sehr verwickelt macht.

Soll diesen Forderungen der Geschwindigkeitsüberwachung Rechnung getragen werden, so muß die einfache Zugüberwachung in dieser Richtung erweitert werden. Man kann hier drei Fälle unterscheiden, Abb. 2 bis 4. Die Güterzüge sind hier fortgelassen, da sie das Endergebnis nicht beeinflussen. Vorrichtungen, die nach der Anordnung in Abb. 2 arbeiten, bringen zwar alle Züge, gleichgültig mit welcher Geschwindigkeit sie den Bremspunkt überfahren, zum Halten, soweit sie nicht einen Wachsamkeitshebel haben; sie verhindern jedoch, daß nach dem Halten der Zug eine bestimmte Geschwindigkeit — in unserm Beispiel eine Geschwindigkeit von 30 km/h — überschreitet. Geschieht dies doch, so wird der Zug von neuem abgebremst.

Das Bremsen bis zum Stillstand bei Zügen, die am Bremspunkt bereits die vorgeschriebene Geschwindigkeit von 30 km/h haben, ist unnötig und verzögert nur. Vorrichtungen nach Abb. 3 entsprechen diesen Forderungen. Abgebremst werden nur Züge, die eine höhere Geschwindigkeit als 30 km/h am Bremspunkt haben und solche, die etwa hinter dem Bremspunkt die vorgeschriebene Geschwindigkeit überschreiten.

Eine noch günstigere Lösung wäre eine Vorrichtung nach Abb. 4. Hier ist als Begrenzung eine Bremslinie für die höchste vorkommende Geschwindigkeit zugrunde gelegt. Die Vorrichtung wirkt nur bei solchen Zügen, die die Grenzlinie (dick ausgezogen) zu überschreiten versuchen. Fährt ein Zug entsprechend der gestrichelten Linie, so wird nicht selbsttätig gebremst.

Die Anwendung der Geschwindigkeitsüberwachung bei dreistelligen Signalen ergibt sich aus Abb. 8 bis 10. Man hat in Amerika die dreistelligen Signale „Halt", „Vorsicht" und „Frei" bei kurzen Blockstrecken eingeführt. Werden nämlich die Abschnitte so kurz, daß das Vorsignal des nächsten Hauptsignals sich mit dem Hauptsignal des rückliegenden Abschnitts am gleichen Standort befindet, so kann man leicht die beiden Signale zu einem Signalbild vereinigen, Abb. 11. Ein Zug ist dann nicht allein durch ein Haltsignal gedeckt, sondern bereits am Anfang des rückliegenden Abschnitts wird der Führer durch ein Vorsichtsignal darauf aufmerksam gemacht, daß er am nächsten Signal ein „Halt' zu erwarten hat. Bei bedingten Signalen kann dieser Vorsichtsabschnitt mit wesentlich höherer Geschwindigkeit befahren werden, als der Gefahrenabschnitt, vorausgesetzt nur, daß der Zug am Haltsignal die hierfür vorgeschriebene Geschwindigkeit erreicht hat. Selbstverständlich bieten die dreistelligen Signale nur dort Vorteile, wo, wie erwähnt, kurze Blockstrecken vorhanden sind. Bei den bei uns üblichen langen Abschnitten würden unerträgliche Verspätungen entstehen, wenn die Züge gezwungen würden, diese Vorsichtsabschnitte langsam zu befahren, besonders wenn kurz nach Einfahrt in den Vorsichtsblock der Grund zur Langsamfahrt bereits behoben ist, d. h. das nächste Signal bereits auf Fahrt gegangen ist.

Jetzt sind auch Abb. 8 bis 10 ohne weiteres verständlich; sie stellen verschiedene Arten der Zugbeeinflussung bei dreistelligen Signalen dar. In Abb. 8 muß der Zug bereits am Punkt A vor dem Signal in Vorsichtstellung die Geschwindigkeit erreicht haben, die für die Fahrt durch den Block bei dieser Signalstellung vorgeschrieben ist, während dies für Vorrichtungen nach Abb. 9 und 10 nicht nötig ist. Im Falle nach **Abb. 9** tritt eine selbsttätige Bremsung ein, wenn der Zug eine beim Vorsichtsignal beginnende Begrenzungslinie (die Bremslinie) überschreitet. Die Begrenzungslinie geht dann in eine Wagerechte bei der zulässigen für den Vorsichtsblock vorgeschriebene Mittelgeschwindigkeit über und stößt auf eine neue Grenzlinie, deren Endpunkt am Haltsignal liegt. Am Schnittpunkt der zweiten Grenzlinie mit der Mittel-Geschwindigkeitsbegrenzung bei B liegt dann der Bremspunkt für „Niedrige Geschwindigkeit" oder „Halt", je nachdem das Signal absolut oder bedingt ist.

Während im Falle von Abb. 8 eine **starke** Beeinflussung in der Leistungsfähigkeit der Bahn eintritt, die bereits im Falle von Abb. 9 geringer wird, ist sie theoretisch im Falle von Abb. 10 fast ganz vermieden. Durch

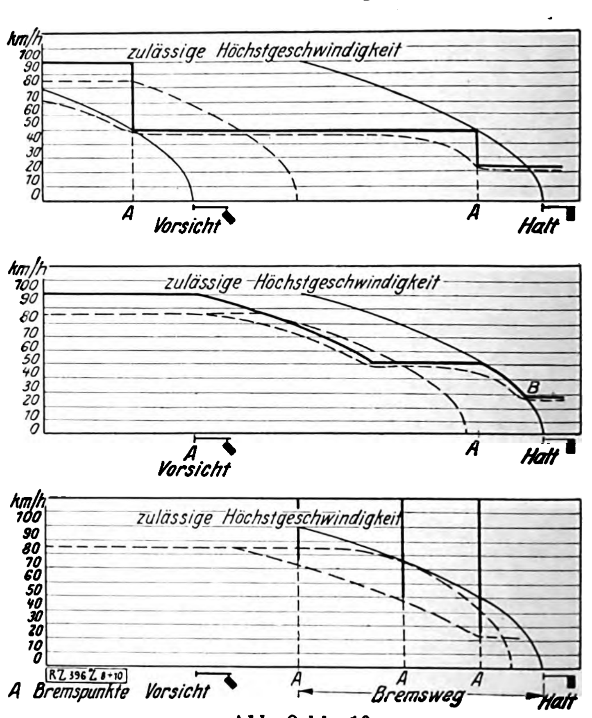


Abb. 8 bis 10
Wirkung verschiedener Zugüberwachungseinrichtungen auf das Zugbremsen (nach Dodgson)



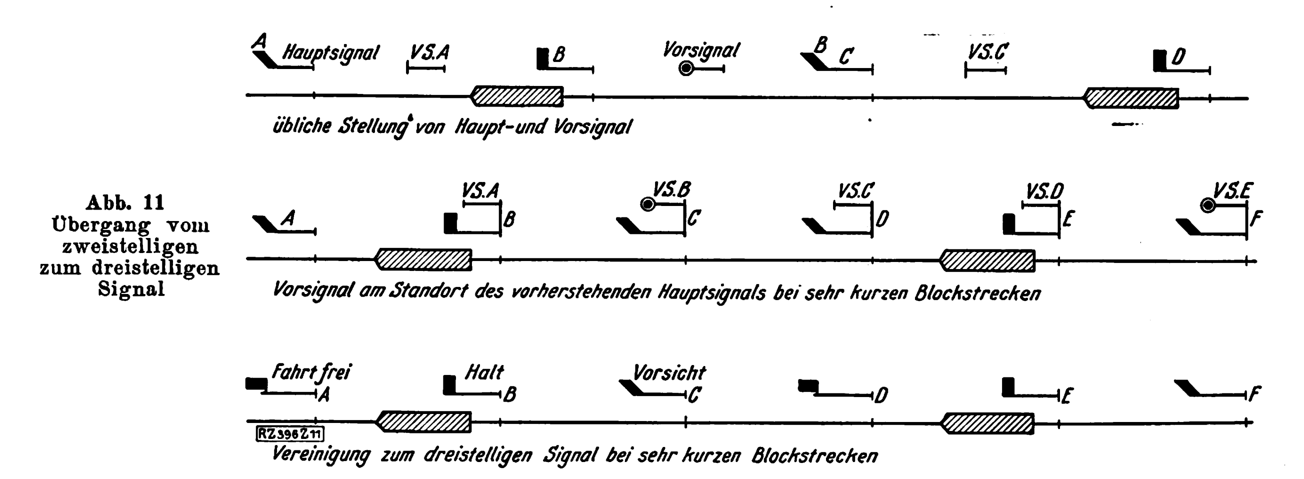


Abb. 11 Übergang vom zweistelligen zum dreistelligen Signal

die verschiedenen Bremspunkte wird eine annähernd der Bremslinie entsprechende Geschwindigkeitsverminderung erzielt. Ist die Geschwindigkeit des Zuges beim Eintreffen in einem der Bremspunkte zu groß, so wird der Zug auf die entsprechende vorgeschriebene Geschwindigkeit abgebremst, falls nicht Vollbremsung eintritt.

Bei allen bisher besprochenen Anordnungen liegt der Bremspunkt auf Bremslänge vor dem Signal. Für die Zugdichte ist es ganz gleichgültig, wo die Bremspunkte liegen, vorausgesetzt, daß die Signale auf „Fahrt“ stehen. Die Lage des Bremspunktes muß aber bezeichnet werden, damit der Führer ein Überfahren des Bremspunktes und ein selbsttätiges Auslösen der Bremse vermeiden kann. Es wurde vorgeschlagen, daß das Vorsignal, das gewöhnlich auf Bremsentfernung vom Hauptsignal steht, die Lage des Bremspunktes bezeichnen soll. Unter den jetzigen Verhältnissen fährt ein Führer scharf an das Vorsignal heran, und, wenn er es in Warnstellung vorfindet, bedient er die Bremse. Legt man aber den Zwangsbremspunkt an den Standort des Vorsignals, so muß man auf Bremsentfernung vor dem Vorsignal dem Führer bereits die Stellung des Vorsignals bekanntgeben, damit eine Zwangsbremsung vermieden wird; denn die Zwangsbremsung muß unter allen Umständen eine Notmaßnahme sein. Der Führer wird also, wenn er rechtzeitig von der Stellung des Vorsignals benachrichtigt wird, vor ihm halten und dort den Wechsel abwarten, damit er nicht noch einmal am Hauptsignal zum Stehen kommt. Das eigentliche Hauptsignal wird dadurch hinfällig und könnte verschwinden, das Vorsignal wird zum eigentlichen Hauptsignal.

Man kann nun auch den Bremspunkt an das Signal selbst legen. In jedem Falle muß erreicht werden, daß eine Schutzstrecke zwischen dem Bremspunkt und dem Zugschluß des vorhergegangenen Zuges vorhanden ist. In diesem Falle muß diese Schutzstrecke über das Signal hinausgelegt werden, oder mit andern Worten, die Blockstrecke muß eine Überlappung aufweisen. Das rückliegende Signal kann nicht eher auf Fahrt gehen, ehe nicht diese Schutzstrecke von dem vorhergegangenen Zuge geräumt ist. Hält aus irgendeinem Grunde der vorhergegangene Zug nach Räumung der Schutzstrecke, so muß der nächste Zug, wenn er aus Unachtsamkeit das deckende Haltsignal überfährt, durch die Überwachungseinrichtung gestellt werden, ehe er den vorhergegangenen Zug erreicht hat. Diese Anordnung bietet große Vorteile, weil die Stellung des Bremspunktes eindeutig bestimmt ist. Der Lokomotivführer braucht nur dort zu halten, wo er zu halten gewohnt ist, d. h. am Signal selbst. Die Anordnung hat aber den Nachteil, daß bei Bahnhöfen mit Weichen das Einfahrtsignal um die Schutzstrecke herausgeschoben werden muß, was die Stationszeit verlängert. Außerdem ist es für den Führer, dessen Zug durch die Vorrichtung zum Halten gekommen ist, oft schwer, nach rückwärts die Stellung des eben überfahrenen Signals zu erkennen. Ist das Signal nicht bedingt, d. h. darf er nicht nach einer bestimmten Zeit ohne weiteres seine Fahrt fortsetzen, so geht bei langen Überlappungen viel Zeit verloren.

Es gibt noch eine dritte Möglichkeit: das Vorsignal auf Bremsentfernung vor dem Bremspunkt aufzustellen, der wiederum auf eine weitere Bremsentfernung einschließlich Sicherungszuschlag vom Hauptsignal entfernt ist. Das zweimalige Halten wird dabei allerdings auch nicht vermieden, abgesehen davon, daß das Vorsignal auf eine übermäßig große Entfernung vom Hauptsignal stehen würde. Kann der Führer das Hauptsignal vom Vorsignal aus nicht übersehen, so kann das Hauptsignal trotz der Warnstellung des Vorsignals bei der Vorbeifahrt bei diesem längst auf Fahrt gegangen sein, ohne daß der Führer es bemerkt hat. Er wird also unnötigerweise am Bremspunkt halten, dem er nicht ansehen kann, ob er in Sperrstellung steht oder nicht. Solange wir noch Flügelsignale mit ihrer großen Bauhöhe verwenden, wird man im allgemeinen vom Vorsignale aus das Hauptsignal erkennen können. Führen wir aber Lichtsignale ein, deren Eigenschaften eine niedrige Lage verlangen, so wird man zwangsmäßig zu dem Bremspunkt am Hauptsignal geführt.

Bei allen diesen Anordnungen wurde stillschweigend vorausgesetzt, daß Zwangsbremsung vorhanden ist. Wie bereits oben erwähnt, sind sich die Fachleute über die Frage noch nicht einig, ob es wirklich notwendig ist, die Beeinflussung auf die Bremse auszudehnen. Auch die neueren deutschen Versuche lassen es noch ungewiß, ob man sich dem amerikanischen Beispiele anschließen soll.

In der Praxis ist die Entscheidung, ob man Zwangsbremsung verwenden soll oder nicht, eine reine Frage der konstruktiven Durchbildung der Bremsen und ihrer Leistungsfähigkeit. Die zweckmäßige Einstellung der Bremse durch den Führer kann niemals durch eine Fremdauslösung erreicht werden. Der Führer stuft, um ein Auflaufen der Wagen zu vermeiden, besonders beim Beginn der Bremsung leicht ab. Nach Art der Züge, ihrer Länge, ihrem Gewicht und ihrer Geschwindigkeit muß die Bremsbedienung verschieden sein. Eine abgestufte Bremsbedienung verlängert zwar den Bremsweg gegenüber einer Schnellbremsung, aber bei steigender Zuglänge wächst die Notwendigkeit, die Bremszeit zu vergrößern, damit die Stöße im Zuge vermieden und die Zeitunterschiede im Ansprechen der Bremsen in den einzelnen Fahrzeugen verringert werden.

Bei Personenzügen sind im allgemeinen, da das Verhältnis der Zahl der Bremsachsen zur Gesamtachsenzahl des Zuges stets dasselbe und gewöhnlich sehr hoch ist, die Bremswege wenig verschieden, während bei Güterzügen die Unterschiede sehr beträchtlich sein können. Bei ihnen wird der Bremsweg mit wachsender Zuglänge, steigendem Zuggewicht und Verminderung der Bremsachsenzahl schneller steigen als bei Personenzügen.

Im allgemeinen wird wohl jedesmal durch eine mechanische Betätigung eine Vollbremsung zustande kommen. Würde man wirklich eine solche Bremse konstruieren können, bei der eine mechanische Betätigung derjenigen durch den Führer gleicht, so brauchte man diese Stufenbetätigung nur bei Güterzügen vorzusehen.

Augenblicklich sind aber die Bremsen noch nicht so weit entwickelt, daß den Forderungen von Abb. 1 bis 4 und 8 bis 10 zu genügen sein wird. In Wirklichkeit werden die Geschwindigkeitsdiagramme eines Zuges ganz anders aussehen. Ein vorsichtiger Führer wird stets vermeiden, an die Grenzlinie zu nahe heranzugehen, um sich nicht der Gefahr eines fortgesetzten Haltens auszusetzen. Die Beeinflussung des Fahrplans durch die Zug- und Geschwindigkeitsüberwachung wird sich daher häufig unangenehm bemerkbar machen.

Die Vorrichtungen der Zugüberwachung

Das Ziel, eine Wirkung auf einen fahrenden Zug auszuüben, ist nun auf verschiedenem Wege zu erreichen. Hier sollen alle Konstruktionen unberücksichtigt bleiben, die Druckluft, Dampf oder den Schall als Übertragungsmittel verwenden. Auch die Beeinflussung durch elektrische Wellen soll nicht besprochen werden. Derartige Vorschläge sind häufig recht geistreich erdacht, aber teilweise beruhen sie auf falschen Voraussetzungen, oder aber die Störungsmöglichkeiten sind bei dem heutigen Stand der Technik noch zu groß, als daß sie mit den bereits ausgebildeten Vorrichtungen in ernsten Wettbewerb treten können. Die vorhandenen Vorrichtungen zerfallen in folgende Untergruppen[9]):

Art der Überwachung	Art der Übertragung	Art der Ausführung
(I) Punktüberwachung	(A) Mit Berührung	(1) Rein mechanischer Anschlag (2) Elektrisch überwachter mechanischer Anschlag (3) Unterbrochener elektrischer Kontakt
	(B) Ohne Berührung	(1) Durch Induktion (2) Durch einen an sich stromlosen Geber (3) Durch eine unmagnetische Schiene
(II) Fortlaufende Überwachung	(A) Mit Berührung	(1) Durch dritte Schiene oder besonderen Leiter
	(B) Ohne Berührung	(1) Durch Induktion

Es dürfte zu weit führen, hier alle Konstruktionen aufzuführen; ich will nur die wichtigsten besprechen. Bei den Vorrichtungen nach (I, A) findet eine Berührung zwischen ortfesten Teilen und solchen am Zuge statt. Es muß also ein Teil in das Profil des andern ragen, was zu Unzuträglichkeiten geführt hat. Bei den Versuchen hat es sich oft herausgestellt, daß Teile der Streckenausrüstung durch Verschieben der Ladung abgerissen worden sind. Außerdem sind bei hohen Geschwindigkeiten Konstruktionen, die durch einen Anschlag betätigt werden, häufig nicht verwendbar. Bei städtischen Schnellbahnen mit den verhältnismäßig geringen Geschwindigkeiten können sie allenfalls noch zugelassen werden, bei den im Vollbahnbetriebe vorkommenden Geschwindigkeiten sind sie den mechanischen Beanspruchungen nicht gewachsen.

Die am meisten verbreitete Konstruktion einer einfachen Fahrsperre nach (I, A 2) ist die vom Blockwerk der Siemens & Halske A.-G. für die Berliner Hochbahn und die Nordsüdbahn gelieferte[10]). Entweder befindet sich oben ein beweglicher Arm, der von einem Motor angetrieben wird und in der Sperrlage gegen einen Anschlag schlägt, der wiederum die Bremse betätigt, oder aber der Arm befindet sich neben der Schiene, Abb. 12 und 13, und schlägt mit der gleichen Wirkung gegen einen Anschlag an der Achsbüchse. Der hochliegende Anschlag hat den Nachteil, daß bei den Fahrzeugschwankungen das Ineinandergreifen der Teile nicht immer gewährleistet ist; der tiefliegende, daß er durch Schnee in seiner Beweglichkeit beeinflußt werden kann, daher nur im Tunnel verwendbar ist. Auch können die tiefliegenden Teile der Fahrzeugausrüstungen leicht durch Oberbauarbeiten beschädigt werden. Überdies ragt auch hier die Fahrsperre in das Wagenprofil hinein.

Weitaus wichtiger sind die elektromechanischen Einrichtungen, die auf mechanischem Wege einen Strom schließen (I, A 3). Sie benutzen zur Übertragung des Stromes eine mehr oder weniger lange neben dem Gleise liegende metallische Rampe, auf der ein Bügel schleift. Zur Vermeidung des heftigen Anschlages sind die Rampen mit einem leicht geneigten Auflaufstück versehen. Diese Rampen, in Frankreich wegen ihrer Form „Krokodil" genannt, werden vielfach benutzt. Abb. 14 und 15 zeigen eine derartige Ausführung, die in Amerika von der American Train Control ausgeführt wird[11]).

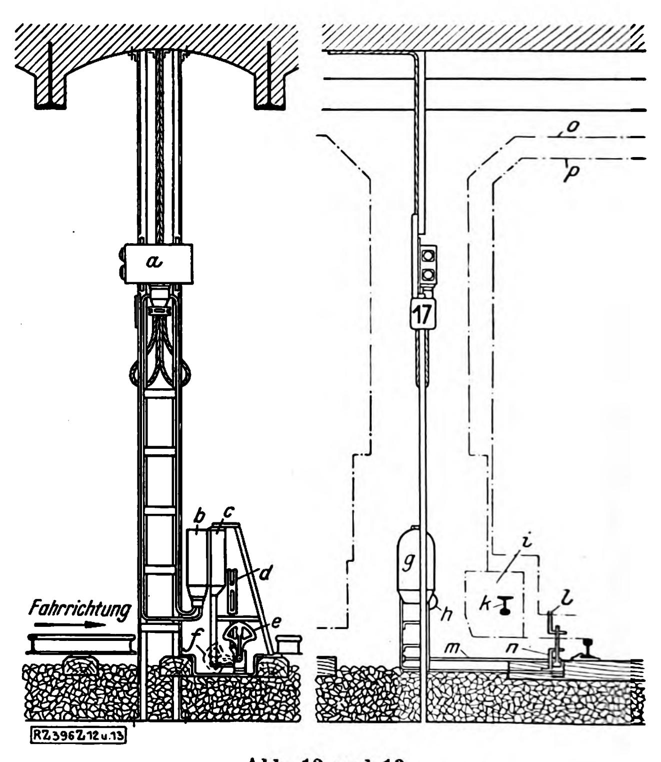


Abb. 12 und 13
Fahrsperre der Berliner Nordsüdbahn
Bauart Siemens & Halske

a Blocksignal (Lichtsignal)
b Kabelanschluß
c Motorantrieb
d Triebkurbel
e Hebel in Sperrlage
f „ „ Freilage
g Motorantrieb
h Gewicht zum Rückstellen in die Sperrlage
i Profil des Stromschienenzubehörs
k Stromschiene
l drehbarer Auslösehebel am Wagenuntergestell
m Antriebachse des Sperrhebels
n Sperrhebel
o lichtes Raumprofil
p Wagenprofil

Der Tender trägt hier einen senkrecht beweglichen Kontaktschuh, der am Bremspunkt auf eine Kontaktschiene aufläuft und dadurch angehoben wird. Über ein Kontaktstück und zwei Kontaktfedern *a* und *b* wird während des Ruhezustandes der Stromkreis eines elektrischen Bremsventils geschlossen. Der Strom der Lokomotivbatterie *c* fließt in der durch Pfeile dargestellten Weise. Wird der Kontaktschuh angehoben, so wird der Stromkreis, da die Kontaktfeder *b* auf einem Isolierstück gleitet, unterbrochen, das elektrisch betätigte Bremsventil wird daher stromlos; die Luft kann aus der Bremsleitung entweichen und die Bremse spricht an. Die Kontaktschiene der Strecke wird durch eine Stromquelle *d* gespeist, deren Stromkreis von einem Flügelkontakt des Signals geöffnet oder geschlossen wird. Ist das Signal

[9]) Railway Engineering and Maintenance Cyclopedia, New York 1926, S. 851.

[10]) Siemens & Halske A.-G., Blockwerk, Siemensstadt, Druckschrift 169 (1927).

[11]) „Railway Signaling" Bd. 15 (1922) S. 101.

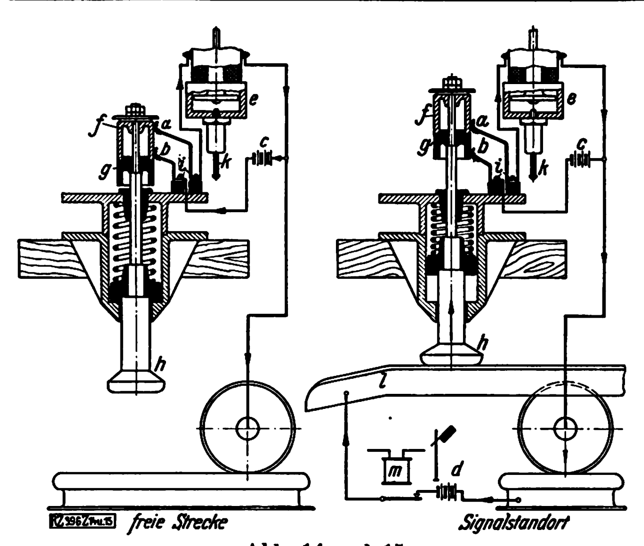


Abb. 14 und 15
Elektromechanische Fahrsperre mit unterbrochenem Kontakt

a, b Kontaktfedern
c Stromquelle auf der Lokomotive
d Streckenstromquelle
e elektrisch gesteuertes Bremsventil
f Kontaktstück
g Isolierstück
h Kontaktschuh
i Klemmen
k Wiederherstelldruckknopf
l Kontaktschiene
m Signalrelais

in Fahrstellung, während der Kontaktschuh über die Rampe gleitet, so wird ein neuer Stromkreis geschlossen: Stromquelle *d* — Kontaktschiene — Kontaktschuh — Kontaktfeder *a* — elektrisch betätigtes Ventil — Lokomotivachse — Fahrschiene zur Stromquelle *d* zurück. Die Stromquelle *c* ist also jetzt durch die Stromquelle *d* ersetzt, das elektrisch betätigte Ventil bleibt infolgedessen geschlossen und die Bremse gelöst. In der Haltlage des Signals ist die Rampe stromlos, so daß es zu einer selbsttätigen Bremsung kommen muß. Damit nun nicht beim Herabgleiten des Kontaktschuhs von der Schiene das elektrisch betätigte Ventil durch den wieder geschlossenen Lokomotivstromkreis die Bremsleitung schließt und die Bremsung unterbricht, ist die Fallhöhe des Ventilankers so groß, daß er der Einwirkung der magnetischen Anziehungskraft im herabgefallenen Zustand entzogen ist und mit der Hand durch den sogenannten „Wiederherstellungsknopf" angehoben werden muß.

Sämtliche Zugüberwachungseinrichtungen müssen mit derartigen Wiederherstellungseinrichtungen versehen sein. Soll ein Halten erzwungen werden, so sind sie am besten außerhalb des Führerstandes anzubringen, damit der Führer, wenn er sie bedienen will, den Stand verlassen muß. Um zu verhindern, daß dieser Wiederherstellungsknopf oder -hebel festgebunden wird, wodurch die Vorrichtung außer Betrieb gesetzt würde, ist Vorsorge zu treffen, daß dann die Bremse nicht gelöst werden kann.

Größere Beachtung verdienen die Einrichtungen, die auf alle mechanische Berührungen zwischen Teilen am Fahrzeug und solchen am Gleis verzichten (I, B). Sie bieten gegenüber den eben beschriebenen den Vorteil, daß durch Stoß usw. keine Beschädigungen an den Teilen vorkommen können, die die Einrichtungen außer Betrieb setzen würden.

Die meiste Aussicht auf Erfolg haben die Vorrichtungen, die als Übertragungsmittel die elektrische Induktion oder die Fernwirkung von permanenten oder Elektromagneten benutzen. Selbstverständlich verbrauchen derartige Vorrichtungen viel Energie. Man baut an den Bremspunkten am Gleis Dauermagnete ein, die auf Elektromagnete am Fahrzeug wirken. Fährt nun ein Zug über einen derartigen Dauermagneten, so wird das Feld des Elektromagneten auf der Lokomotive geschwächt, was wiederum auf den Stromverlauf eines Relais auf der Lokomotive zurückwirkt. Dieses Relais unterbricht den Stromkreis des elektrisch betätigten Bremsventils, so daß die Bremse anspricht. Um zu verhindern, daß bei Fahrtstellung des Signals eine Einwirkung auf die Bremse stattfindet, hat der Dauermagnet eine von einer besonderen Stromquelle gespeiste Wicklung, die in diesem Fall ein dem Felde des Dauermagnets entgegengesetztes Feld erzeugt, so daß die Wirkung auf den Elektromagneten der Lokomotive ausbleibt. Diese Vorrichtungen arbeiten auch nach dem Ruhestromverfahren, d. h. im Fall einer Störung der Streckenstromquelle wird gebremst. Sie haben jedoch den Nachteil, daß sie zweier Stromquellen, einer am Gleis und einer auf der Lokomotive bedürfen, die selbstverständlich viel Unterhaltung erfordern. Häufig wird am Gleis gar kein Strom zur Verfügung stehen oder nur sehr schwer zu beschaffen sein. Um diesem Übelstand zu begegnen, ist eine andere induktive Vorrichtung entworfen und ausgeführt worden, die ohne eine Stromquelle am Gleise auskommt, Abb. 16 bis 18[12]).

An der Lokomotive oder am Tender ist ein Elektromagnet angebracht, der sogenannte Empfänger mit der Primärspule *a* und der Sekundärspule *b*. *a* erzeugt das notwendige magnetische Feld, auf das die Spule *b* keine Einwirkung hat. In Reihe mit der Sekundärspule *b* liegt ein Relais *c*, das in der Regel angezogen ist und den Stromkreis des elektrisch betätigten Bremsventils schließt. Der Empfänger hat einen lamellierten Eisenkern. Am Bremspunkt am Gleis ist ein sogenannter Geber angebracht, über den der Empfänger in etwa 50 mm Entfernung beim Vorüberfahren vorbeigleitet. Der Geber besteht auch aus einem lamellierten Eisenkern und einer Spule, die jeweilig bei Fahrtstellung des Signals durch einen Flügelstromschließer kurzgeschlossen, bei Haltstellung jedoch offen ist. Eine besondere Stromquelle ist am Gleis für diese Geberspule nicht notwendig.

Gleitet nun ein Empfänger über einen Geber hinweg, so wird das durch die Luft sich schließende Kraftlinienfeld der Empfängerspule dadurch in seiner Größe verändert, weil die Kraftlinien sich plötzlich über den Eisenkern des Gebers schließen und eine energische Feldverstärkung hervorrufen. Diese Feldverstärkung wird benutzt, um den Strom des Relais *c* so zu schwächen, daß der Anker zum Abfallen gebracht und der Stromkreis des elektrisch betätigten Ventils unterbrochen wird. In Abb. 18 ist der Verlauf der entstehenden Ströme in Abhängigkeit von der Zeit aufgetragen. Der Regelstrom im Relaiskreis liegt naturgemäß über der Abfallstromstärke des Relais. Bei der Annäherung des Empfängers an den Geber wird ein Strom in der Sekundärspule *b* gemäß der Halbwelle *d e f* erzeugt, der dem Strom in *b* entgegengesetzt ist. Die Gegenwirkung ist so stark, daß der Strom in *b* unter die Abfallstromstärke sinkt, worauf das Relais *c* seinen Anker losläßt. Die Schaltung des Relaiskreises ist derartig, daß es nach dem Abfallen

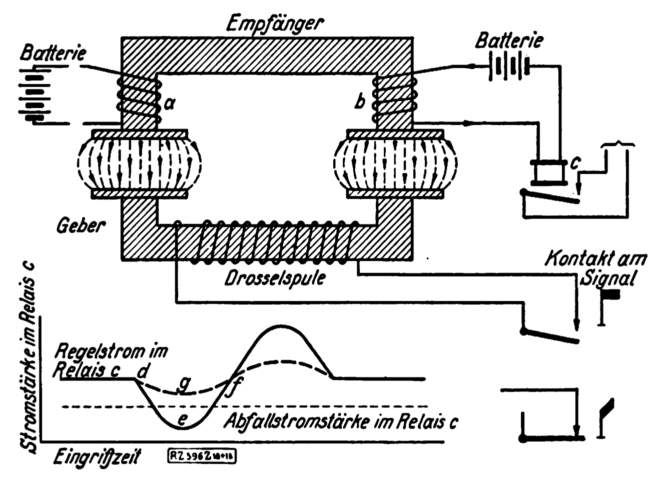


Abb. 16 bis 18
Induktive Punktüberwachung ohne Stromquelle am Gleis
a Primärspule *b* Sekundärspule *c* Relais

[12]) General Railway Signal Co., Rochester N. Y., Bulletin Nr. 188.

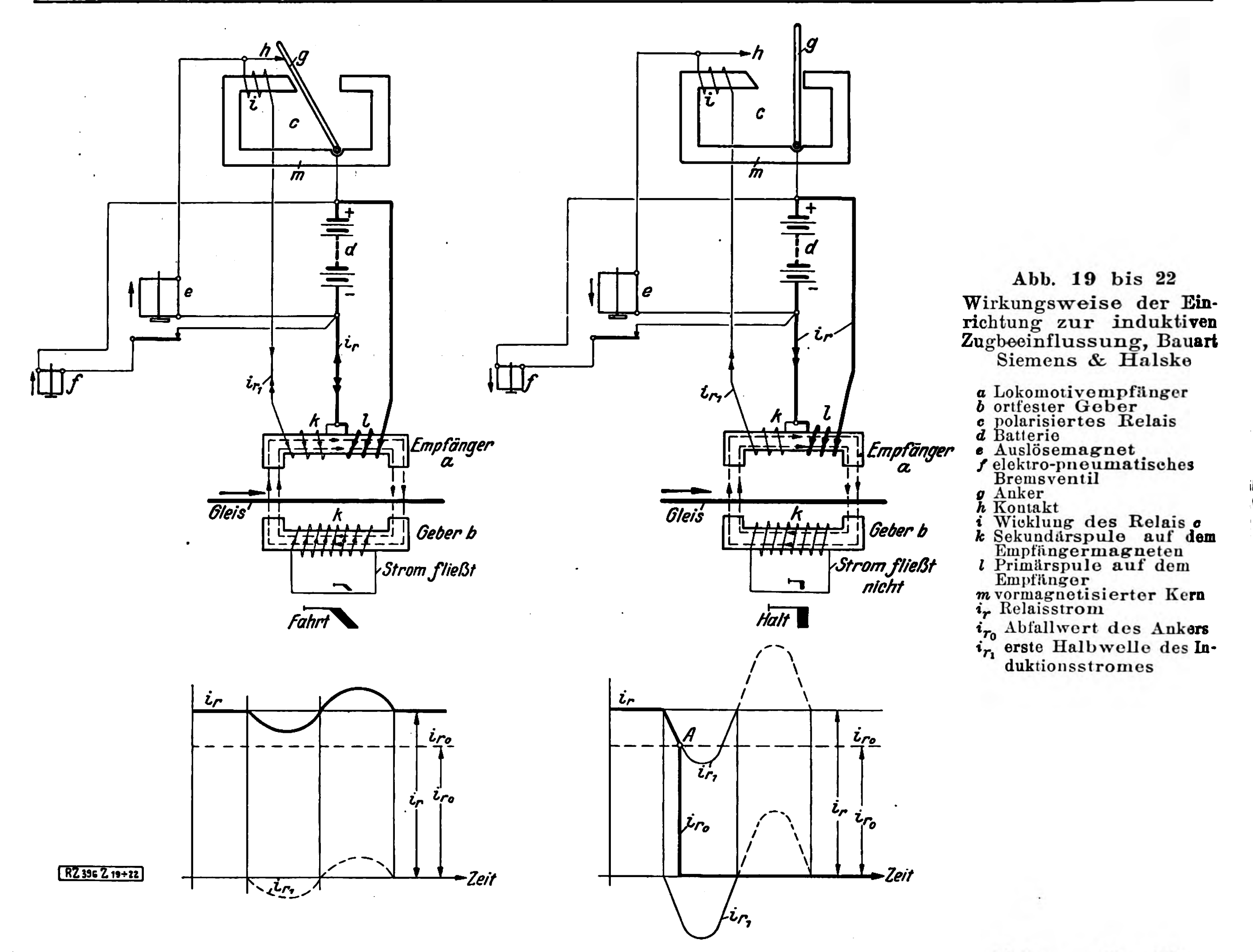


Abb. 19 bis 22
Wirkungsweise der Einrichtung zur induktiven Zugbeeinflussung, Bauart Siemens & Halske

a Lokomotivempfänger
b ortfester Geber
c polarisiertes Relais
d Batterie
e Auslösemagnet
f elektro-pneumatisches Bremsventil
g Anker
h Kontakt
i Wicklung des Relais *c*
k Sekundärspule auf dem Empfängermagneten
l Primärspule auf dem Empfänger
m vormagnetisierter Kern
i_r Relaisstrom
i_{r_0} Abfallwert des Ankers
i_{r_1} erste Halbwelle des Induktionsstromes

nicht wieder anzieht, sondern erst nach Einwirkung eines Wiederherstellungsstromkreises.

Ist bei Signal auf „Fahrt" die Geberspule kurzgeschlossen, so wird der plötzliche Anstieg des Kraftlinienfeldes mit Hilfe der induktiven Gegenwirkung der kurzgeschlossenen Geberspule gedämpft. Die Stromstärke schwankt hierbei nur nach der Linie *d g f*. Die Folge davon ist, daß nur eine verhältnismäßig schwache Gegenwirkung auf den Stromkreis des Relais *c* ausgeübt wird. Sie verläuft, da der Abfallstrom des Ankers nicht erreicht wird, unwirksam, und der Anker des Relais *c* bleibt angezogen.

Eine nach diesem und ähnlichem Grundsatze durchgebildete Zugbeeinflussung ist vom Blockwerk der Firma Siemens & Halske A.-G. für die Reichsbahn ausgeführt, Abb. 19 bis 22. Mit *a* ist der Lokomotivempfänger, mit *b* der am Signal fest angeordnete Geber bezeichnet. *c* stellt ein polarisiertes Relais auf der Lokomotive dar, dessen hufeisenförmiger Kern auf der rechten Seite als permanenter Magnet ausgebildet ist. Mit *d* ist die Batterie, mit *e* ein Auslösemagnet mit einem Kontakt und mit *f* das elektropneumatische Bremsventil bezeichnet.

Die Schaltung ist eine Ruhestromschaltung. In der Grundstellung, während der Zug auf freier Strecke fährt, fließt durch die Wicklung des polarisierten Relais der Überwachungsstrom auf dem Wege: Pluspol der Batterie — Anker *g* — Kontakt *h* — Wicklung *i* — Spule *k* — Minuspol der Batterie. Dieser Strom erregt die linke Polfläche des Magneten *c*, wodurch der Anker *g* angezogen wird.

Auf dem Eisenkern des Empfängers befindet sich die dauernd vom Batteriestrom durchflossene Spule *l*, die der Primärspule *a* in Abb. 16 entspricht.

In der Grundstellung wird der Auslösemagnet *e* über den Anker *g* und den Kontakt *h* von der Batterie mit Strom versorgt. Der Anker wird daher angezogen und durch seinen Kontakt die Leitung des elektrisch betätigten Bremsventils *f* geschlossen bleiben. Die Wicklung des Gebers entspricht der Drosselspule, Abb. 16.

Die Wirkungsweise ist nun ungefähr ebenso, wie bei Abb. 16 besprochen. Der Stromverlauf bei der Vorbeifahrt an dem auf „Fahrt" stehenden Signal ist in Abb. 20 dargestellt. Die Größe der ersten Halbwelle des Induktionsstromes i_{r_1} ist so gering, daß der Betrag $i_r - i_{r_1}$ noch über dem Werte von i_{r_0} bleibt. Bei der zweiten Halbwelle tritt eine Verstärkung des Relaisstromes i_r ein, so daß der Anker *g* noch fester an die linke Polfläche des Magneten *m* gelegt wird.

Bei auf „Halt" liegendem Signal und offener Spule ist die Kraftlinienverstärkung ungehemmt; in der Wicklung *k* wird daher ein starker Strom induziert, der während der ersten Halbwelle dem Relaisstrom entgegengesetzt, während der zweiten Halbwelle dem Relaisstrom gleichgerichtet ist. Der erste Impuls wird daher so wirksam sein, daß der Anker *g* so schnell wie möglich in die in Abb. 21 angegebene Lage gebracht wird. Dabei unterbricht er die Stromzuführung von der Batterie, so daß nunmehr der den Relaisstrom i_r sonst verstärkende Strom i_{r_1} nicht mehr wirkt. Das Auslöserelais *e* fällt ab und unterbricht durch seinen Kontakt den Stromkreis des Bremsventils *f*.

Abb. 22 verdeutlicht die elektrischen Verhältnisse. Der Induktionsstrom ist stärker ausgebildet als in Abb. 20. Man sieht ferner, in welcher Weise der Relaisstrom i_r herabsinkt und bei *A* einen Wert i_{r_0}, den Abfallwert des Ankers, durcheilt. In diesem Augenblick überwiegen die magnetischen Kräfte im Relais die elektromagnetischen der linken Polfläche, der Anker schwingt daher zur andern Polfläche herüber, dabei die Stromkreise bei *e* und *f* unterbrechend. Ist die Auslösung erfolgt, so können die Bremsen nur nach Umlegen des Ankers *g* mit der Hand gelöst werden. Den Einbau des Empfängers an dem Tender einer Reichsbahnlokomotive zeigt Abb. 23.

Die bisher besprochenen Vorrichtungen haben, wie auch ähnliche, die auf andrem als elektrischem Wege die Signale auf den fahrenden Zug übertragen, den Nachteil, daß sie lediglich punktförmig wirken, so daß ein Zug, der zum Halten gekommen ist und nach den Vorschriften mit verringerter Geschwindigkeit weiterfahren darf, für den ganzen Blockabschnitt diese geringe Geschwindigkeit beibehalten muß. Änderungen des Zustandes vor ihm können ihm erst am Ende des Blockabschnitts kenntlich gemacht werden. Dies bedeutet eine unter Umständen, wie oben erwähnt, unangenehme Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit der Bahn, besonders dann, wenn die Blockabschnitte lang sind. Es wurde daher eine Lösung gesucht und gefunden, diese Einwirkung auf den Zug fortlaufend stattfinden zu lassen. Eine derartige Einrichtung wurde zuerst von der Union Switch and Signal Co. in Amerika und von Siemens & Halske, A.-G., für deutsche Verhältnisse neu entwickelt angegeben, Abb. 24. Sie ist jedoch nur dort verwendbar, wo selbsttätige Signale mit Wechselstrom-Gleiskreisen vorhanden sind[13]).

Bei der selbsttätigen Signalanlage fließt der sogenannte Blockstrom oder Gleisstrom von einem Transformator durch die eine Fahrschiene zu dem Blockrelais und durch die andre Fahrschiene zurück[14]). Bei besetztem Blockabschnitt ist das Relais stromlos, da der Gleiskreis durch die Zugachsen kurzgeschlossen ist. Bei der fortlaufenden Zugüberwachung wird ein zweiter Wechselstromkreis gebildet, der jedoch beide Fahrschienen in Parallelschaltung benutzt und durch eine besondere Rückleitung zur Stromquelle zurückgeführt wird, was in Abb. 24 durch gestrichelte Pfeile dargestellt ist. Die Lokomotive hat am vorderen und hinteren Ende je ein Spulenpaar, von denen das eine durch den Blockstrom, das andre durch den Überwachungsstrom beeinflußt wird. Da die in den beiden Spulen erzeugten Ströme sehr schwach sind, so müssen sie auf irgendeine Weise (etwa durch Verstärkerröhren) verstärkt werden, um auf ein auf der Lokomotive befindliches dreistelliges Relais oder auf zwei getrennte Relais wirken zu können. Dieses dreistellige Relais hat zwei Wicklungen, von denen die eine durch den vom Gleisstrom induzierten Strom, die andre durch den vom Überwachungsstrom induzierten Strom durchflossen werden. Wird aus irgendeinem Grunde einer dieser Ströme unterbrochen, so geht das Relais in eine solche Stellung — eine Art Haltlage —, daß gebremst wird, falls selbsttätige Bremsbedienung vorgesehen ist.

Der Überwachungsstromkreis ist nun, wenn das Signal auf „Fahrt" steht, am Ende des Blockabschnittes eingeschaltet, durchfließt ihn also ganz. Ist jedoch das nächste Signal in Haltstellung, Abb. 24, so wird, solange der Zug noch nicht diesen Abschnitt befährt, der Gleisteil zwischen Abschnittende und Bremspunkt *A* wohl vom

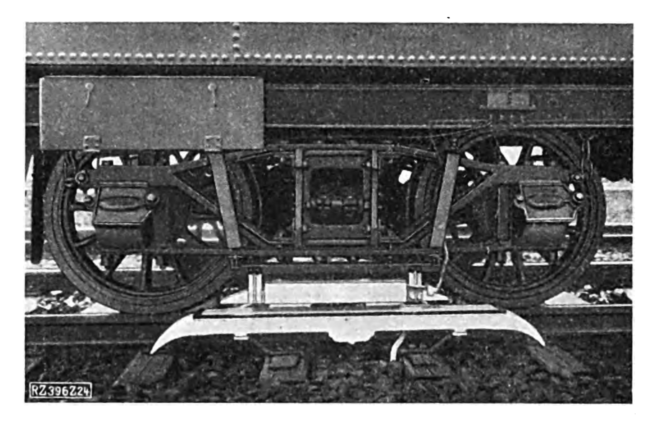


Abb. 23
Zugüberwachungseinrichtung an einem Tender

Blockstrom, aber nicht vom Überwachungsstrom durchflossen. Die eine Wicklung des Zugüberwachungsrelais wird daher stromlos, so daß entweder gebremst wird oder dem Führer auf andre Art Kenntnis von dem Streckenzustand gegeben wird, damit er selbst die Bremsung einleiten kann. Beim Hineinfahren in den besetzten Abschnitt bleibt der Blockstrom aus. Infolgedessen erhält die andre Wicklung des Zugüberwachungsrelais keinen Strom, das Relais bleibt daher in der Haltlage.

Abb. 25 und 26 geben eine Anordnung mit induktiver Punktüberwachung bei dreistelligen Signalen wieder. Fährt der Zug mit voller Fahrgeschwindigkeit trotz Warnstellung des Signals in den Abschnitt, so empfängt er bei dem Geber *c* den Anstoß zu einer Vollbremsung, so daß er bei dem auf Halt liegenden Signal zum Stehen kommt, wie die strichpunktierte Schnellbremslinie darstellt. Außer dem Geber *c* sind nun vor dem Signal weitere Geber *b* und *a* angebracht. Durch ein mit der Geschwindigkeitsüberwachung verbundenes Zeitrelais wird es erreicht, daß, wenn die Lokomotive unterhalb der vorgeschriebenen Geschwindigkeit bleibt, die Bremse keine weitere Beeinflussung durch die Geber *b* und *a* erfährt. Andre Ausführungsformen haben Geschwindigkeitsregler, die von den Lokomotivachsen angetrieben werden und die bei Überschreitung der zulässigen Geschwindigkeit auf die Bremse wirken.

Die Vorteile der Kontakteinrichtung nach (I, A) bestehen in den geringen Anlage- und Unterhaltungskosten und der Einfachheit ihrer Ausführung. Die Vorrichtungen nach (I, B) bieten ähnliche Vorteile, sind unempfindlich gegen Schnee und Eis und gegen mechanische Zerstörungen, sind aber wesentlich teurer. Sie verlangen jedoch nicht, daß der Zug halten muß, damit die Sperre beseitigt wird. Sie haben indes, wie die Kontakteinrichtungen, den Nachteil, daß die Einwirkung nur an gewissen Punkten erfolgt. Sie verlangen einige Über-

[13]) Union Switch and Signal Co. Swissvale, Pa. Bulletin Nr. 103 und „Railway Signaling" Bd. 17 (1924) S. 842 u. ff.

[14]) C. Wolff, Selbsttätige Zugsicherungsanlagen mit Wechselstrom usw. Z. Bd. 68 (1924) S. 970 u. ff.

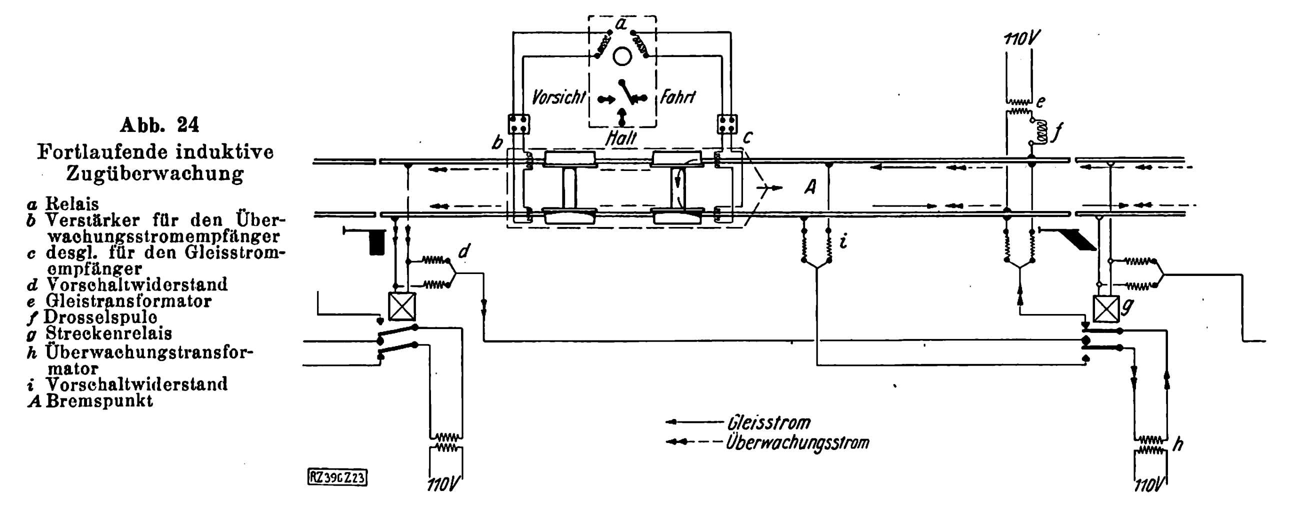


Abb. 24
Fortlaufende induktive Zugüberwachung

a Relais
b Verstärker für den Überwachungsstromempfänger
c desgl. für den Gleisstromempfänger
d Vorschaltwiderstand
e Gleistransformator
f Drosselspule
g Streckenrelais
h Überwachungstransformator
i Vorschaltwiderstand
A Bremspunkt

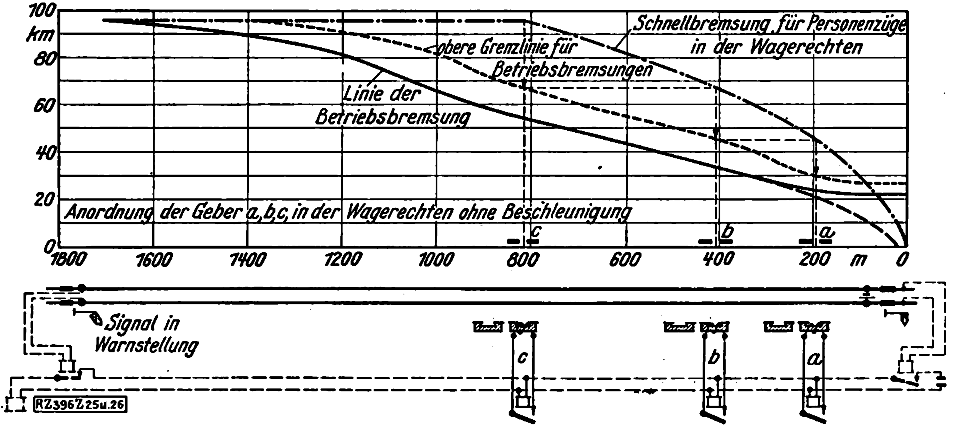


Abb. 25 und 26
Anordnung mit induktiver Punktüberwachung
a, *b*, *c* Geber

wachung, damit der Abstand zwischen Geber und Empfänger dauernd gewahrt wird. Der Einbau macht infolge des engen Lichtraumprofils, wenn der Empfänger nicht zwischen den Rädern angebracht wird, Schwierigkeiten. Bei manchen Anordnungen können Fremdströme störend wirken, ebenso können es in der Nähe befindliche Eisenmassen. Änderungen in der Streckenbesetzung werden erst beim nächsten Einwirkungspunkt kenntlich gemacht.

Hingegen bietet die fortlaufende Zugüberwachung (II) erheblich größere Vorteile. Sie arbeitet stets mit Ruhestrom, sie bedarf keiner Anlagen längs oder zwischen den Schienen, sie wird nicht durch fremde Gleichströme beeinflußt. Irgendein Fehler in der Anlage bedeutet stets ein Halten des Zuges. Man kann unter Umständen, wenn Führerstandsignale vorhanden sind, auf ortfeste Signale verzichten, da alle Änderungen im Zustande der Streckenbesetzung sofort auf die Lokomotive übertragen werden. Leider haben sie den Nachteil der hohen Anlagekosten, sie verlangen nicht nur Wechselstrom-Signalkreise, sondern ganz allgemein Wechselstromanlagen längs der Strecke. Sie können allerdings durch fremde Wechselströme beeinflußt werden, es sei denn, daß die Anlage mit Wechselstrom einer sonst nicht üblichen Frequenz betrieben wird. Ebenso muß auf der Lokomotive Wechselstrom vorhanden sein. Die Unterhaltungskosten sind hoch, besonders die der empfindlichen Verstärkerröhren.

In Deutschland werden jetzt auf einer Reihe von Vollbahnstrecken eingehende Versuche mit Einrichtungen für induktive Zugüberwachung angestellt, und zwar mit Anordnungen der Firmen Siemens & Halske A.-G. und Lorenz A.-G. Versuchsergebnisse liegen noch nicht vor, aber es ist anzunehmen, daß sich die Einrichtungen bewähren werden. Ob es jedoch zu einer allgemeinen Einführung kommen wird, ist weniger eine Frage der konstruktiven Vollendung als die der wirtschaftlichen Verhältnisse der Reichsbahn, also eine reine Kostenfrage.

Die Einrichtungen für Zugüberwachung, welcher Art sie sein mögen, werden in den Fällen, wo das Lokomotivpersonal bei der Beobachtung der Signale versagt, sicher wesentliche Vorteile bieten. Die Gefährdungen von Menschen, Gütern, Fahrzeugen und Strecken durch derartige Unaufmerksamkeiten werden jedoch im allgemeinen nur dann von schwerwiegenden Folgen sein, wenn es sich um schnellfahrende Personenzüge handelt. Die Vorrichtungen auf Strecken mit nur langsam fahrenden Zügen, deren Bremswege verhältnismäßig kurz sind, einzubauen, dürfte wegen der hohen Kosten unangebracht sein, da es wahrscheinlich einfachere Mittel gibt, um die Gefahr durch Zusammenstöße auf solchen Strecken auszuschließen. Ganz allgemein kann daher gesagt werden, daß die Deutsche Reichsbahn den richtigen Weg beschritten hat, wenn sie sich auf Schnellzugstrecken beschränkt und nur dort Einrichtungen für die Zugüberwachung einbaut. [B 396]

Benzin-elektrischer Kraftomnibus

In Newark (Groß-New-York) werden zur Zeit benzinelektrische Kraftomnibusse in Dienst gestellt, die auf Grund der letzten Betriebserfahrungen einige Neuerungen in der elektrischen Ausrüstung enthalten. Die zweiachsigen Eindeckerwagen mit Hall-Scott-Motoren und 30 Sitzplätzen wiegen 5200 kg, wovon auf die elektrische Ausrüstung 1100 kg entfallen. Sie werden von zwei Elektromotoren mit parallelen Achsen angetrieben, die über Schneckengetriebe auf die Hinterachswellen wirken. Dieser bekannte Antrieb ergibt geringe Bauhöhe der Motoren und des Schneckengetriebes und gibt die Möglichkeit, den Fußboden niedrig zu legen.

Die elektrische Ausrüstung besteht aus einer mit der Verbrennungsmaschine über zwei nachgiebige Kupplungen verbundenen Nebenschlußdynamo mit angebauter Erregermaschine, zwei Hauptstrommotoren, dem Führerschalter, einem Batterieschalter und einem Nebenschlußschalter mit Fußbetätigung, einem Abschalter, einem Prüfklemmbrett, Widerständen für das Stromerzeugerfeld und für die elektrische Bremse, sowie den erforderlichen Sicherungen. Der Stromerzeuger von 120 A bei 240 V hat als Neuerung eine besondre Erregerwicklung an der Erregermaschine, die von einer 12 V-Batterie gespeist und mit dem Fuß eingeschaltet wird. Diese Sondererregung erzeugt in der Ankerwicklung der Erregermaschine im Augenblick des Anfahrens schnell Strom und beschleunigt dadurch die Lieferung des Stromerzeugers. Der Fußschalter wird jedesmal beim Anfahren betätigt.

Um höhere Anfahrbeschleunigung oder auf Steigungen höhere Fahrgeschwindigkeit zu erreichen, kann man mittels eines zweiten Fußschalters einen Widerstand im Feld der Erregermaschine einrücken. Dadurch vermindert man den Erregerstrom des Stromerzeugers und erhält größere Zugkraft an den Triebrädern. Der Fahrschalter hat fünf Stellungen, eine für Bremsen, eine für Rückwärtsfahrt, eine Nullstellung und zwei für Vorwärtsfahrt, wovon eine die Motoren hintereinander, die andre sie parallel schaltet. Alle Kontakte sind mit magnetischen Blasspulen ausgerüstet. Der Stromkreis des Motoranlassers ist über den Führerschalter geführt, so daß man nur in der Nullstellung anlassen kann.

Die beiden Motoren für 240 V und 78 A laufen mit 1800 Uml./min. Beim Anfahren des Wagens setzt man einfach den Verbrennungsmotor in der Nullstellung des Fahrschalters in Gang; dann verbindet man mittels des Fußschalters das Erregerfeld der Erregermaschine mit der Licht- und Anlasser-Batterie, legt den Fahrschalter auf eine der Vorwärtsstellungen und drückt auf den Gashebel. Der Wagen setzt sich dann in Bewegung, wobei die Anfahrbeschleunigung durch die Lage des Gashebels bestimmt wird. In der Ebene kann man die Fahrmotoren gleich parallel schalten, während man sonst und auch auf Steigungen die Reihenschaltung benutzt. Außer elektrischer Bremse sind für die beiden Teile der Hinterachse Druckluft-Bremszylinder und für die Vorderachse eine mechanische Bremse vorhanden. [N 845] Gü.

Neuerungen auf der Pariser Automobilausstellung 1927

Von Dr. techn. A. Heller, Berlin

Vier- und Sechszylindermotoren — Motoren mit Ladegebläse — Getriebe — Hinterachsantrieb — Beseitigung der üblichen Blattfedern — Vorderachsantrieb — Vierradbremsen — Fahrgestellschmierung.

Die diesjährige internationale Kraftwagenschau in Paris, die vom 6. bis 16. Oktober geöffnet war und sich im wesentlichen nur auf Personenwagen und Krafträder beschränkte, darf wegen ihrer großen Zahl von Ausstellern (insgesamt rd. 1050, davon über 120 Hersteller von Kraftwagen), namentlich aber wegen ihres starken internationalen Einschlages als eine Veranstaltung bezeichnet werden, die der heutigen Bedeutung des Kraftwagens in der Welt würdig war. Auch die äußere Aufmachung, die gleichartige Kennzeichnung der Stände, die Bemessung der Größe der Stände nach der Größe des Unternehmens und eine gewisse Unparteilichkeit in der Verteilung der günstigen Standorte trugen dazu bei, das Ansehen dieser Ausstellung in den Augen der technischen Welt zu heben.

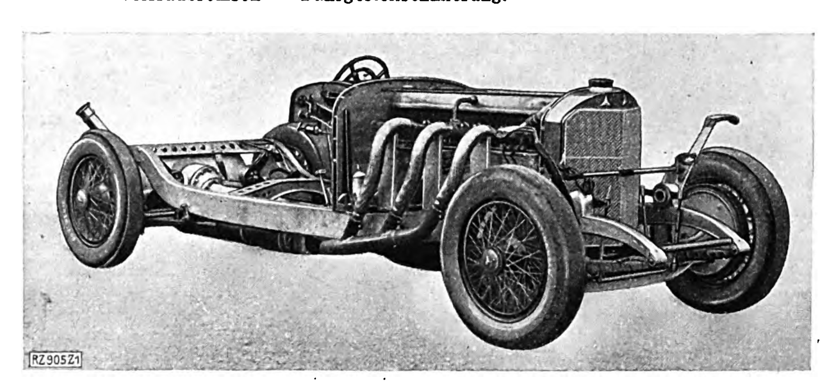


Abb. 1
Fahrgestell des neuen Mercedes-Benz-Sportwagens mit 7 l Zylinderinhalt und Ladegebläse

Für die insbesondre auch aus Deutschland sehr zahlreich erschienenen Besucher bot die Ausstellung als die erste nach dem Kriege, von der kein Land ausgeschlossen war, eine günstige Gelegenheit, den Stand dieser Technik in den wichtigsten für den Kraftwagenbau in Betracht kommenden Ländern zu vergleichen. Man konnte dabei mit Befriedigung feststellen, daß die Erzeugnisse der deutschen und österreichischen Industrie, namentlich die Kraftwagen der Daimler-Benz-A.-G., der Horchwerke A.-G. und der Steyr-A.-G. von den Besuchern ebenso wie die andrer angesehener Fabriken beachtet wurden, daß ferner die französische Industrie gegenüber der besonders zahlreich vertretenen amerikanischen nicht schlecht abschnitt, obschon sich die Ziele der französischen Fabriken in den letzten 20 Jahren kaum geändert haben und nach wie vor durch den Sport, das Streben nach höchster Fahrgeschwindigkeit und die Milderung der dabei auftretenden Gefahren beherrscht werden.

Die Daimler-Benz-A.-G. stellt neben andern Baumustern mehrere ihrer neuesten Sportwagen aus, deren Fahrgestell mit 3400 mm Radstand und 1430 mm Spurweite, Abb. 1, einen tief gezogenen Rahmen und unter der Hinterachse befestigte Halbellipsenfedern aufweist. Ihr Motor mit sechs Zylindern von 18 mm Dmr. und 150 mm Hub, Abb. 2, leistet mit Doppelvergaser und Ladegebläse bis zu 180 PS. Bei einem Übersetzungsverhältnis von 1 : 2,76 des Hinterachsantriebes erreicht der Wagen bis zu 160 km/h Geschwindigkeit.

Vier- und Sechszylindermotoren

Rücksichten auf die hohen Steuer- und Brennstoffkosten haben die Franzosen seinerzeit bewogen, bei den Luxus- wie bei den Gebrauchswagen die Motoren mit kleinem Zylinderinhalt und hohen Drehzahlen einzuführen, die auch bei uns bis vor kurzer Zeit üblich waren. Während man aber bei uns — gestützt durch die Aussicht auf eine Erleichterung der Lasten der Steuerformel — ernstlich daran geht, mit dem kleinen Vierzylindermotor zugunsten des gleichmäßiger und geräuschloser laufenden Sechszylindermotors mit größerem Zylinderinhalt auch beim einfachen Gebrauchswagen zu brechen, halten die französischen Firmen beim Gebrauchswagen am Vierzylindermotor ständig fest; denn auch die neue französische Steuerformel bevorzugt die Motoren mit kleinem Zylinderinhalt. Vielleicht werden die französischen Firmen hierin auch dadurch bestärkt, daß infolge der Zollverhältnisse der Absatz ihrer Erzeugung im Inlande leichter ist als bei uns.

Mit dieser Entwicklung hängt es wohl auch zusammen, daß man in der Vereinheitlichung der Baumuster und wohl auch in der Normung in Frankreich bei weitem nicht so weit gegangen ist, wie z. B. bei den deutschen Fabriken. Nur wenige Firmen mit verhältnismäßig geringem Absatz beschränken sich darauf, ein einziges Baumuster herzustellen oder es wenigstens für Sportzwecke mit etwas geänderter Ventilanordnung des Motors zu liefern; alle größeren Firmen legen dagegen, wie früher auch unsere, Wert darauf, den gesamten Bereich der Motorleistungen, der für ihren Kundenkreis in Frage kommt, mit eigenen Erzeugnissen decken zu können, Renault mit 6, Peugeot mit 6, Panhard mit 5, Delage mit 3 Baumustern. Citroën hatte sich bisher mit einem einzigen Wagen mit Vierzylindermotor begnügt und sich darauf beschränkt, diese Bauart immer weiter zu verbessern, hat aber in neuerer Zeit ebenfalls einen Wagen mit Sechszylindermotor von höherer Leistung auf den Markt gebracht. Es gibt in Frankreich aber auch noch Fabriken, die es als einen Vorzug ihrer Erzeugnisse ansehen, daß sie nicht in Reihen, sondern nach den Sonderwünschen der Besteller gebaut werden, und die dabei wirtschaftlich bestehen können.

Nach dem auf der Ausstellung Gesehenen kann man es trotzdem sozusagen als internationale Norm ansehen, daß der mittlere Personenwagen, etwa von 2 l Zylinderinhalt ab, mit einem Sechszylinder-Einblockmotor ausgerüstet wird. Die meisten größeren Fabriken, auch die französischen, sind für diesen Bereich der Leistungen bereits zu solchen Motoren übergegangen oder haben sie wenigstens ausgestellt. Sehenswert in bezug auf die äußere Gestaltung ist auch der neue Wagen von Fiat mit 6 Zylindern von 68/103 mm. Daneben haben aber auch die Achtzylindermotoren zahlreiche neue Vertreter aufzuweisen; alle sind aber Reihenmotoren, wie die der Horchwerke,

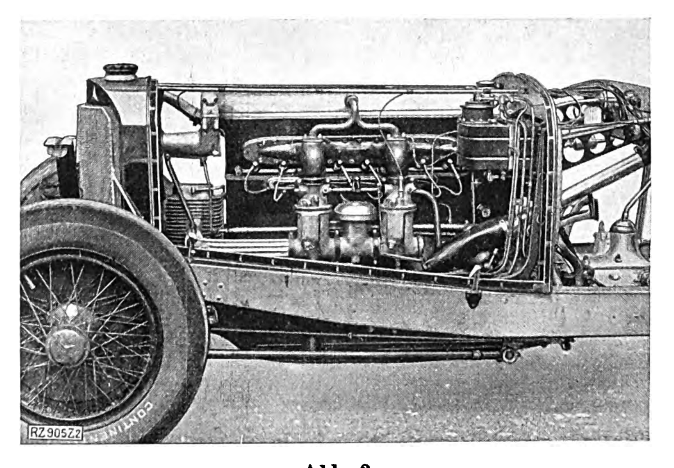


Abb. 2
Sechszylindriger 180 PS-Motor des Mercedes-Benz-Sportwagens

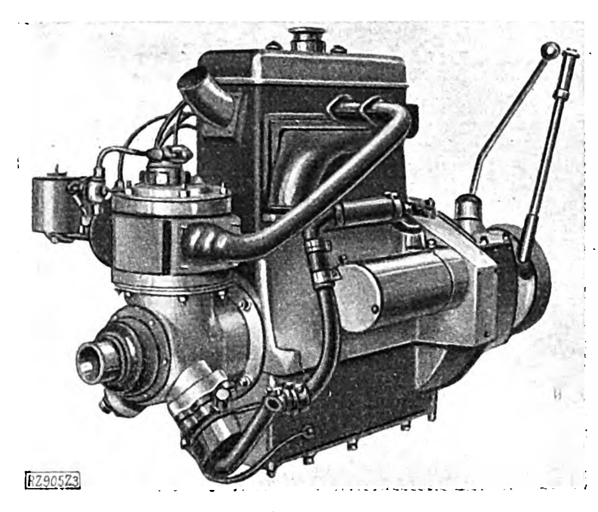


Abb. 3
Vierzylindermotor von S. C. A. P. mit Cozette-Gebläse

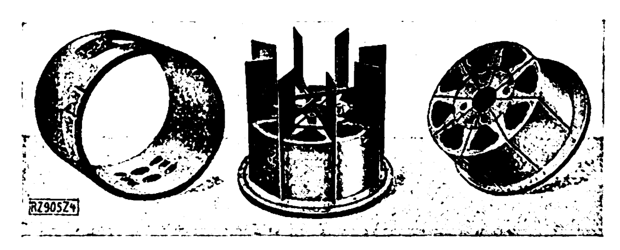


Abb. 4
Kapselgebläse, Bauart Hanocq-Dewandre

während einige amerikanische Firmen, namentlich die General Motors Corp., an der V-Bauart festhalten.

Zu den bekannten Herstellern von Motoren mit Schiebersteuerung nach Knight, voran Minerva und Panhard & Levassor (neuer Achtzylindermotor von 85/140 mm), ist neuerdings die französische Firma Sizaire getreten, die solche Motoren von der amerikanischen Firma Willys-Knight bezieht. Die Firma Sizaire-Berwick stellte ein Fahrgestell mit Achtzylinder-Reihenmotor der Continental Motors Corp. aus. Im übrigen bevorzugt die Mehrzahl der Fabriken heute seitlich stehende Ventile, wenngleich man vielfach auch noch den hängenden Ventilanordnungen mit oder ohne obenliegende Steuerwelle begegnet.

Die Verwendung der Batteriezündung macht in Verbindung mit der allgemein üblichen elektrischen Licht- und Anlaßanlage Fortschritte, auch bei Motoren von mittlerer Größe, ebenso die Verwendung von Brennstoffsaugern und Luftreinigern. Bei verschiedenen französischen

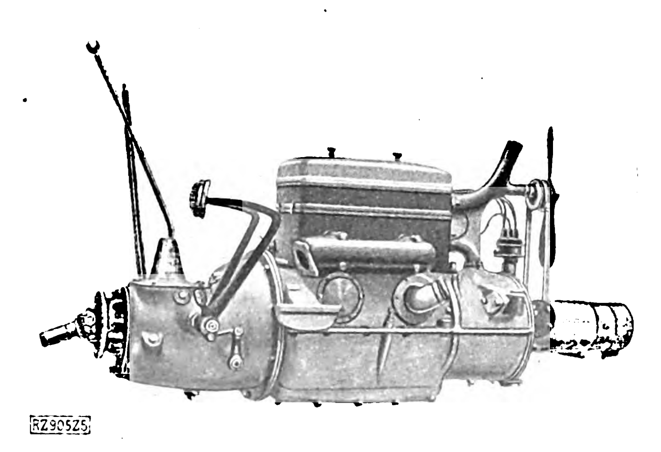


Abb. 5
Achtzylinder-Zweitaktmotor mit Ladegebläse, Bauart Hanocq-Dewandre, gebaut von Nagant Frères, Lüttich

Wagen, auch solchen von mittlerer Leistung, haben die Motoren Thermosyphon-Kühlung, der Motor des de Lavaud-Wagens hat sogar Verdampfkühlung. Bei den Pumpen-Kühlanlagen führt man oft vom Motorkopf zwei Rohre zum Kühler, um das heiße Wasser schneller zu verteilen. Um das Äußere des Motors zu vereinfachen, setzt man ferner das Flügelrad der Pumpe auf die Welle des Ventilators, auch wenn sie nur durch einen Keilriemen von der Kurbelwelle angetrieben wird.

Motoren mit Ladegebläse

Motoren mit Ladegebläse waren außer bei Daimler-Benz u. a. auf den Ständen von Amilcar und B. N. C. zu sehen. Das Kapselgebläse der bekannten Bauart Cozette[1]) wird anscheinend bei Motoren, die ausschließlich für Rennen bestimmt sind, am häufigsten verwendet, s. Abb. 3. Eine Verbesserung dieses Gebläses, die darin besteht, daß je zwei einander gegenüberliegende Flügel des Kapselgebläses miteinander so verbunden sind, daß sich ihre Fliehkräfte teilweise ausgleichen, Abb. 4, war an dem neuen Zweitaktmotor, Bauart Hanocq-Dewandre, zu sehen, der von der belgischen Firma Nagant Frères ausgestellt wurde, s. Abb. 5. Die neue Gebläsebauart soll ermöglichen, den Reibungswiderstand der Flügelkanten erheblich zu verringern, ohne daß man den bekannten Entlastungsring mitlaufen zu lassen braucht.

Die Arbeitsweise dieses Achtzylinder-Zweitaktmotors, Abb. 6 bis 9, der bei den ersten Prüfstandversuchen sehr gut gearbeitet haben soll, unterscheidet sich von der der bekannten Zweitaktmotoren mit ähnlichem Aufbau vor allem dadurch, daß man mittels des Regelschiebers *a* an den den Einlaß des Gemisches vermittelnden Zylindern *b* die Weite der ringsherum angeordneten Einlaßschlitze verändern kann; diese Regelung soll verhindern, daß beim Drosseln einzelne Zylinder dadurch aussetzen, daß ihnen vom benachbarten Zylinder das Gemisch weggesaugt wird. Das Ladegebläse läuft hier nur mit der Drehzahl der Kurbelwelle. Das in die Zylinder *b* eintretende Gemisch erhält eine kreisende Bewegung, die es, dank der Formgebung der Kanäle, auch beim Überströmen in die Auspuffzylinder *c* beibehält. Nachdem die Kolben Einlaß und Auslaß geschlossen haben, wird das Gemisch in beiden Zylindergruppen verdichtet und entzündet. Die Zylindergruppen sind um die Länge der Pleuelstange gegeneinander versetzt.

Wechselgetriebe und Hinterachsantrieb

Daß Kupplung und Wechselgetriebe mit dem Motor zu einem Block vereinigt werden, an dem alle Zubehöreinrichtungen fest angebaut sind, gilt heute für alle Personenwagen, ausgenommen die ganz großen, als Regel. Die Kegelkupplung kann heute als durch die Einscheibenkupplung vollständig verdrängt angesehen werden. Unter den Wechselgetrieben wären als neu ein Getriebe von Berliet zu erwähnen, das mit einem besonderen Gebirgsgang versehen ist. Dieser wird mittels eines kleinen Hebels am Lenkrad durch Verschieben von Kupplungsmuffen in einem hinter dem Getriebekasten sitzenden besonderen Gehäuse gesteuert. Zu nennen wäre ferner die Lagerung des ganzen Wechselgetriebes auf dem schwingenden Kardanrohr bei den neueren Sechszylinderwagen von Renault. Beide Neuerungen scheinen zu verwickelt zu sein, um einen wirklichen Fortschritt bringen zu können.

Ob man das gleiche von dem Getriebe mit selbsttätig veränderlicher Übersetzung nach de Lavaud[2]) sagen kann, das an zwei verschiedenen Erzeugnissen, nämlich denen der Société d'Expansion Technique und von Bucciali Frères, zu sehen war, steht noch dahin. Abb. 10 ist ein Schnitt durch die neueste Ausführung dieses Antriebes. An der Taumelscheibe *a*, die um den gerade geführten Zapfen *b* schwingen kann und durch einen geneigten Kurbelzapfen der verlängerten Motorwelle *c* angetrieben wird, greifen sechs Pleuelstangen *d* an, die auf ebensoviele, durch Freilaufkupplungen mit der ungeteilt durchgehenden Hinterachswelle *e* verbundene Scheiben *f* wirken. Die Neigung der Taumelscheibe und damit die Geschwindigkeit der

[1]) Z. Bd. 71 (1927) S. 117.
[2]) s. Z. Bd. 68 (1924) S. 163.



Drehung der Hinterachse wird mittels der regelbaren Spannung der Federn *g* so bestimmt, daß sich zu jeder Zeit Gleichgewicht zwischen dem Hinterachsschub und der Rückwirkung des Motordrehmoments einstellen muß.

Denkt man sich also den Antrieb mit einer gewissen Geschwindigkeit in Bewegung, so ruft eine Zunahme des Fahrwiderstandes, etwa auf einer Steigung, infolge Überwiegens des Hinterachsenschubes ein stärkeres Aufrichten der Taumelscheibe, also geringere Umlaufgeschwindigkeit der Hinterachswelle, hervor, wobei sich der Abstand zwischen Hinterachse und Motor etwas verringert. Bei dem Wagen von Bucciali Frères, Abb. 11, ist das Getriebe in der vorderen Verlängerung des Motors angebracht und treibt dessen Vorderräder an. Vom Gehäuse des Getriebes führen zwei Wellen mit je zwei Kreuzgelenken zu den Vorderrädern, die getrennt voneinander gelenkt werden und durch einen genau über dem Getriebegehäuse gelagerten Gummipuffer abgefedert sind. Auch der Wagen der Société d'Expansion Technique hat reine Gummifederung, nur wird die Federung der aus Stahl gepreßten, hohlen Vorderachse dadurch unterstützt, daß die Achse als Ganzes um die Längsmitte des Wagens schwingen kann[3]). Bei diesem Wagen ist außerdem der ganze Rahmen aus Leichtmetall hergestellt.

Beseitigung der Blattfedern

Überhaupt spielt die Beseitigung der üblichen Blattfedern bei den in Paris gezeigten neueren Vorschlägen zur Verbesserung des Verhaltens der Kraftwagen bei schneller Fahrt eine große Rolle. Man behauptet, heute Gummiarten für diese Zwecke herstellen zu können, die jahrelang ausreichend elastisch bleiben. Ihre Verwendung an Stelle von Federn erlaubt, die Härte der Abfederung an die wechselnde Belastung oder an die mit der Fahrgeschwindigkeit veränderliche Stärke der Stöße in einem Maß anzupassen, das bei Blattfedern unerreichbar ist.

[3]) Vergl. VDI-Nachrichten 1927 Nr. 41.

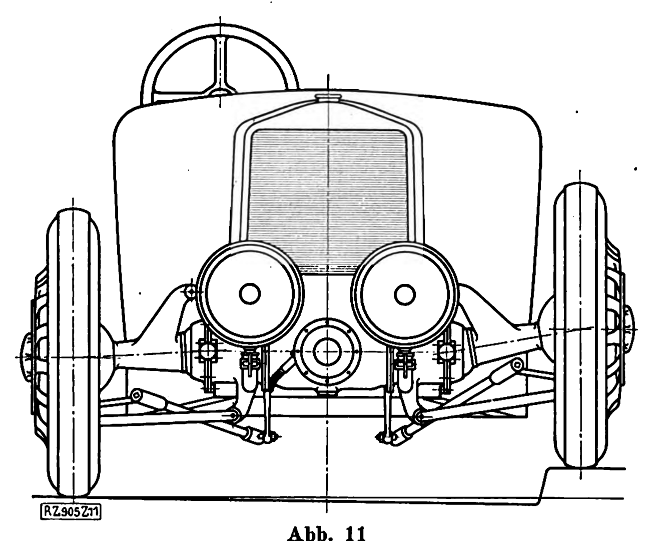


Abb. 11
Bucciali-Wagen mit de Lavaud-Getriebe und Vorderradantrieb

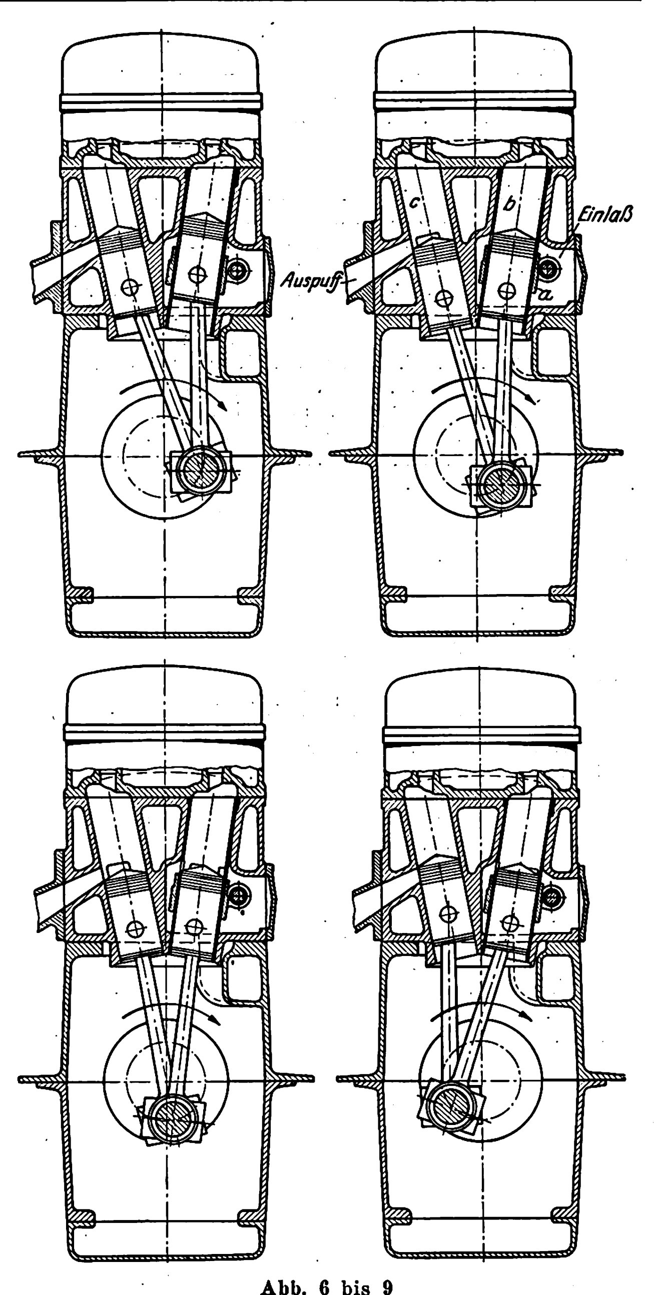


Abb. 6 bis 9
Arbeitsweise des Achtzylindermotors, Bauart Hanocq-Dewandre
a Regelschieber *b* Einlaßzylinder für das Gemisch *c* Auspuffzylinder

Parallel dazu läuft das Bestreben, die Bewegungen der Räder beim Durchfedern von den Bewegungen der Achsen möglichst unabhängig zu machen, weil man sich davon größere Sicherheit des Wagens bei schnellerem Fahren, d. h. die Beseitigung des seitlichen Flatterns der Vor-

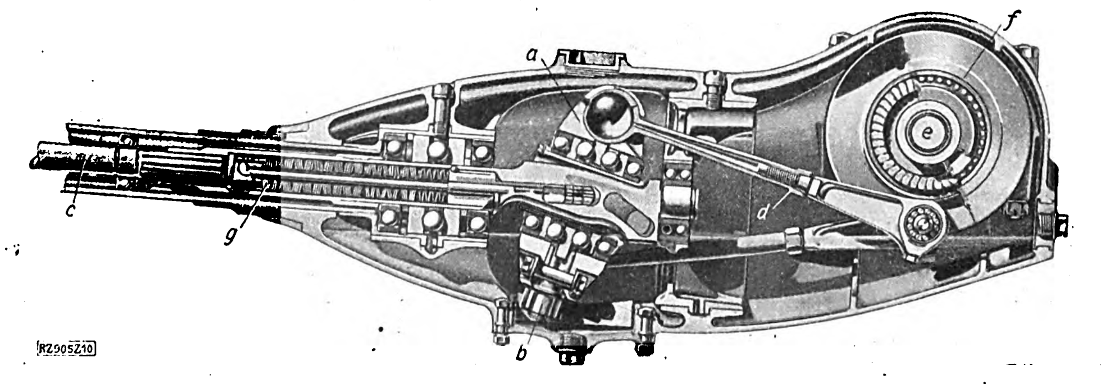


Abb. 10
Längsschnitt durch das neue de Lavaud-Getriebe
a Taumelscheibe
b gerade geführter Schwingzapfen für *a*
c Motorwelle
d Pleuelstange
e Hinterachswelle
f Antriebscheiben
g Federn zum Regeln der Taumelscheibenneigung

derräder, insbesondere bei Ballonbereifung, und des sogenannten „Schwimmens" des Wagenhinterteils, verspricht. Vereinzelt findet man daher auch Vorschläge dieser Art, die darauf beruhen, statt der Blattfedern Schraubenfedern zu verwenden. Ein älteres Beispiel dieser Art ist die bekannte Abfederung des Lancia-Wagens.

Auch die immer wieder auftauchenden Vorschläge für Wagen mit Vorderachsantrieb gehen letzten Endes auf diese Bestrebungen zurück. Ein neues Beispiel dieses Antriebes, das in einigen Zügen an die Ausführung der deutschen „Voran"-Gesellschaft erinnert, ist der Wagen der Firma Tracta, Abb. 12, dessen Fortschritt auf der Verwendung eines Doppel-Kreuzgelenkes im Drehpunkt des Vorderrades, Abb. 13, außer dem Gelenk am Gehäuse des Getriebes beruhen soll. Allerdings sind bereits einfachere Anordnungen bekannt und auch bei der vorliegenden Lösung Ungleichförmigkeiten des Umlaufs der Vorderräder bei der Fahrt in einem kürzeren Bogen nicht ausgeschlossen.

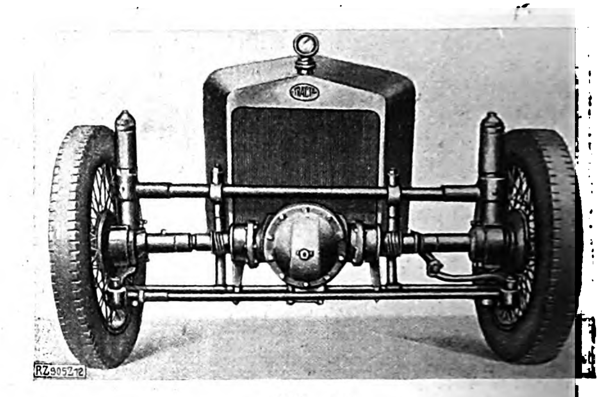


Abb. 12
Tracta-Wagen mit Vorderantrieb

Von den neueren Vorschlägen auf dem Gebiete der Abfederungen und der Verbesserung der Fahreigenschaften seien noch die der Firma Farman erwähnt, deren neuer Wagen auf der Ausstellung viel Aufsehen erregte. Dieser Wagen, den die Firma als einzigen herstellt, wird von einem Sechszylindermotor von 100 mm Zyl.-Dmr. und 150 mm Hub, Abb. 14 und 15, mit Doppelvergaser und vereinigter Magnet- und Batteriezündung angetrieben. Der Zylinderblock besteht aus Leichtmetall, und die Ventile werden durch eine obenliegende Steuerwelle betätigt. Um die Abfederung allen Veränderungen der Wagenbelastung anzupassen, hat man den Rahmen vorn wie hinten auf langen weichen Querfedern gelagert, Abb. 16 und 17, die nur beim Überschreiten einer bestimmten Höchstlast durch härtere Viertelfedern unterstützt werden. Erhöhte Sicherheit in der Beherrschung der Achsbewegungen wird ferner dadurch erzielt, daß die Schubkräfte der Vorderachse unmittelbar durch Schubstangen auf den Rahmen übertragen werden. Bei der Hinterachse dient dem gleichen Zweck ein Hebelparallelogramm, das die Lage der Hinterachse gegenüber dem Rahmen annähernd unveränderlich erhält. Es leuchtet ein, daß diese Hilfsmittel nebenbei auch erhöhte Sicherheit im Fall eines Bruches der Federn bieten, auf den man bei sehr schnellem Fahren immer gefaßt sein muß.

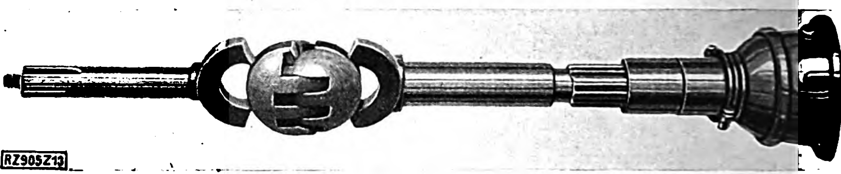


Abb. 13
Doppeltes Kreuzgelenk des Tracta-Wagens

Zum Schutz gegen das Flattern der Vorderräder verwendet die Firma Farman eine Anordnung, die man schon mehrfach vorgeschlagen, aber wegen ihrer konstruktiven Schwierigkeiten immer wieder abgelehnt hatte: Das Lenkrad am Führersitz verstellt eine wagerecht vor dem Kühler gelagerte Welle, die mittels zweier gelenkiger und ausziehbarer Ansätze auf Schneckenantriebe der Achsschenkel wirkt. Die Übersetzungen dieser Schneckengetriebe, Abb. 18, sind verschieden groß und so berechnet, daß der Wagen, im Gegensatz zum gewöhnlichen Lenkachsenantrieb mittels des bekannten Hebeltrapezes, auch beim größten Ausschlag der Vorderräder genau im Bogen läuft, also keine Seitenabweichung erfährt. Der beschriebene Antrieb ist vollkommen selbsthemmend. Ob das ein Vorteil ist, oder ob nicht gerade diese Eigenschaft schnelle Abnutzung der Schnecken herbeiführen kann, muß allerdings dahingestellt bleiben.

Bremsen

Vielleicht sogar in noch höherem Maß als der Sechszylinderblockmotor gilt heute die Vierradbremse beim Personenwagen als normal. Die dafür übliche Anordnung ist zumeist derart, daß der Fußhebel auf alle vier Räder, der mit Feststellvorrichtung versehene Handhebel auf die Hinterräder wirkt. Für die Bremsen der Vorderräder ist die bekannte Anordnung nach Perrot[4]) mit Servowirkung durch nachgiebige Lagerung der ungleich bemessenen Bremsbacken sehr häufig anzutreffen, obgleich viele Fabriken auch eigene Bauarten herstellen. Die neueste Anordnung der Perrot-Bremse, Abb. 19, die im Zusammenwirken mit der amerikanischen Firma Bendix entstanden ist, entspringt dem Bedürfnis, die Bremse nach beiden Richtungen hin wirksam zu machen. Die beiden Backen *a* und *b*, die miteinander durch den Zapfen *c* gelenkig verbunden sind, schwingen um den in der Bremstrommel gelagerten Zapfen *d* aus, wenn man bei der angegebenen Drehrichtung des Rades den Bremsnocken *g* verstellt. Dabei gelangt zuerst der Backen *a* zur Anlage und die darauf von der Bremstrommel ausgeübte Rückwirkung unterstützt das Anlegen des Backens *b*. Bei entgegengesetzter Drehung des Rades wird die Reibung der Backen *a* und *b*, die, wenn man gleichen Druck auf den Bremshebel voraussetzt, nicht genügen würde, durch die Reibung des Backens *e* unterstützt, der bei *f* an der Bremstrommel gelagert ist.

[4]) s. Z. Bd. 69 (1925) S. 714.

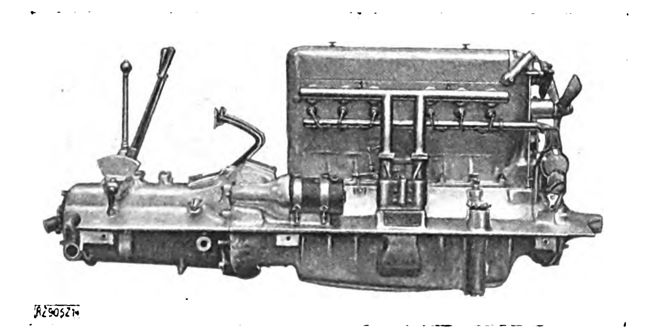


Abb. 14
Motorgetriebeblock des Farman-Wagens

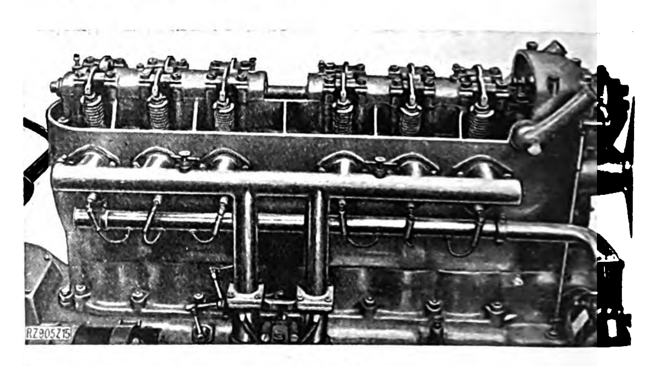


Abb. 15
Steuerung des Farman-Motors



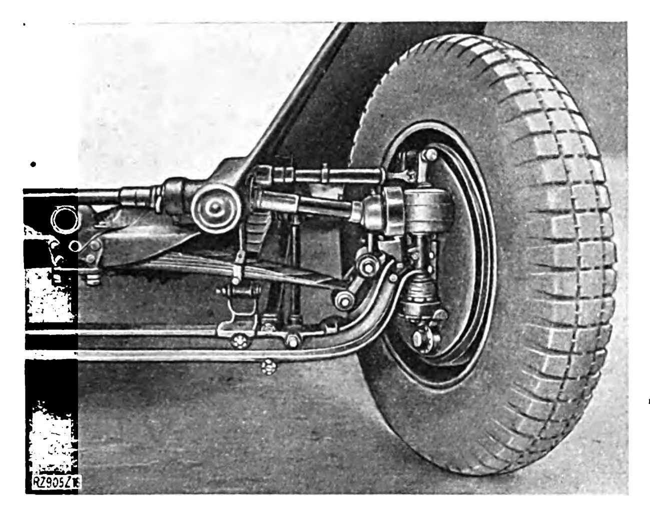


Abb. 16
Vorderachse und Lenkung beim Farman-Wagen

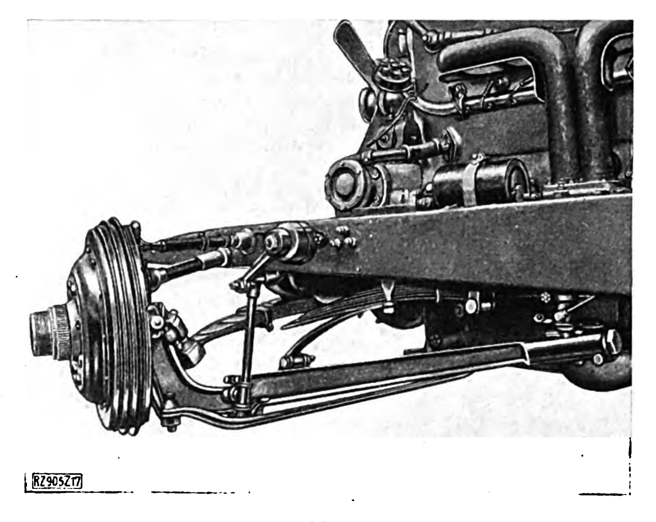


Abb. 17
Vorderachsabfederung beim Farman-Wagen

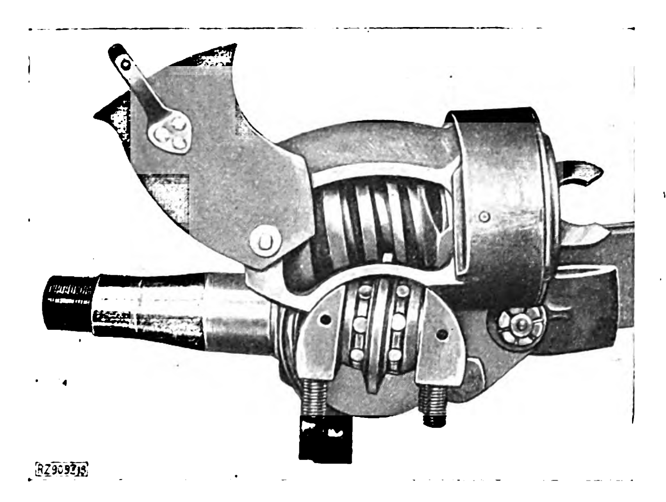


Abb. 18. Schneckenantrieb des Achsschenkelbolzens beim Farman-Wagen

Große Verbreitung hat ferner, namentlich bei französischen und belgischen Kraftwagen, die Unterdruck-Hilfsvorrichtung für Bremsen nach Dewandre[5]) erlangt, die in der Ausführung von R. Bosch A.-G. auch an einem Wagen der Daimler-Benz-A.-G. zu sehen war. Abb. 20 zeigt die Anordnung dieser Bremse eines Wagens der Firma Ballot mit vier Zylindern von 70 × 130 mm. Der Fußhebel wird so eingestellt, daß schon ein leichter Druck darauf, ähnlich wie beim Gashebel, den Unterdruck im Bremszylinder wirksam macht und die Bremsen sanft anzieht. An dieser Wirkung der Bremsen ändert sich auch dann nichts, wenn ein ungeübter Fahrer plötzlich ganz stark auf den Fußhebel tritt, weil der für den Fall des Motorstillstandes oder eines ungenügenden Unterdrucks vorhandene Seilantrieb des Bremshebels mit einem gewissen Spielraum gegenüber dem Antrieb durch den Bremszylinder eingestellt wird. Dieses Spiel muß man allerdings auch beim Nachstellen der Bremsbacken stets einhalten.

Aus dem Bereich der selbsttätigen Fahrgestellschmierung sei endlich noch die Einrichtung der Firma Alcyl erwähnt, bei der zum Fortleiten des Öles an die entfernte Schmierstelle mit Docht gefüllte Rohre benutzt werden. Diese Rohre werden aus einem Ölbehälter am Spritzbrett gespeist, und der geringe hydraulische Überdruck des Öles genügt in Verbindung mit der Kapillarwirkung der Dochte, um das Öl bis an jede beliebige Stelle des Fahrgestells zu bringen und dabei den Austritt von Öl aus den Lagern zu verhüten. Gegenüber den bekannten Einrichtungen, die mit hohen Öldrücken und winzigen Düsen für die Ölzuleitung arbeiten, stellt diese Einrichtung eine beachtenswerte Vereinfachung dar. [B 905]

[5]) s. Z. Bd. 71 (1927) S. 115.

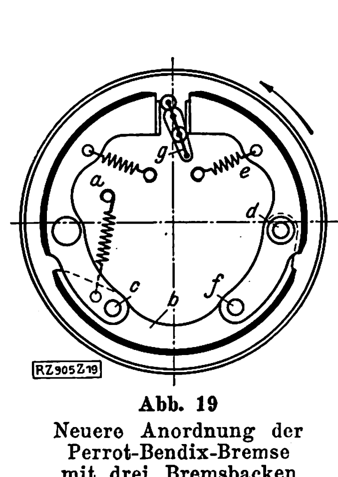


Abb. 19
Neuere Anordnung der Perrot-Bendix-Bremse mit drei Bremsbacken
a, b, e Bremsbacken
c, d, f Drehzapfen
g Bremsnocken

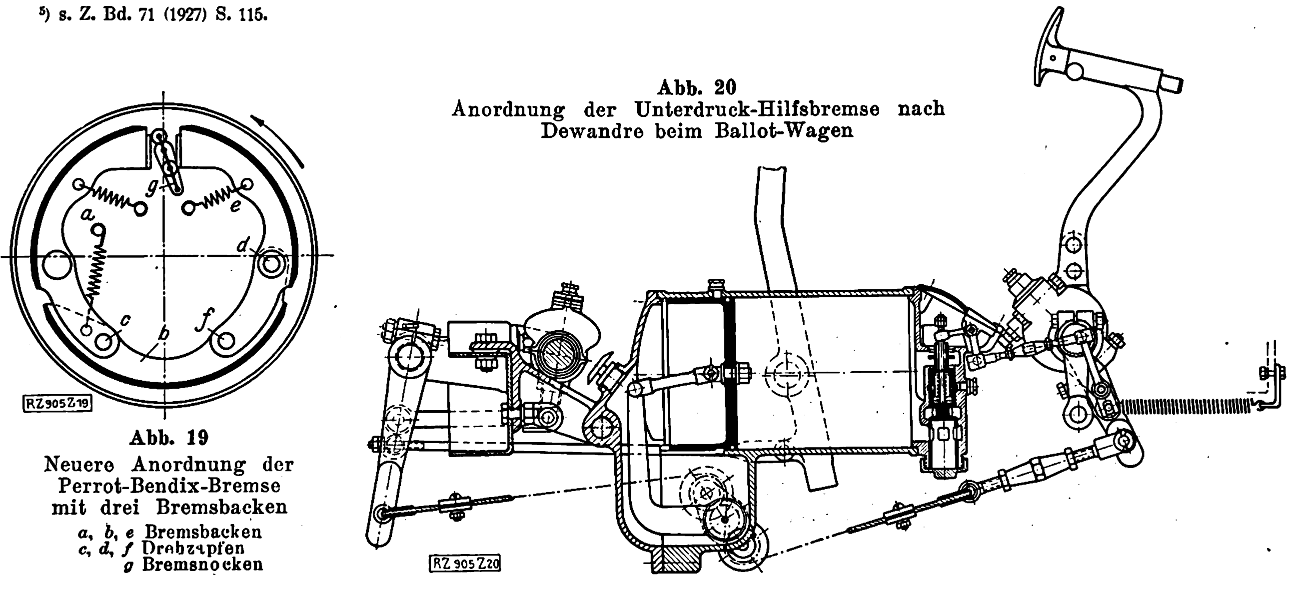


Abb. 20
Anordnung der Unterdruck-Hilfsbremse nach Dewandre beim Ballot-Wagen

Der Kugelschlag-Härteprüfer [1])

Um die gemeinhin als Härte empfundene Werkstoffeigenschaft auszudrücken, hat sich in der Werkstoffprüfung, ausgehend von Brinell, der Begriff der Kugeldruck- oder Brinellhärte eingeführt, ein Wert, der sich aus dem Verhältnis der Belastung einer Stahlkugel beim Eindrücken in den zu prüfenden Werkstoff zu der Größe der kugeligen Oberfläche selbst ergibt. Insbesondere in der Eisen- und Stahlindustrie hat sich die Härtezahl rasch eingebürgert und als brauchbare Bewertungsziffer der üblichen Baustoffe erwiesen, wenngleich sie, wie die notwendige Normung der Versuchsanordnung ($P = 3000$ kg Belastung, $D = 10$ mm Kugel-Dmr. und bestimmte Belastungsdauer) zeigt, keinen Werkstoff-Festwert darstellt und auch ihre physikalische Erklärung unzulänglich ist.

War man zur Feststellung der Brinellhärte anfangs ganz an den Standort der Brinellpresse und an bestimmte Abmessungen der Probekörper gebunden, so löste jedoch bald die Steigerung der Bedürfnisse das deutlich zu erkennende Bestreben aus, die erforderliche Versuchseinrichtung möglichst beweglich und klein zu gestalten. Zahlreiche sehr brauchbare Sonderkonstruktionen kommen diesem Wunsche nach. Doch müssen für die übliche Art der Versuchsdurchführung die Pressen für eine Kraftäußerung von immerhin 3 t gebaut sein. Bei der Prüfung größerer Stücke, die nicht, wie z. B. Stangen, umklammert werden können, ist es schwierig, das Prüfgerät festzuspannen. Bei dynamischer Prüfung fällt diese Schwierigkeit jedoch ganz weg. So findet man denn auch den — an sich älteren — Gedanken dynamischer Härteprüfung immer wieder auftauchen.

Neben Fallgeräten, über die z. B. Wüst[1a]) ausführlich berichtete, die aber wagerechte Prüfflächen verlangen, ist eine glückliche Lösung in den Schlaghärteprüfern gefunden, bei denen die Stahlkugel mittels einer gespannten Feder in das Prüfstück eingetrieben wird. Ein solches, kaum 2 kg wiegendes Gerät der Bauart Prof. Dr.-Ing. E. h. R. Baumann zeigen Abb. 1 und 2, losgelöst vom Schutzmantel. Ein Schlagbolzen *a* trägt die Stahlkugel *b* und bildet die Führung für den Schlaghammer *c*. Dieser treibt, durch die Schraubenfeder *d* beschleunigt, beim Aufschlagen auf den Bund des Schlagbolzens die Kugel in das Prüfstück ein.

Zu Beginn des Spannens, Abb. 1, wird das Gerät senkrecht auf das Prüfstück gesetzt, hierauf wird gegen das Einspannende der Feder gedrückt. Der Hammer wird durch den Sperrhaken *f* festgehalten, da der Sperrhakenhalter *g* an einem Bunde des Schlagbolzens anliegt. Das eingespannte Federende bewegt sich infolge der ausgeübten Druckkraft gegen das Prüfstück zu, wodurch die Feder so lange zusammengedrückt wird, bis die zur Einstellung des Gerätes verstellbare Auslösebüchse *h* auf den Sperrhaken auftrifft und durch ihr kegeliges Ende den Schwanz des Sperrhakens nach innen drückt. Damit wird der Hammer freigegeben. Der Schlag erfolgt, Abb. 2.

Ein zweiter längerer Sperrhaken *i* gibt nur halbe Federspannung (Stufe ½), also ein Viertel der Schlagarbeit bei Benutzung des Hakens *f* (Stufe 1). Noch weitergehende Änderung der Schlagarbeit wurde durch Einlegen besonderer Ringe bei *r*, Abb. 2, unter gleichzeitiger Verstellung der Auslösebüchse *h* ermöglicht.

Nach Herausnahme der Schraubenfeder kann das Gerät in gleicher Weise als Fallhärteprüfer benutzt werden.

Wichtig ist eine möglichst vollständige Ausnutzung der Schlagenergie. Bei größeren Prüfstücken ist dies leicht; kleine Prüfstücke müssen künstlich die erforderliche Massenträgheit erhalten durch Kupplung mit einer größeren Masse (z. B. sattes Auflegen des Prüfstückes auf träger Unterlage). Frühere Versuche Baumanns zeigten, daß für die Schlagstärke ½ und 1 (Sperrhaken *i* und *f*) eine Masse der Unterlage von 5 und 20 kg eben genügt.

Die Frage, ob aus den so erlangten Eindrücken die eingangs erwähnte Brinellhärte festgestellt werden kann, war ebenfalls versuchsmäßig beantwortet und hatte zur Aufstellung einer Eichtafel geführt, Abb. 3. Die zunächst für Eisen und Stahl bestimmte Tafel weist jedem bei gleicher Schlagarbeit erhaltenen Eindruck eine bestimmte Brinellhärte zu; die Genauigkeit reicht für die Bedürfnisse der Praxis aus. Außer der Härte ist auf der Tafel die Zugfestigkeit k_z angegeben.

Die Absicht, die für die Schlagprüfung gültigen Beziehungen, also z. B. die Abhängigkeit der dynamischen Eindruckdurchmesser von der Schlagarbeit bei gleicher und verschiedener Kugelgröße festzustellen, führte infolge der Verwandtschaft von Druck- und Schlagprüfung von selbst

[1]) Auszug aus Heft 296 der Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, herausgegeben vom Verein deutscher Ingenieure, Berlin 1927.

[1a]) Mitt. aus dem K. W. Institut f. Eisenforschung, Düsseldorf, Bd. 1 (1920) S. 1.

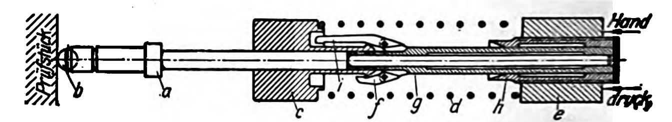


Abb. 1
Schlaghärteprüfer zu Beginn des Spannens

a Schlagbolzen
b Stahlkugel
c Schlaghammer
d Schraubenfeder
e Spannhülse für *d* (Freie Federwindungszahl verstellbar!)
f Sperrhaken
g Sperrhakenhalter
h Auslösebüchse
i Sperrhaken für halbe Federspannung

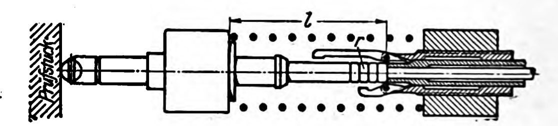


Abb. 2
Schlaghärteprüfer in Schlagstellung
r Einlageringe zum Abstufen der Schlagarbeit

auf den Gedanken, die schon bekannten Verhältnisse des Druckversuches weiter auszubauen und zum Vergleiche nutzbar zu machen.

Die Formel $P = a\,d^n$ gibt den Zusammenhang zwischen Druckkraft P und Eindruckdurchmesser d, wobei der Beiwert a die Kraft zur Erlangung des Eindruckdurchmessers 1 darstellt, also von der Kugelgröße abhängig ist, während der im allgemeinen zwischen 2,0 und 2,5 liegende Exponent n unabhängig von der Größe der Kugel (D) ein Werkstoffestwert[2]) ist; er nimmt ab mit zunehmender Kaltreckung eines Stoffes.

Unter Zugrundelegung der Ähnlichkeitsätze, wonach im wesentlichen bei geometrisch ähnlichen Eindrücken, d. s. Eindrücke gleicher Zentriwinkel φ, die Eindruckkräfte P mit den Eindruckflächen, die Eindruckarbeiten A mit den Eindruckvolumen V wachsen, läßt sich für den mittleren Druck auf die Flächeneinheit schreiben:

$$p = \frac{a\,d^n}{\frac{\pi\,d^2}{4}} = \frac{4}{\pi}\,a\,d^{n-2} = \frac{4}{\pi}\,a\,D^{n-2}\,\sin^{n-2}\frac{\varphi}{2}\,.$$

Der Ausdruck $a\,D^{n-2}$, der im folgenden mit dem Buchstaben K als Kugeldruckhärte abgekürzt ist, stellt darin den unveränderlichen Teil des von Kugeldurchmesser und Belastung abhängigen mittleren Druckes dar.

Waizenegger hatte als Kennzahl die Größthärtezahl H_{max} vorgeschlagen, die den Größtwert des Quotienten aus Kugelbelastung und Kalottenoberfläche darstellt. Es ist

$$H_{max} = K\,\psi, \text{ wobei } \psi = \frac{\left(\frac{\sqrt{n\,(n-2)}}{n-1}\right)^n}{\frac{\pi}{2}\,\frac{n-2}{n-1}} \text{ ist.}$$

[2]) Die Abhängigkeit der Härtezahl überhaupt und auch des Exponenten n von der Härte der Kugel berührt Mailänder, „Stahl und Eisen" Bd. 43 (1925) S. 1769.

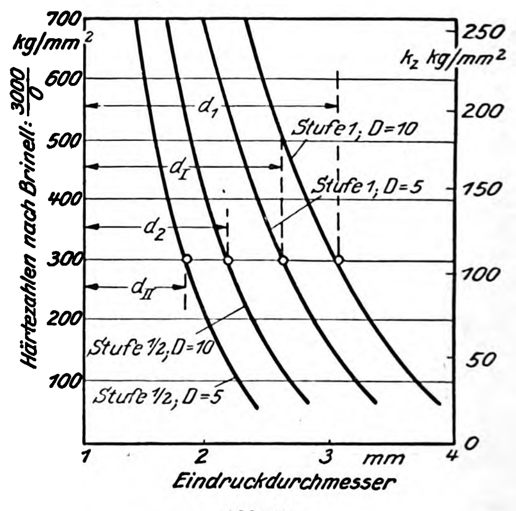


Abb. 3
Eichtafel des Schlaghärteprüfers

Abb. 4
Zusammenhang zwischen Eindruckdurchmesser d und den Härtewerten a, K, p und H_b bei $P = 3000$ kg und $D = 10$ mm

Einen Vergleich einiger Härtezahlen (Brinellhärte H_b, mittlerer Druck p, Kugeldruckhärte K und Beiwert a) zeigt Abb. 4. Die Härtezahlen sind dort über den bei 3000 kg mit Kugel von 10 mm Dmr. erreichten Eindruckdurchmessern aufgetragen. Man erhält je für H_b und p nur eine Kurve, für K und a dagegen je eine für jeden Wert des Exponenten n. Die Kurve der Brinellhärten liegt nun gerade in dem Bereich der K-Kurven, dem die für die üblichen Werkstoffe am häufigsten sich findenden Exponenten n zugrunde liegen. Im allgemeinen (wenn n nicht ausnehmend groß ist) decken sich Brinellhärte H_b und Kugeldruckhärte K fast zahlenmäßig genau; für die Praxis ist aber bedeutungsvoll, daß H_b sich aus einem einzigen Eindrucke feststellen läßt, K dagegen zur Feststellung immerhin zwei verschiedene Eindrücke braucht. Die Brinellhärte ist mithin der einfache Ersatz der Kugeldruckhärte K. Beachtet man hierzu noch die günstige Vergleichsmöglichkeit zwischen Zugfestigkeit und Brinellhärte, so ist verständlich, weshalb diese von Brinell eingeführte Zahl in kurzer Zeit so große Bedeutung erlangen konnte.

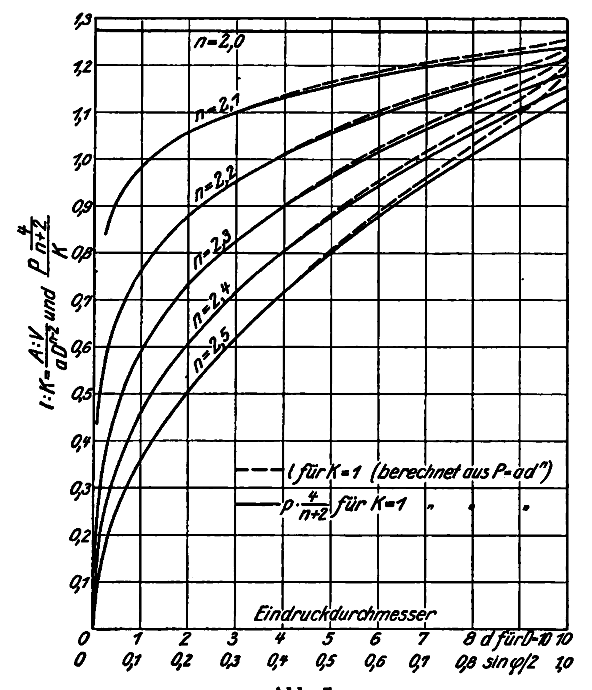


Abb. 5
Zusammenhang zwischen mittlerem Druck und spezifischer Verdrängungsarbeit

Eine Berechnung der Eindruckarbeit A aus dem Potenzgesetze führt auf den Ausdruck:

$$A_1 = K \frac{D^3}{2} \int_0^{\frac{\varphi}{2}} \sin^{n+1} \frac{\varphi}{2} \, d\frac{\varphi}{2};$$

für kleine Eindruckdurchmesser erhält man angenähert, wenn man $m \equiv n + 2$ und $b \equiv \frac{a}{2 D (n+2)}$ setzt: $A_2 = b\, d^m$.

Für das verdrängte Volumen (Kugelkalotte) erhält man

$$V_1 = \frac{\pi D^3}{24} \left(2 - 3 \cos \frac{\varphi}{2} + \cos^3 \frac{\varphi}{2}\right)$$

und angenähert für kleine Eindrücke $V_2 = \frac{\pi}{32} \frac{d^4}{D}$.

Für größere Eindrücke weichen die Werte der angegebenen genauen und Näherungsgleichungen je für A und V erheblich voneinander ab, jedoch ähneln sich die Quotienten $A_1 : V_1$ und $A_2 : V_2$, die als spezifische Verdrängungsarbeit l bezeichnet werden, sehr. Abb. 5 stellt in den gestrichelten Kurven die Quotienten $A_1 : V_1$, in den ausgezogenen die Quotienten $A_2 : V_2$ je für die Härtezahl $K = 1$ dar.

Die spezifische Verdrängungsarbeit l hat dieselbe Dimension wie der mittlere Druck p, nämlich kg/mm². Für kleinere Eindruckdurchmesser hat man zwischen beiden das

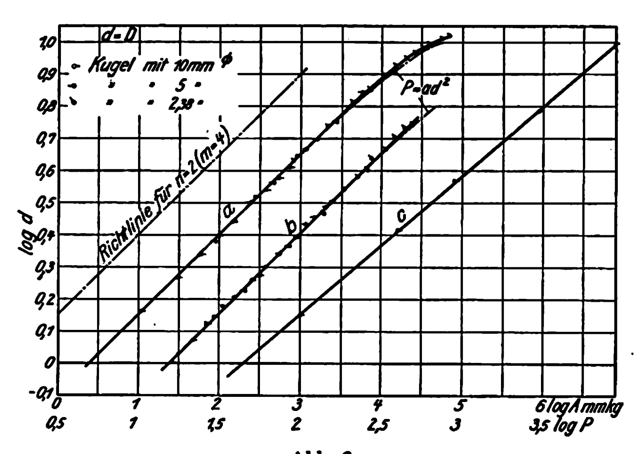


Abb. 6
Versuchswerte von Flußstahl A (bezogen auf die Kugel von 10 mm Dmr.)

Kurve a: Schlagversuch mit Schraubenfeder
„ b: „ „ fallendem Hammer (Der Übersicht wegen um e i n e Einheit nach rechts verschoben)
„ c: Kugeldruckversuch

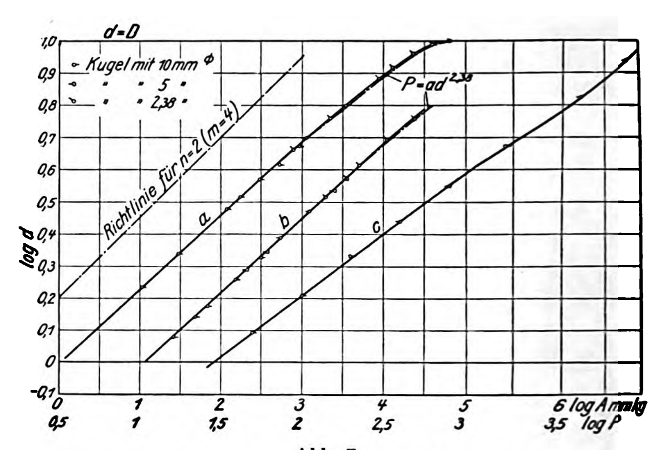


Abb. 7
Versuchswerte von Gußmessing GM_7 bezogen auf die Kugel von 10 mm Dmr.

Kurve a: Schlagversuch mit Schraubenfeder
„ b: „ „ fallendem Hammer (Der Übersicht wegen um e i n e Einheit nach rechts verschoben)
„ c: Kugeldruckversuch

Verhältnis $\frac{p}{l} = \frac{n+2}{4}$ [3]), das auch für die größten Eindrücke brauchbar ist, Abb. 5.

Zur Darstellung der Verhältnisse werden zweckmäßigerweise die Werte für P, A, d usw. nach den Ähnlichkeitssätzen auf die Einheitskugel $D = 10$ mm umgerechnet und logarithmisch aufgezeichnet.

Um festzustellen, inwieweit die aus dem statischen Gesetz berechneten Beziehungen für den Schlagversuch verwertbar sind, wurden mit dem Baumannschen Schlaghärteprüfer verschiedene Stoffe geprüft. Für einen weichen Flußstahl und ein Probestück aus Gußmessing zeigen Abb. 6 und 7 die Ergebnisse. Daraus geht hervor, was durch weitere Versuche bestätigt wurde, daß der Zusammenhang zwischen Schlagarbeit und Eindruckdurchmesser mit großer Genauigkeit dem, wie oben angegebenen, aus dem Potenzgesetze $P = a\,d^n$ berechneten folgt. Die Zahlen-

[3]) Der Quotient $A_2 : V_2$ ist gleichzeitig das $\frac{4}{n+2}$-fache des mittleren Druckes p.

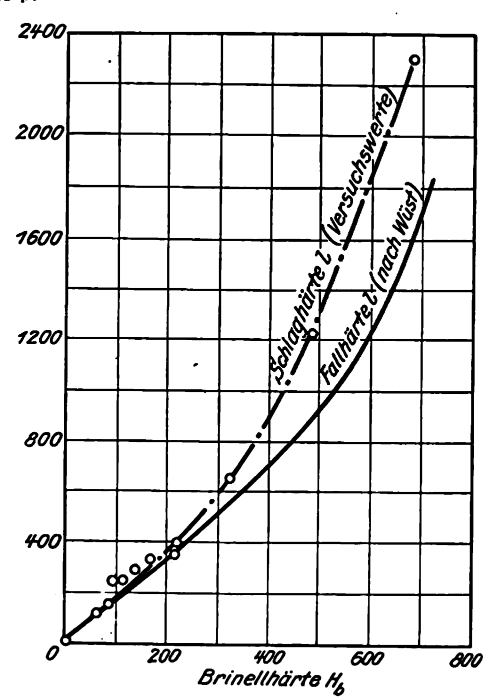


Abb. 8
Gegenüberstellung von Brinellhärte, Fallhärte und Schlaghärte

werte a und n sind jedoch aus verschiedenen Gründen, z. B. durch Arbeitsverluste, durch den Einfluß der Geschwindigkeit und die verschiedene Form von Eindruckrand und Einflußbereich des Eindruckes bei Druck und Schlag verschieden. Der Beiwert a der Schlagprüfung ist also stets wesentlich größer als bei der Druckprüfung; umgekehrt verhalten sich im allgemeinen die Exponenten n. Dabei sind für die Eisengruppe die dynamischen Exponenten so nahe zur Zahl 2 hin zusammengedrängt, daß praktisch in Anbetracht aller Versuchsungenauigkeiten von einer Abweichung nicht gesprochen werden kann. Die spezifische Verdrängungsarbeit l ist nun aber für $n = 2$ unveränderlich, Abb. 5, d. h. unabhängig von Schlagarbeit, Kugel- und Eindruckdurchmesser. Sie kann also als Kennzahl durch einen einzigen Eindruck bestimmt werden; bei Benutzung gleicher Schlagarbeit sind nach obigem diese Härtewerte der vierten Potenz der Eindruckdurchmesser umgekehrt verhältnisgleich.

Zur praktischen Ermittlung von l empfiehlt sich immerhin, die Eindrücke nicht zu klein und nicht zu groß zu wählen, also z. B. durch geeignete Größe der Schlagarbeit die Eindruckdurchmesser in den Bereich zwischen ⅓ und ⅔ des Kugeldurchmessers zu legen.

Ist nun auch teilweise, besonders für Nichteisenmetalle, der dynamische Exponent n von 2 verschieden, also die spezifische Verdrängungsarbeit veränderlich, so läßt sich doch mit dem gleichen Erfolge, wie man bei der Druckprüfung die Brinellhärte bei gleicher Belastung ermittelt, bei der Schlagprüfung die spezifische Verdrängungsarbeit bei gleicher Schlagarbeit als Schlaghärte angeben.

Abb. 8 zeigt an der Hand einiger Versuchswerte eine Gegenüberstellung der Brinellhärte und der spezifischen Verdrängungsarbeit; letztere ist für die Stoffe, wo n von 2 abweicht, für eine Schlagarbeit $A : D^3 = 1$ angegeben. Auf Grund von Abb. 8 kann man gleichzeitig unter Benutzung einer von Wüst angegebenen Kurve Fall- und Schlaghärteprüfer vergleichen. Das Verhältnis der statischen und dynamischen Härtezahlen bleibt nicht genau gleich, sondern ist in geringem Maße von der Härte und teilweise wohl auch vom Werkstoff abhängig.

Sofern man auf Angabe einer rein dynamischen Härtezahl verzichtet, ist die einfachste Nutzbarmachung dieser Zusammenhänge zwischen Brinellhärte und spezifischer Verdrängungsarbeit die in Abb. 3 angegebene, schon früher von Baumann ermittelte Eichkurve. Eine solche kann noch besonders dienlich sein, wenn man unmittelbar vom dynamischen Eindruckdurchmesser auf die Festigkeit zurückschließt, wie dies Baumann schon vor Jahren[4]) mit bestem Erfolge, z. B. sogar auf Hölzer, getan hat und wie es durch die Versuche von Wüst u. a. besonders auf Metalle als erfolgversprechend dargestellt worden ist. [M 766]

Essen Dr.-Ing. I. Claß

[4]) Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens Heft 231, S. 23.

Chemische Analyse kleinster Mengen

Von Dr.-Ing. H. Dieterle, Berlin

Mikrochemische Wage — Kohlenstoff-Wasserstoff-Bestimmung — Kohlenstoff-Stickstoff-Bestimmung auf nassem Weg — Stickstoffbestimmung nach Dumas

Die Mikroelementaranalyse hat Hand in Hand mit der Mikrochemie in dem letzten Jahrzehnt einen ungeahnten Aufschwung genommen. Dieser Aufschwung war nur dadurch möglich, daß die ursprünglichen Arbeitsverfahren weiter ausgearbeitet und die Arbeitsgeräte in weitestgehendem Maße verfeinert wurden, wodurch fast alle durch die Apparatur bedingten Fehler ausgeschaltet werden. Als der Schöpfer der eigentlichen Mikroelementaranalyse ist Prof. Fritz Pregl[1]), Graz, zu nennen, der für diese ausgezeichnete Arbeit den Nobelpreis erhalten hat. Im nachfolgenden werden die gebräuchlichsten bei der Mikroelementaranalyse verwendeten Geräte näher beschrieben.

Mikrochemische Wage

Als Grundbedingung für die Ausführung von Elementaranalysen mit möglichst kleinen Gewichtsmengen war es unbedingt erforderlich, eine Wage zu schaffen, mit der man bei einer verhältnismäßig hohen Belastung noch kleine Gewichtsmengen genau wägen kann. Es ist wiederum das Verdienst Pregls, diese Aufgabe glänzend gelöst zu haben, Abb. 1. Den Anweisungen Pregls folgend, hat Fritz Kuhlmann, Hamburg, eine mikrochemische Wage gebaut, die bei nur 70 mm Balkenlänge und einer zulässigen Höchstbelastung von 20 g im belasteten sowie im unbelasteten Zustand gleichbleibende Empfindlichkeit zeigt. Diese hervorragenden Eigenschaften sind bedingt einerseits dadurch, daß die drei vollkommen geradlinigen Schneiden in einer Ebene liegen und untereinander parallel sind und anderseits dadurch, daß die Balkenkonstruktion eine Starrheit aufweist, daß auch bei der Höchstbelastung eine Durchbiegung nicht nachweisbar ist. Durch weitere Verfeinerung in der Ausführung, in erster Linie auch der Schneiden, ist man in der Lage, mit der Kuhlmannschen Wage bei der zulässigen Höchstbelastung von 20 g das Gewicht mit einer Genauigkeit von ± 0,001 mg festzustellen. Die Empfindlichkeit dieser Wage beträgt also 10^{-7}.

Wie Abb. 1 zeigt, befindet sich oberhalb des Wagebalkens ein Reiterlineal mit 100 ganz gleichartig geschnittenen Kerben. Um am Reiterlineal genau abzulesen, bedient man sich einer an der Reiterverschiebung mitfahrenden Lupe. Bei der mikrochemischen Wage wird ein Reiter von 5 mg Gewicht benutzt; die Wage ist so eingerichtet, daß sie sich im unbelasteten Zustand dann im Gleichgewicht befindet, wenn der 5 mg-Reiter auf dem Nullpunkt des Reiterlineals, also auf der ersten Kerbe über dem linken Gehänge liegt. Die Versetzung des Reiters um einen Teilstrich (von „null" des Reiterlineals aus gerechnet) bedeutet also eine Belastung der Wage auf der rechten Seite von 0,1 mg und die Versetzung des Reiters um 100 Teilstriche eine solche von 10 mg. Nun ist aber die Wage so konstruiert, daß die Belastung von 0,1 mg auf der durch die Spiegelablesung vergrößert erscheinenden Skala einen Ausschlagunterschied von zehn Teilstrichen hervorruft. Hieraus ergibt sich, daß eine Ausschlagdifferenz von einem Skalenteilstrich 0,01 mg entspricht. Bei einiger Übung ist man in der Lage, den Raum zwischen zwei Teilstrichen der Skala in zehn gleiche Teile zu teilen und somit die Tausendstel Milligramme zu schätzen. Hierbei ist jedoch zu beachten, daß der Kopf des Wägenden nicht zu nahe an die Wage kommt, da sonst, selbst bei geschlossenem Wagekasten, Störungen in der Regelmäßigkeit der Schwingungen auftreten. Die einzelnen Teilstriche der Skala werden nicht mit 1, 2, 3 usw., sondern mit 10, 20, 30 bezeichnet, damit man die Tausendstel Milligramme besser ablesen kann. Beim Wägen beobachtet man eine Anzahl Schwingungen nach links und nach rechts und nimmt alsdann von den verschiedenen Ausschlagunterschieden das Mittel. Ist die Wage nach links ausgeschlagen, dann ist das aufgelegte Gewicht zu schwer, der abgelesene Unterschied muß also von dem Gewicht abgezogen werden, während bei einem Ausschlag nach rechts der abgelesene Unterschied dem Gewicht zugezählt werden muß.

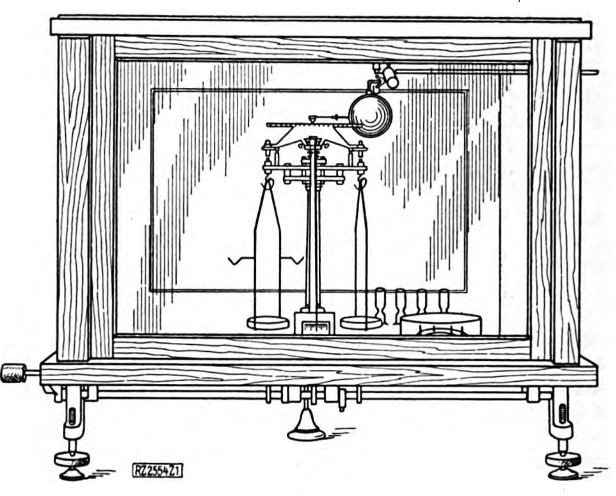


Abb. 1
Mikrochemische Wage nach Pregl

Von den Verfahren der Mikroanalyse kommen für die organische Chemie in erster Linie die quantitative Bestimmung des Kohlenstoffs, des Wasserstoffs und des Stickstoffs in Betracht, daneben auch noch solche Verfahren, mittels deren größere Gruppen, wie Hydroxylgruppen, Methoxylgruppen, bestimmt werden können.

Für diese Bestimmungen werden 2 bis 5 bis 7 mg in Arbeit genommen.

Kohlenstoff-Wasserstoff-Bestimmung

Für die Kohlenstoff-Wasserstoff-Bestimmung verdanken wir Pregl die erste Einrichtung, Abb. 2 und 3. An Stelle der bei der Makroelementaranalyse verwendeten Quetschhähne bedient sich Pregl bei der Sauerstoffzufuhr eines Druckreglers *a*, durch den unvorhergesehene Druck- und infolgedessen Geschwindigkeitsänderungen der zugeführten Gase so gut wie vollkommen ausgeschaltet sind. Der Druckregler selbst besteht aus zwei Glockengasometern *b* und *c*, von denen der eine für die Zufuhr der Luft, der andre für die Zufuhr des Sauerstoffes dient. Die Glockengasometer sind Glasflaschen mit ungefähr 60 mm äußerem Dmr. und 240 mm Höhe. Sie sind bis zur Hälfte mit Wasser gefüllt, dem etwas Natronlauge zugefügt ist, die obere Öffnung ist mit einer übergestülpten Holzkappe *d* verschlossen, mit mittlerer Bohrung, durch die die eigentliche Gasometerglocke in der Höhe verstellbar ist.

Die Gasometerglocke besteht aus einer 200 mm langen Glasröhre von 20 mm lichter Weite, in deren Innerem eine enge Glasröhre bis an die untere offene Gasometerglocke reicht. Diese innere Röhre führt zum Vorratgasometer. Der in das Glockengasometer eingetretene Gasstrom wird zur eigentlichen Verbrennungsanlage durch einen Dreiwegehahn abgeleitet. Von ihm führt ein Gummischlauch, (künstlich gealtert, s. unten) zu dem Blasenzähler, an den zum Reinigen und Trocknen der durchströmenden Gase ein U-Rohr angeschmolzen ist. Der eine Schenkel des U-Rohrs ist zugeschmolzen, während der andre mit einem eingeschliffenen Glasstöpsel verschlossen ist. An dem mit Glasstopfen verschlossenen Schenkel befindet sich der Blasenzähler. Das U-Rohr ist in dem geschlossenen

[1]) Vergl. Pregl, Die quantitative organische Mikroanalyse. 2. Aufl., Berlin 1923.

Schenkel ganz, in dem mit einem Glasschliff verschlossenen zu zwei Dritteln mit feingekörntem Chlorkalzium gefüllt, während das letzte Drittel feingekörnten Natronkalk enthält. In den Blasenzähler gibt man soviel Kalilauge, daß das verjüngte untere Ende gerade in die Flüssigkeit eintaucht. Das Ansatzröhrchen am geschlossenen Schenkel wird nunmehr mit einer kegelig eingezogenen Thermometerkapillare *h* durch Darüberschieben eines mit geschmolzener Vaseline behandelten gealterten Gummischlauchs verbunden und der kegelige Teil der Röhre durch einen Stopfen gesteckt und mit der eigentlichen Verbrennungsröhre aneinandergefügt.

Das Ankleben des Gummistopfens wird dadurch vermieden, daß man den Gummistopfen selbst und die Bohrung mit einer ganz geringen Spur Glyzerin befeuchtet; es ist selbstverständlich, daß der Überschuß durch Abwischen wieder entfernt werden muß. Nachdem nunmehr das U-Rohr mit dem Blasenzähler und der Verbrennungsröhre verbunden ist, muß das Gasvolumen, das in 1 min den Querschnitt der Röhren durchströmt, und die dieser Gasgeschwindigkeit entsprechende Blasenfrequenz bestimmt werden. Dies geschieht nach den Angaben Pregls am zweckmäßigsten nach Verbindung der Mariotteschen Flasche, Abb. 2, mit dem Schnabel der Verbrennungsröhre durch Messen der Wassermenge, die in einem bestimmten Zeitraum in einen Meßzylinder abtropft. Zu gleicher Zeit wird auch die Anzahl von Gasblasen, die den Blasenzähler durchperlen, festgestellt. Man kann auf diese Weise die Geschwindigkeit des Gasstromes beliebig regeln.

Die Verbrennungsröhre selbst besteht aus Jenaer Hartglas und hat 9,5 bis 10,5 mm Dmr.; sie ist mindestens 400 mm lang. An dem einen Ende ist die Röhre zu einem Schnabel verjüngt, der mit den Absorptionsgefäßen des durch die Verbrennung entstandenen Kohlendioxyds und des Wassers verbunden ist. Für die Röhre benutzt man nach Pregl eine sogenannte Universalfüllung; in derartig gefüllte Röhren lassen sich alle Stoffe, ganz gleichgültig, ob sie außer Stickstoff auch Halogene oder Schwefel oder aber beides zugleich enthalten, vollständig einwandfrei verbrennen.

Die Füllung der Röhre wird folgendermaßen vorgenommen: Ein Bäuschchen Silberwolle wird bis an den Schnabel des Verbrennungsrohres ungefähr 10 mm weit vorgeschoben und mittels eines feinen Pfröpfchens Asbest abgeschlossen. Auf diesen Asbestpfropfen trägt man nun eine 20 bis 25 mm lange Schicht von Bleisuperoxyd oder Bleisuperoxydasbest auf. Die Bleisuperoxydschicht ist deshalb unentbehrlich, weil es sich gezeigt hat, daß das Bleisuperoxyd ein ganz zuverlässiges Mittel zur Absorption für höhere Oxyde des Stickstoffes darstellt.

Da das Bleisuperoxyd die Eigenschaft hat, bei gleichbleibender Temperatur gleichbleibende Mengen Wasser zurückzuhalten, wird der Teil der Röhre, worin sich die Bleisuperoxydschicht befindet, besonders geheizt und zwar mittels einer sogenannten Hohlgranate Abb. 2, *l*. In diese Hohlgranate wird eine bei einer bestimmten Temperatur siedende Flüssigkeit — man verwendet gewöhnlich Cymol — gefüllt und die Röhre durch Umwickeln mit Asbest vollständig fest eingesetzt. Dadurch wird das Entstehen eines äußeren Luftstromes unterbunden, der naturgemäß Temperaturschwankungen bedingen würde.

Die Bleisuperoxydschicht wird wiederum mit einem Asbestpfropfen, der ungefähr 7 mm lang ist, abgeschlossen. Die Aufgabe dieses Pfropfens ist es, an dieser Stelle die größte Gasreibung in der ganzen Anordnung hervorzurufen, wodurch naturgemäß über diese Stelle in gleichen Zeiten stets nur gleiche Gasmengen durchstreichen können. Dann trägt man auf diesen Bremspflock erneut eine 30 mm lange Schicht von Tressensilber auf und schließt sie wieder mit einem Asbestpfropfen. Nunmehr füllt man die Röhre in einer Länge von ungefähr 140 mm mit einem Gemisch, bestehend aus feingekörntem Kupferoxyd und Bleichromat, das man wiederum mit einem Asbestpfropfen gegen eine ungefähr 30 mm lange Schicht von Tressensilber abschließt. Vor diese Schicht aus Tressensilber bringt man in einem kleinen Platin- oder Porzellanschiffchen die zu verbrennende Substanz und verbindet alsdann die Röhre einerseits mit dem Druckregler, dem U-Rohr mit Blasenzähler, während man den Schnabel der Röhre mit den Absorptionsgefäßen in Verbindung bringt. Abb. 4 zeigt die gefüllte Verbrennungsröhre während der Verbrennung.

Die zur Zeit im Gebrauch befindlichen Absorptionsgeräte sind wesentlich gegenüber den früheren Ausführungen verbessert worden. Während nämlich bei den früher benutzten Geräten das Füllen große Schwierigkeiten be-

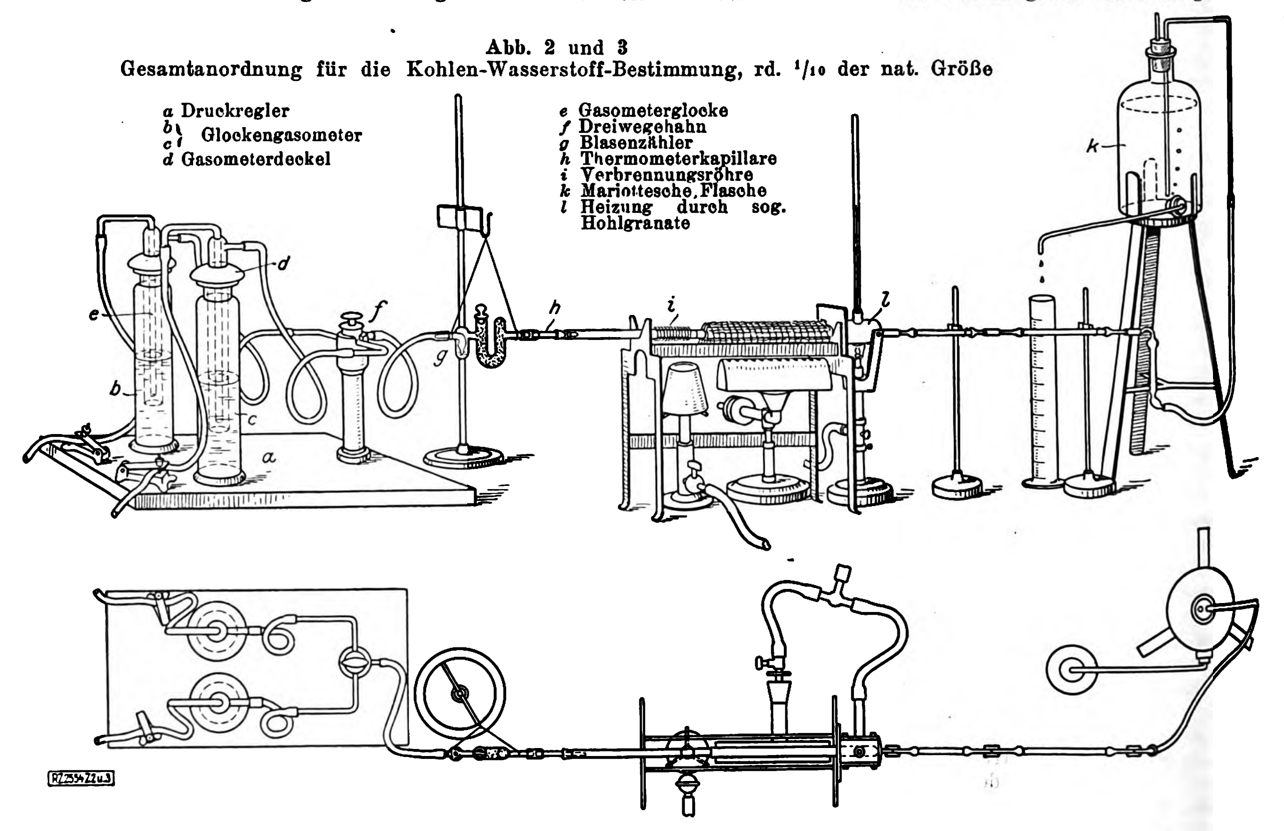


Abb. 2 und 3
Gesamtanordnung für die Kohlen-Wasserstoff-Bestimmung, rd. 1/10 der nat. Größe

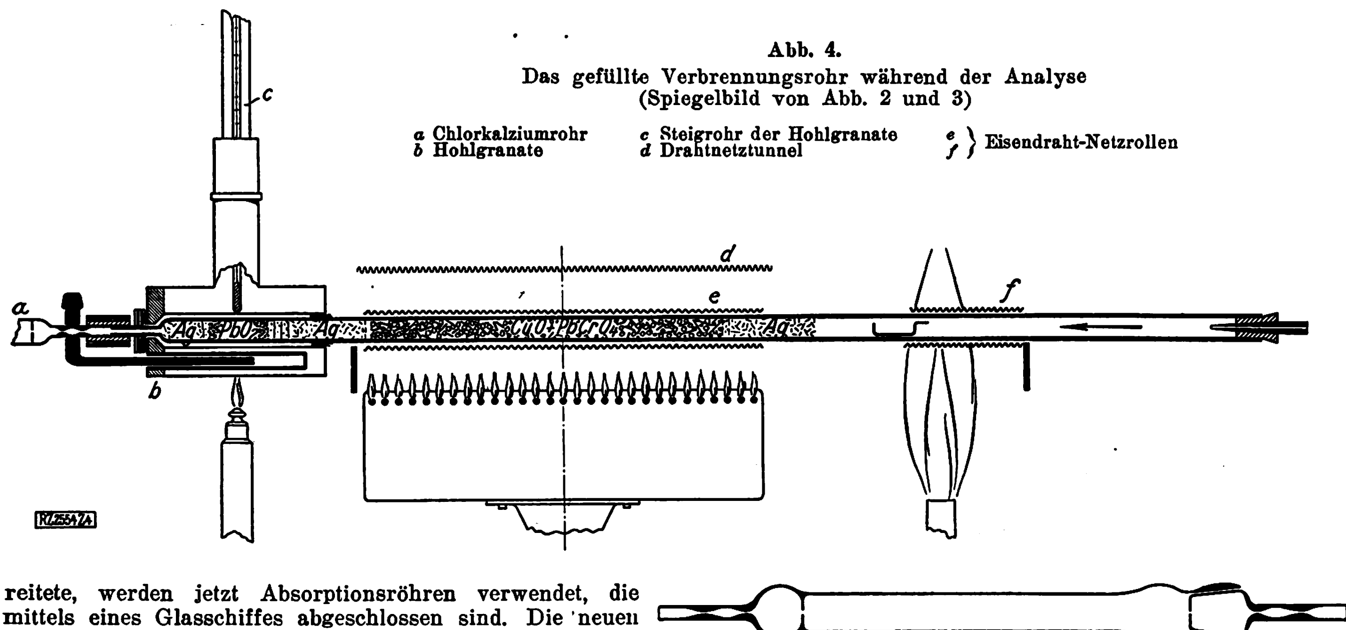


Abb. 4.
Das gefüllte Verbrennungsrohr während der Analyse
(Spiegelbild von Abb. 2 und 3)

a Chlorkalziumrohr *b* Hohlgranate *c* Steigrohr der Hohlgranate *d* Drahtnetztunnel *e*, *f* Eisendraht-Netzrollen

reitete, werden jetzt Absorptionsröhren verwendet, die mittels eines Glasschiffes abgeschlossen sind. Die neuen Absorptionsgeräte, Abb. 5, zeigen röhrenförmige Gestalt; an dem einen Ende befindet sich eine Vorkammer von 10 bis 12 mm Länge sowie ein Ansatzröhrchen mit zwei kapillaren Verjüngungen, während das andre Ende mit einem eingeschliffenen Hohlstopfen verschlossen ist. In diesem Hohlstöpsel befindet sich auf der der Röhre zugewandten Seite eine feine Öffnung, wodurch die Verbindung mit der Röhre selbst hergestellt ist, während die andre Seite des Glasstöpsels mit einem ebenfalls zwei kapillare Verjüngungen tragenden Ansatzröhrchen versehen ist.

Das erste Absorptionsgefäß wird mit entwässertem, feingekörntem Chlorkalzium gefüllt und dient zur Aufnahme des entstandenen Wassers, während das zweite Absorptionsgefäß, worin die Kohlensäure aufgenommen werden muß, mit schwach angefeuchtetem, ebenfalls feingekörntem Natronkalk gefüllt ist. Das letzte Drittel dieses Röhrchens füllt man, nachdem man die Natronkalkschicht mit Watte abgeschlossen hat, nochmals mit feingekörntem Chlorkalzium. Die auf diese Weise gefüllten Röhren werden in der bei der Makroelementaranalyse üblichen Weise vorbereitet und nach Verschluß mit passenden Schlauchkappen unter Beobachtung besonderer Vorsichtsmaßregeln gewogen und alsdann mit der Verbrennungsröhre verbunden. Sämtliche Verbindungen bei der oben beschriebenen Apparatur werden mit Gummischläuchen hergestellt, die jedoch einer besonderen Behandlung unterzogen werden müssen. Pregl gibt eine ausführliche Beschreibung dieser Behandlung.

Die eigentliche Ausführung der Analyse beginnt man nach Pregl zweckmäßig mit dem Ausglühen der Verbrennungsröhre mittels des Langbrenners; zugleich wird auch die Hohlgranate angeheizt. Inzwischen nimmt man die Wägung der Substanz (2 bis 6 mg) sowie der nach besonderen Vorschriften gereinigten Absorptionsgefäße vor. Nach dem Zusammenfügen und Verschließen der Absorptionsröhrchen bringt man sie zugleich mit der sich in einem Exsikkator (Austrockner) befindenden Substanz zu dem Verbrennungsofen. Hier stellt man zuerst die Verbindung zwischen dem Chlorkalziumrohr und der Verbrennungsröhre her und verbindet alsdann die Natronkalkröhre mit der Mariotteschen Flasche. Nachdem so die Absorptionsapparate eingefügt sind, bringt man die Substanz auf einem Schiffchen ebenfalls in die Verbrennungsröhre, und zwar derart, daß zwischen Schiffchen und der Rohrfüllung noch ein Zwischenraum von ungefähr 15 mm vorhanden ist. Nachdem man sich noch davon überzeugt hat, daß die ganze Apparatur vollständig dicht ist, schreitet man zur Verbrennung der Substanz.

Zu diesem Zwecke wird das kurze, über dem Verbrennungsrohr verschiebbare Röllchen aus Eisendrahtnetz so gestellt, Abb. 2, *i*, daß der äußere Rand eben bis zum Schiffchen reicht; nun wird dieses Röllchen mit dem ver-

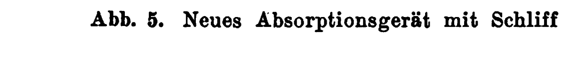


Abb. 5. Neues Absorptionsgerät mit Schliff

schiebbaren Brenner allmählich erhitzt. Alsdann wird das Röllchen immer weiter über das Schiffchen gezogen, indem man gleichzeitig auch den Brenner im gleichen Verhältnis mitbewegt. Hierbei ist vor allen Dingen davor zu warnen, das Vorwärtsbewegen des Röllchens und des Brenners zu überhasten, da sonst der Gasstrom leicht ins Stocken gerät, wodurch die Verbrennungsgase zurückschlagen und Fehler entstehen. Nachdem man mit dem beweglichen Brenner bis zum Langbrenner gekommen ist, läßt man nun an Stelle des bis jetzt verwendeten Sauerstoffes Luft in das Verbrennungsrohr durch entsprechende Umschaltung des Dreiwegehahns eintreten. Das von dieser Zeit ab aus der Mariotteschen Flasche abtropfende Wasser wird in einem Meßzylinder aufgefangen; sobald 100 cm^3 abgeflossen sind, kann man annehmen, daß das gesamte Kohlendioxyd und jeglicher Wasserdampf in die Absorptionsröhrchen übergetrieben ist. Man bringt nunmehr, nachdem man den Hebel der Mariotteschen Flasche hochgestellt hat, die Absorptionsgeräte in den Kasten der Wage und reinigt sie nach dem bei der Mikroanalyse allgemein üblichen Verfahren. Nach der Abkühlung werden die Absorptionsgefäße gewogen.

Bei der richtigen Ausführung einer Mikroelementaranalyse nach Pregl spielen die Gummiverbindungen und ihre Vorbereitungen eine sehr große Rolle; zugleich sind sie aber auch eine nicht außer acht zu lassende Fehlerquelle. Ernst Müller und Hertha Willenberg[3]) haben versucht, sämtliche Gummiverbindungen in der Apparatur vollständig auszuschalten und durch Glasschliffe zu ersetzen. Auch sonst haben diese beiden Forscher verschiedene Änderungen an der Apparatur angebracht, um sie recht handlich zu machen. Auf Grund eines mehrjährigen Arbeitens mit der Müllerschen Apparatur kann ich die von Pregl in seinem Buche, S. 53, gemachten Befürchtungen nicht teilen, zumal da eine Ausbesserung der Apparatur bei eingetretenem Bruch ohne irgendwelche Schwierigkeiten zu bewerkstelligen ist. Die Zusammenstellung der Apparatur ist aus Abb. 6 ersichtlich. Ein wesentlicher Unterschied besteht darin, daß Müller die Absorptionsgefäße mit Sauerstoff sättigt und dann zur Wägung bringt; bei dieser Apparatur fallen also das Glasglockengasometer sowie der Dreiwegehahn weg. Der zur Verbrennung nötige Sauerstoff wird unmittelbar einer Sauerstoffbombe entnommen; er gelangt durch das Rohr *a* in die Geräte.

Zur Reinigung wird der Sauerstoff durch eine über dem Langbrenner gelegene und mit Kupferoxyd gefüllte Röhre geleitet; er strömt alsdann in das sowohl als Wasch-

[3]) Journ. f. prakt. Chem. Bd. 99 (1919) S. 84.

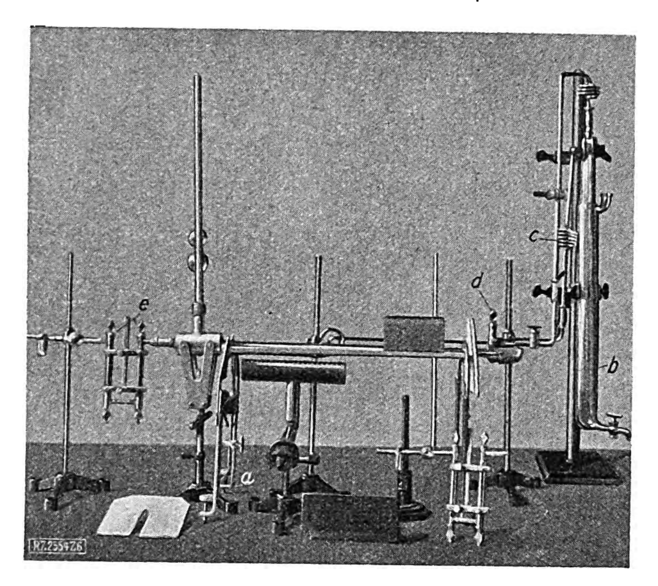


Abb. 6
Apparatur von Ernst Müller und Hertha Willenberg
a Zuleitung für Sauerstoff *b* Druckrohr *c* Glasschlange
d Chlorkalziumröhre mit Tropfenzähler *e* Absorptionsgefäße

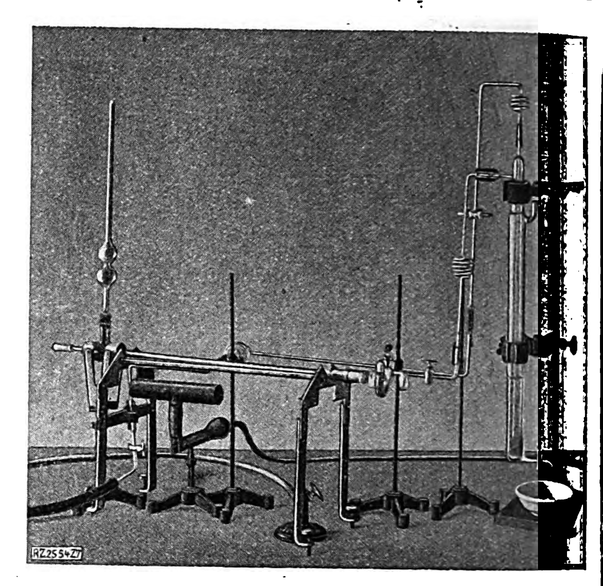


Abb. 7
Einrichtung der Verschlußkappe der Verbrennungsröhre

flasche wie auch als Druckregler dienende Glasgefäß *b*. Dieser Druckregler besteht aus einem oben offenen, unten mit einer Abflußröhre und Glashahn versehenen Glasmantel, in den ungefähr 5 bis 10 cm oberhalb des Bodens das Zuleitungsrohr für den Sauerstoff mündet. An dem Punkte, wo das Zuleitungsrohr in den Glasmantel einbiegt, ist um das Zuleitungsrohr eine weitere, unten offene Glasröhre angeschmolzen, die mit ihrem offenen Ende in der gleichen Höhe wie das Zuleitungsrohr endigt und oben eine rechtwinklig angeschmolzene Glasröhre trägt. Der äußere Glasmantel wird nun bis zu einer bestimmten Höhe mit Kalilauge gefüllt, womit der Sauerstoff gewaschen wird. Da man aber durch Hinzufügen von Kalilauge in den äußeren Mantel in der Lage ist, den Druck zu erhöhen, so dient dieses Gefäß, wie schon oben erwähnt, zugleich auch als Druckregler. Der so gewaschene Sauerstoff gelangt nunmehr durch die Röhre *c* zu einem mit Kalilauge gefüllten Blasenzähler, an dem eine U-förmige, mit einem Glasstöpsel verschlossene und mit Chlorkalzium gefüllte Röhre angeschmolzen ist, und von dort aus durch einen sehr sinnreich konstruierten Verschluß an das eigentliche Verbrennungsrohr.

Die Einrichtung der Verschlußkappe der Verbrennungsröhre zeigt Abb. 7. Als Absorptionsgefäße bedienen sich Müller und Willenberg nicht der von Pregl empfohlenen Geräte, sondern sie verwenden dünnwandiges Glasrohr von ungefähr 135 mm Länge, das zur Aufnahme der Füllung dient und an den beiden Enden mittels zweier drehbarer Hahnschliffe verschlossen ist, *a* in Abb. 6. Die Hahnschliffe haben seitlich eine Bohrung, so daß durch entsprechende Drehung eine Verbindung mit den beiden Ansatzröhren hergestellt werden kann. Auch die Verbindung zwischen den beiden Absorptionsröhrchen ist bei der Apparatur nach Müller-Willenberg mittels eines sehr langen Schliffes hergestellt, so daß also auch hier die Gummiverbindung vollständig ausgeschaltet ist. Auf eine sorgfältige Reinigung der Schliffe vor dem Wägen muß natürlich größte Sorgfalt verwendet werden. Mittels einer elastischen Feder werden die beiden Röhrchen auf ein Messingrähmchen aufgespannt, das auf einem Ständer aufgehängt werden kann.

Die Handhabung dieser Verbrennungsapparatur ist im großen und ganzen dieselbe, wie bei der Preglschen Anordnung, so daß hier nicht näher auf diesen Punkt eingegangen zu werden braucht.

Kohlenstoff-Stickstoff-Bestimmung auf nassem Wege

Eine Anordnung, mittels der man in die Lage versetzt ist, mit ein und derselben Menge Substanz den Kohlenstoffgehalt einerseits und den Stickstoffgehalt anderseits zu bestimmen, wird in nachfolgendem näher beschrieben.

Die Geräte zur Kohlenstoffbestimmung. Der Kohlenstoff wird durch Oxydation der Substanz mit Kaliumdichromat und Schwefelsäure im Sauerstoffstrom bestimmt. Abb. 8 zeigt den Aufbau des Gerätes. Der untere Teil der Waschflasche ist mit konzentrierter Schwefelsäure ungefähr 1 cm hoch gefüllt. Die Spitze der nach unten gebogenen Röhre muß in die Schwefelsäure eben eintauchen. Ungefähr 7 cm vom Boden entfernt befindet sich an der Waschflasche eine Einschnürung; diese Einschnürung ist von oben mit einem Glaswollebausch verschlossen; der übrige Raum der Waschflasche ist mit einem Gemisch von Natronkalk und Chlorkalzium angefüllt.

Die Kugel des Verbrennungskölbchens *d* faßt ungefähr 10 bis 15 cm³. Der Tropfenzähler *e* enthält konzentrierte Schwefelsäure, und die Röhre *f* ist mit Chlorkalzium gefüllt. Um dem Gerät größere Haltbarkeit zu verleihen, ist zwischen das Kölbchen *d* und den Tropfenzähler *e* eine Spirale geschaltet. Die 23 cm lange Verbrennungsröhre *g* enthält zwischen zwei Rollen aus Kupferdrahtnetz von je 2 cm Länge eine etwa 8 bis 9 cm lange Schicht eines Gemisches von Kupferoxyd in Stäbchenform und gekörntem Bleichromat. Das Rohr selbst ruht auf einer auf der inneren Seite mit dünnem Asbestpapier ausgelegten Rinne aus Eisen, die von zwei Haltern *h* getragen wird. Zum Schutze der beiden Schliffe des Ver-

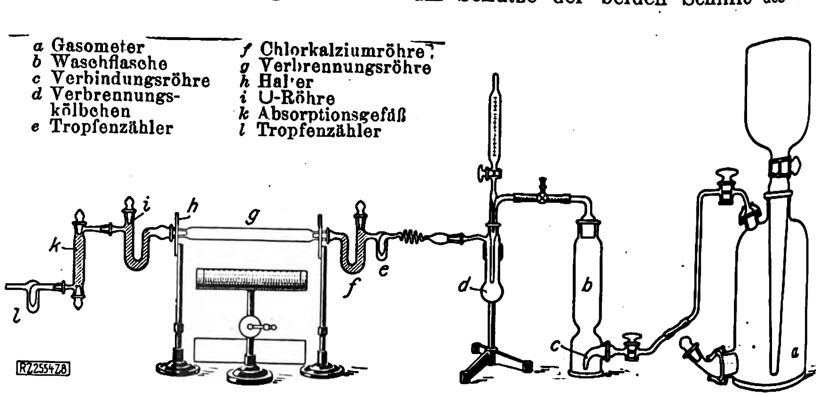


Abb. 8. Gerät zur Kohlenstoffbestimmung auf nassem Wege

brennungsrohres werden über dieses zwei Asbestscheiben gestülpt. Zum Heizen der Röhre dient ein Brenner von 12 cm Länge, der beiderseits mit Schienen, die zum Tragen eines mit Asbest ausgekleideten Schutzdaches dienen, versehen ist. Die U-förmig gebogene Röhre *i* mündet mittels eines langen Schliffes in das eigentliche Absorptionsgefäß *k*. Das Absorptionsröhrchen ist zu zwei Dritteln mit Glaswolle gefüllt, die man mit 10 bis 12 Tropfen sehr stark konzentrierter Kalilauge befeuchtet; das letzte Drittel ist mit Chlorkalzium beschickt. Gegen das Chlorkalzium ist die mit Kalilauge getränkte Glaswolle durch einen ziemlich fest gestopften Glaswollpfropfen abgesperrt. Das Röhrchen ist mit dieser Füllung für 4 bis 6 Verbrennungen ohne weiteres zu gebrauchen. Die Kalilauge tropft man mittels einer Pipette zu, während gleichzeitig mittels der Saugpumpe gesaugt wird. Als Abschluß ist an die Absorptionsröhre wiederum ein mit konzentrierter Schwefelsäure angefüllter Tropfenzähler angeschlossen.

Die Analyse wird nun so ausgeführt, daß man in dem Verbrennungskölbchen die Substanz mit Kaliumdichromat mischt und durch Zutropfen von konzentrierter Schwefelsäure zu diesem Gemenge die Substanz oxydiert. Die hierbei entstehende Kohlensäure wird mittels eines Sauerstoffstromes durch die Apparatur hindurchgetrieben und in dem Absorptionsgefäß *k* aufgenommen. Aus der Gewichtzunahme des Gefäßes *k* wird der Gehalt der Substanz an Kohlenstoff berechnet.

Die Geräte zur Stickstoffbestimmung. Die Stickstoffbestimmung wird in dem zur Verbrennung benutzten Kölbchen ausgeführt, und zwar nach dem Verfahren von Kjeldahl. Die hierzu nötige Einrichtung geht aus Abb. 9 hervor. Das Verbrennungskölbchen *a* verschließt man mit einem Hohlschliff, an den nach der Kugel des Kölbchens zu eine Glasröhre angeschmolzen ist, die fast bis auf den Boden der Kugel reicht, dort umgebogen und zur Kapillare ausgezogen ist. Die Ausflußröhre des Scheidetrichterchens reicht bis durch den Hohlschliff. Die trichterförmige Erweiterung der Röhre *d* ist zur Abdichtung des Glasstopfens während der Bestimmung mit Quecksilber gefüllt, damit ein genügender Verschluß gewährleistet ist. Die Röhre *d* selbst führt in ein eine entsprechende Menge Säure enthaltendes Rundkölbchen aus Jenenser Glas. Die Bestimmung wird nun so vorgenommen, daß die saure Flüssigkeit im Kölbchen *a* durch Zufließenlassen von konzentrierter Natronlauge aus dem Scheidetrichter *c* alkalisch gemacht wird, wodurch das aus dem vorhandenen Stickstoff gebildete Ammonsulfat zerlegt wird. Das nunmehr freigewordene Ammoniak wird mit Wasserdampf, der in *b* erzeugt wird, durch *d* in die Vorlage übergetrieben und dort von der vorgelegten Säure aufgenommen. Durch Zurücktitrieren der überschüssigen Säure kann der Stickstoffgehalt berechnet werden[3]).

[3]) Näheres über die Ausführung der Bestimmung vergl. Archiv der Pharmazie Bd. 262 (1924) S. 35.

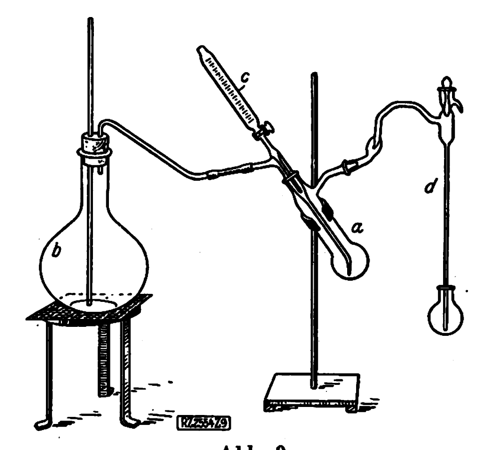


Abb. 9
Gerät zur Stickstoffbestimmung nach Kjeldahl
a Verbrennungskölbchen *c* Scheidetrichter
b Kochflasche *d* Röhre zum Übertreiben von Ammoniak in die Vorlage

Stickstoffbestimmung nach Dumas

Zur Bestimmung des Stickstoffes in organischen Körpern hat Pregl ein gasvolumetrisches Mikroverfahren ausgearbeitet, das sich sehr rasch und bequem in der Apparatur nach Abb. 10 ausführen läßt. Die Verbrennung selbst wird im Kohlensäurestrom ausgeführt; die hierzu nötige Kohlensäure stellt man sich in einem Kippschen Apparat *a* dar.

Um die in diesem Apparat befindlichen Luftanteile möglichst bald und vollständig zu entfernen, ist an das innere Ende des Glashahnes, der mittels eines Gummistopfens in der Tubulatur der mittleren Kugel befestigt wird, eine hakenförmig gebogene Glasröhre *b* mit einem Gummischlauch angebracht, und zwar derart, daß durch diesen Ansatz die am höchsten Punkte der Kugel befindlichen Gase zuerst entfernt werden. Der zur Kohlensäureentwicklung dienende Marmor, sowie die Salzsäure werden besonderen Reinigungsverfahren unterworfen. Sodann läßt man sehr rasch Salzsäure zuströmen und erreicht, daß der Kippsche Apparat möglichst vollständig von etwa noch vorhandener Luft befreit wird. Es ist natürlich unbedingt nötig, daß man mit einem möglichst von jeglicher Luft befreiten Kohlendioxyd arbeitet, da sonst nicht unbeträchtliche Fehler entstehen. Das Kohlendioxyd wird nunmehr durch ein gläsernes Verbindungsstück zum eigentlichen Verbrennungsrohr *c* weitergeleitet. Die Verbindung selbst wird nach

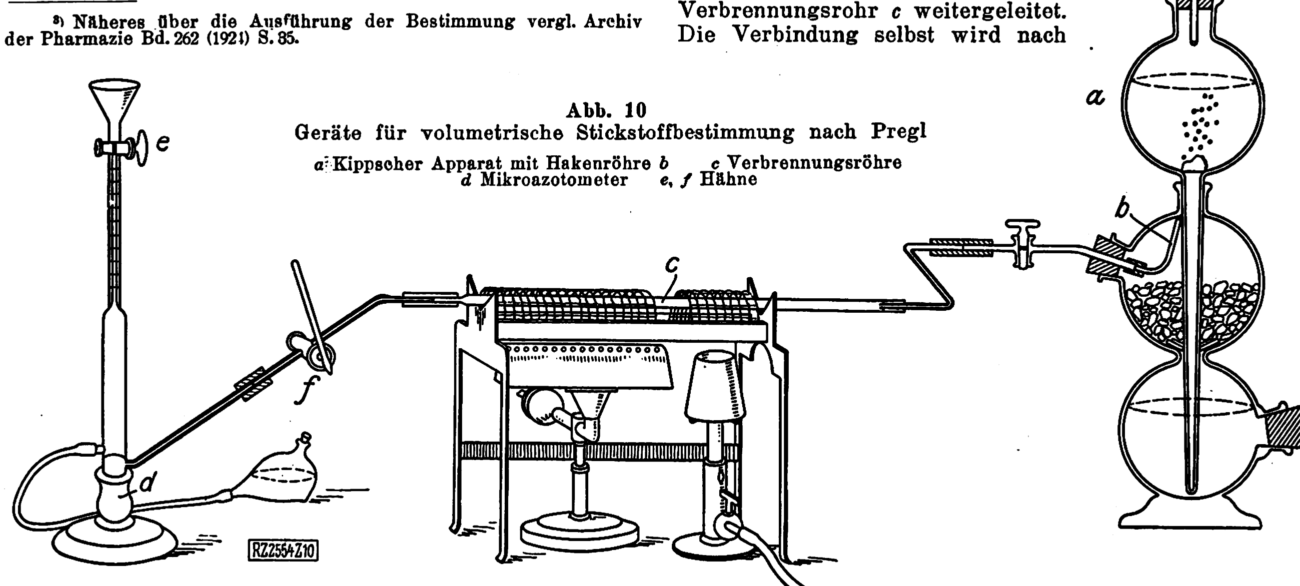


Abb. 10
Geräte für volumetrische Stickstoffbestimmung nach Pregl
a Kippscher Apparat mit Hakenröhre *b* *c* Verbrennungsröhre
d Mikroazotometer *e*, *f* Hähne

Pregl mittels eines gutschließenden Gummistopfens vorgenommen. Die Verbrennungsröhre *c* hat einen Schnabel und ist rd. 400 mm lang. Der Schnabel wird leicht mit einem kleinen Asbestschlauch verschlossen; auf ihn füllt man in einer Länge von ungefähr 130 mm drahtförmiges Kupferoxyd und schließt diese Füllung wiederum mittels eines Asbestpropfens ab. Man reduziert nunmehr ungefähr 40 mm der Kupferoxydschicht durch Erhitzen im Wasserstoffstrom, und zwar beginnt man an der dem Schnabel entgegengesetzten Seite.

Auf diese in der oben geschilderten Weise vorbereitete Füllung, die für eine große Anzahl von Analysen zu gebrauchen ist, kommt nunmehr die mit Kupferoxyd in einem besonderen Röhrchen vermischte zu untersuchende Substanz. Nachdem das Mischröhrchen mehrmals mit Kupferoxyd nachgespült ist, wird die Verbrennungsröhre auf der einen Seite mit dem Kippschen Apparat verbunden, während der Schnabel mittels eines Gummistückchens mit dem mit einem Hahn versehenen Zwischenstück *f* des Mikroazotometers *d* in Verbindung gebracht wird. Nur der engere Teil des Azotometers ist eingeteilt, und zwar in $^1/_{100}$ cm³. Der Nullpunkt der Teilung liegt am Hahn *e*.

Das Azotometer wird zur Analyse mit Kalilauge (50 vH) gefüllt, die unter ganz bestimmten Gesichtspunkten hergestellt ist. Zuerst wird die Luft aus dem Gerät durch Hindurchleiten von Kohlensäure verdrängt. Gleichzeitig heizt man die Verbrennungsröhre langsam bis zur Rotglut an. Um festzustellen, ob alle Luft aus der Versuchsanlage verdrängt ist, füllt man das Azotometer durch Heben der Birne mit Kalilauge und beobachtet die nunmehr aufsteigenden Gasblasen. Der Gasstrom wird durch Stellen des Hahnes *e* so geregelt, daß 1 bis 2 Blasen in 1 s aufsteigen. Wenn wirklich alle Luft verdrängt ist, dann zeigen die aufsteigenden Gasbläschen einen Durchmesser von 0,2 Teilstrichen der Skala. Hat man sich nun davon überzeugt, daß die ganze Anordnung frei von Luft ist, dann beginnt man mit dem langsamen Erhitzen der Mischung von Kupferoxyd mit dem zu untersuchenden Körper, während man gleichzeitig den Hahn des Kippschen Apparates schließt und den Hahn des Zwischenstückes vollständig öffnet. Der Brenner unter der Substanz darf erst dann weiter verschoben werden, wenn die Blasenbildung erlahmt. Nachdem auf diese Art die ganze Mischung durchgeglüht ist, schließt man den Hahn des Zwischenstückes vollständig und öffnet zugleich den Hahn des Kippschen Apparates. Nunmehr stellt man den Hahn des Zwischenstückes derart ein, daß eine Blase in 2 s hindurchstreichen kann. Nach ganz kurzer Zeit kann man bemerken, daß die in das Azotometer eintretenden Gasblasen plötzlich kleiner zu werden beginnen, um dann allmählich wieder auf die oben erwähnte Größe der sogenannten Mikrobläschen herabzusinken. Sobald dies der Fall ist, wird der Hahn *f* des Zwischenstückes geschlossen, das Azotometer aus der Anordnung herausgenommen und das Gasvolumen in der allgemein bekannten Art und Weise abgelesen. Bei der Berechnung ist zu berücksichtigen, daß 2 vH des abgelesenen Volumens in Abzug gebracht werden müssen[4]).

Auch für die Stickstoffbestimmung haben Müller und Willenberg ein Gerät geschaffen, bei dem an Stelle der Gummiverbindung nur Schliffe verwendet werden. Um die Zerbrechlichkeit dieses Gerätes und auch jenes für die Kohlenstoff-Wasserstoff-Bestimmung herabzusetzen, sind die zur Verwendung gelangenden Glasröhren stellenweise zu federnden Spiralen ausgezogen, ein Verfahren, das sich in der Praxis als recht zweckmäßig erwiesen hat, vergl. Abb. 8.

Die für die Bestimmung von Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff gebräuchlichsten Mikroverfahren sind in vorstehenden Ausführungen einer kurzen, aber keineswegs erschöpfenden Besprechung unterzogen worden. Auch für eine ganze Anzahl andrer Bestimmungen sind gut auszuführende Mikroverfahren im Gebrauch, z. B. für Hydroxylgruppen, Methoxylgruppen u. a. m., auf die aber hier nur hingewiesen werden kann.

[2554]

[4]) Vergl. a. a. O. S. 87

Mit Netzstrom geheizte Röhren

Der Wunsch nach Kathodenröhren, die unmittelbar aus dem Netz geheizt werden können, ist fast so alt, wie die Rundfunktechnik überhaupt. Nicht nur das Ausland, sondern auch das Inland, in Deutschland die Firma Telefunken, hat sich schon seit langem mit der Konstruktion netzgeheizter Röhren beschäftigt. Erst den Firmen Radioröhren-Laboratorium Dr. Nickel und Dr. G O. Spanner (Delta-Valve) ist es gelungen, netzgeheizte Röhren herauszubringen, die den Ansprüchen der großen Masse genügen. Der Verbraucher verlangt, daß eine netzgeheizte Röhre keinerlei Umänderungen im Empfänger und andre Umständlichkeiten mit sich bringt. Den beiden genannten Firmen ist es gelungen, netzgeheizte Röhren zu konstruieren, die sich ohne weiteres an der Stelle von Normalröhren in einen Empfänger einsetzen und wie diese bedienen lassen. Die Ultra-Sinus A und E (Dr. Nickel) eignet sich für Empfänger von fast beliebiger Röhrenzahl, während die Deltaröhre in Empfängern bis vier Röhren ohne weiteres benutzt werden kann.

Während bei der Ultraröhre von Dr. Nickel die Elektronenemission nicht vom eigentlichen Heizfaden, sondern von einem Glühkörper ausgeht, der durch Wärmeübertragung vom eigentlichen Glühfaden geheizt wird, benutzt die Deltaröhre als Elektronenerzeuger den eigentlichen Glühfaden, bemißt ihn aber äußerst lang und dick, so daß er eine große Wärmekapazität hat und gegen die Schwankungen des Wechselstromes bis zu einem gewissen Grade unempfindlich ist. Die Deltaröhre entspricht demnach völlig einer gewöhnlichen Röhre.

Es ist ohne weiteres einzusehen, daß die Ultraröhre wegen der indirekten Heizung gewisse Vorteile gegenüber der Deltaröhre aufweist. Da der Elektronenerzeuger mit einem neutralen Punkte des Heizkreises verbunden werden muß, ist bei der Ultraröhre der Elektronenerzeuger mit einem Kontaktstift versehen, der sich in der Mitte zwischen den vier gewöhnlichen Steckerstiften befindet. Dieser Stecker kann durch eine kleine Schelle mit dem einen oder andern Heizfadenstift verbunden werden, je nachdem, welcher der beiden Heizfadenstifte das geringste Wechselstromgeräusch durchläßt. Über den mittleren Kontaktstift des Elektronenerzeugers kann auch ein fünfter Stecker gesteckt und demnach die Röhre auch in fünfpoligen Röhrensockeln verwendet werden.

Neuerdings baut die Firma Dr. G. O. Spanner ebenfalls eine mittelbar geheizte Röhre, ähnlich der Ultraröhre, ändert nur die Sockelanordnung insofern, als der Elektronenerzeuger an die normalen Heizstecker des vierpoligen Sockels und der eigentliche Heizfaden an zwei seitliche Klemmschrauben angeschaltet wird, die sich in halber Höhe des Röhrensockels befinden. Mittelbar geheizte Röhren, bei denen der Elektronenerzeuger an einen fünften Heizstift geführt ist, und die nur mit fünfpoligem, also anormalem Sockel ausgerüstet sind, stellen die Firmen Telefunken, Süddeutsche Telefon- und Kabelwerke (TeKaDe) und die Radioröhrenfabrik Hamburg (Valvo) her. Allerdings lassen sich diese Röhren in Empfängern mit höchster Röhrenzahl benutzen, sofern man die bestehenden vierpoligen Röhrensockel gegen fünfpolige umtauscht und den fünften Steckerstift an bestimmte Punkte der Empfängerschaltung anschaltet.

Die Akkumulatoren werden durch kleine Transformatoren ersetzt, die die für die Röhren vorgeschriebene Heizspannung unmittelbar liefern, so daß Heizwiderstände überflüssig werden. Für das Gleichstromnetz sind die Röhren praktisch nicht brauchbar, da zu viel Spannung durch einen Vorschaltwiderstand vernichtet werden müßte. Weil es keine Schwierigkeiten macht, für netzgeheizte Röhren einen Heizfaden von beliebiger Oberfläche zu benutzen, weisen die netzgeheizten Röhren viel größere Steilheit und demnach eine höhere Verstärkungszahl auf als die gewöhnlichen Röhren.

Berlin-Schlachtensee [N 858] Dr. Noack



RUNDSCHAU

Wissenschaftliche Tagungen

12. Kongreß für Heizung und Lüftung in Wiesbaden

Rund 700 Vertreter des Heizungsfaches, darunter eine ansehnliche Zahl aus dem Ausland, hatten sich vom 8. bis 11. September in Wiesbaden zu dem 12. Kongreß für Heizung und Lüftung zusammengefunden. Neben 12 mitunter sehr reichhaltigen Vorträgen und einer Besichtigung war auch dafür Sorge getragen, daß der gesellschaftliche Teil der Veranstaltungen im Rahmen der schönen Kurstadt nicht zu kurz kam.

Nach einer Begrüßung durch den Oberbürgermeister Travers der Stadt Wiesbaden und den 1. Vorsitzenden des Ständigen Kongreß-Ausschusses, Geh.-Rat Prof. Dr. Hartmann, Göttingen, sprach Dr.-Ing. E. h. Schiele, Hamburg, über allgemeine und wirtschaftliche Fragen aus dem Heizungsfach. An der Hand umfangreicher Statistiken wies er auf die große Belastung der deutschen Industrie durch die äußeren Verpflichtungen des Reichs und die soziale Gesetzgebung hin. Die Entwicklung des Heizfachs wurde durch die Wohnungszwangswirtschaft noch sehr gehemmt. Auch das Pfuschertum hat in den Nachkriegsjahren sehr unangenehm überhand genommen.

Dr. med. Pfeiffer, Präsident des Gesundheitsamtes, Hamburg, berichtete darauf über die Arbeiten des Lüftungsausschusses. Er mußte zugeben, noch keine festen Richtlinien für die zweckmäßige Gestaltung von Lüftanlagen, namentlich für Krankenhäuser angeben zu können. Eine Umfrage bei den bedeutenden deutschen Krankenhäusern über Erfahrungen mit vorhandenen Lüfteinrichtungen und über die Notwendigkeit solcher Anlagen brachte keine Klärung. Zum großen Teil wird künstliche Lüftung abgelehnt und die Fensterlüftung als ausreichend erachtet. Es wird noch eingehender Zusammenarbeit zwischen Ingenieur und Hygieniker bedürfen, um sichere Grundlagen für den Aufbau von Lüftanlagen zu schaffen. Es wurde deshalb empfohlen, einen befähigten Ingenieur mit der Durchführung von Versuchen auf diesem Gebiet zu betrauen.

Die Lüftung in Fabrikbetrieben mit den zugehörigen umfangreichen technischen Einrichtungen behandelte Prof. Dr. Hartmann, Göttingen, unter dem Titel: Reine Luft in Arbeitsräumen. Aus seinen Darlegungen sei nur die Vorführung eines Gerätes, des sogenannten Katathermometers, herausgegriffen. Es zeigt schnell den gleichzeitigen Einfluß der Temperatur, der Feuchtigkeit und der Bewegung der Luft auf die „Entwärmung" des menschlichen Körpers und damit auf das Wohlbefinden des Arbeiters an.

Über die Arbeiten des Bauausschusses berichtete Min.-Rat Huber, München, über die Beziehungen zwischen Architekt und Heizungsfachmann Prof Schachner, München. Durch zweckmäßige Raumanordnung und wärmedichte Herstellung der Umfassungen kann der Wärmebedarf eines Hauses wesentlich vermindert werden. Verständnisvolle Zusammenarbeit von Heizungsingenieur und Architekt scheint daher schon bei der Planung von Gebäuden wichtig. Bereits in den beiden Vorträgen, und noch mehr in der folgenden Aussprache kam die Notwendigkeit oder Entbehrlichkeit von Sachverständigen für die Beratung der Architekten zur Behandlung. Hier stehen sich die Ansichten der Heizungsfirmen, der Zivilingenieure und der Architekten noch teilweise schroff gegenüber. Betont wurde, daß der Architekt so viel von der Heizung verstehen solle, um die grundsätzlichen Fragen selbst zu entscheiden; doch dürfte das nur für kleinere und einfache mittlere Anlagen zutreffen. Für große Anlagen ist der Rat des Heizungsingenieurs für den Architekten unentbehrlich. Ob nun der Architekt diesen Rat besser bei einer ihm vertrauten Heizungsfirma oder bei einem unabhängigen Sachverständigen sucht, kann man kaum allgemein beantworten. Auch auf die unabhängigen Beratungsstellen, die teilweise den Dampfkessel-Überwachungsvereinen angegliedert sind, wurde hingewiesen. Ferner wurde der Bildung einer Arbeitsgemeinschaft von Heizungsingenieuren, Architekten und Vertretern der Hochschulen zur Begutachtung und gegebenenfalls Ausarbeitung von Entwürfen das Wort gesprochen. Ähnliche Einrichtungen haben sich im Ofensetzergewerbe gut bewährt.

Am 1. Verhandlungstag fand auch die Verleihung der Rietschel-Plakette für hervorragende Leistungen im Zentralheizungs- und Lüftungsfach statt, und zwar an Prof. Dr. O. Knoblauch, München, Prof. H. Pfützner, Dresden, und Fabrikbesitzer A. W. Reck, Kopenhagen.

Am 2. Vortragstag erstattete Stadtbaurat Wahl, Dresden, einen Bericht über die Arbeiten des Heizungsausschusses. Nach seiner Ansicht ist durch die Heizung mit Gas, selbst wenn es vom Ruhrgebiet kommen sollte, keine Verbilligung zu erwarten. Auch über die mit der Städteheizung zusammenhängenden Fragen wurden wertvolle Mitteilungen gebracht. Über die Grundlagen der Städteheizung machte Dipl.-Ing. Margolis, Hamburg, eingehende Angaben. Er schilderte zunächst, wie sich das Hamburger Fernheizwerk aus einem alten Elektrizitätswerk in der Mitte der Stadt nach Angliederung eines mehr am Umfang der Stadt gelegenen größeren Elektrizitätswerks bis zu der großen Neuanlage weit außerhalb der Stadt entwickelt hat. Der Anschlußwert beträgt zur Zeit 52 Mill. kcal und soll um weitere 80 Mill. kcal erhöht werden. Zur Heizung wird Abdampf von nur 0,4 at verwendet, der im alten Werk von den Dampfmaschinen und in dem neueren Werk von einer Gegendruck-Dampfturbine geliefert wird.

Das wirksamste Mittel zur Verminderung der Kosten der gelieferten Wärme sei die Kupplung von Kraft- und Heizbetrieb. Es liege allerdings eine gewisse Tragik in der Entwicklung des Kraft-Heiz-Betriebs, weil der Kohlenverbrauch in reinen Kondensationsanlagen mit der Steigerung des Dampfdrucks und der sonstigen Vervollkommnung großer Dampfanlagen immer geringer werde und in der letzten Zeit von rd. 1 kg/kWh in ganz neuzeitlichen Anlagen auf nahezu die Hälfte zurückgegangen sei. Dadurch werde die Spanne gegenüber dem Kohlenverbrauch von Anlagen mit vollständiger Abdampfverwertung, der rd. 0,2 kg/kWh betrage, immer geringer.

Der Vortragende empfiehlt, niedrigen Dampfdruck in der Verteilleitung, bzw. geringe Temperaturunterschiede zwischen Vor- und Rücklauf bei Warmwasserheizung, weil damit die Leistung der Maschine wächst, während die Zunahme der Leitungsdurchmesser die Herstellung der Fernleitung nur in mäßigem Umfang verteuert. Die Kosten der Wärmefortleitung werden weniger durch die Weite der Leitung als durch die Herstellung der Fernkanäle bestimmt. Ausschlaggebend für die Wirtschaftlichkeit der Städteheizung ist die „Wärmedichte" des zu versorgenden Gebiets. Bei allen Vorteilen, die man der Städteheizung zugestehen muß, scheint jedoch die Forderung, die Elektrizitätsversorgung der Städte nach Möglichkeit auf die Fernheizwerke aufzubauen, zu weitgehend. Hier dürften auch die Elektrizitätswerke ein Wort mitzusprechen haben.

Eine Fernheizung von geringerem Umfang, die in der letzten Zeit in Wiesbaden für eine Reihe von Klein- und Mittelwohnungen errichtet wurde, führte Mag.-Baurat Berlit, Wiesbaden, vor. Vorerst sind 250 Wohnungen mit je 2 bis 4 Zimmern an die Anlage angeschlossen; die doppelte Anzahl von Wohnungen soll noch folgen. Die Warmwasserheizung mit Pumpenbetrieb ist mit einer Warmwasserversorgung verbunden. Die Wärme wird in Dampfkesseln erzeugt und in großen stehenden Vorwärmern umgeformt. Zum Ausgleich der Kesselbelastung dienen Wärmespeicher, die mit Heißwasser aufgeladen werden. Bei der Berechnung der Wirtschaftlichkeit einer solchen Heizung muß auch berücksichtigt werden, daß der Fortfall der Kamine und Öfen bei den kleinen Zimmern eine verhältnismäßig große Platzersparnis bedeutet. Die Räume sind also höher zu bewerten.

Der 3. Tag brachte den mit Spannung erwarteten Vortrag von Prof. Dr. Brabbée, Direktor des Brabbée-Laboratoriums der American Radiator Co. in New York, mit dem Titel

„Neues aus der amerikanischen Heiz- und Lüftungstechnik".

Bei seinen Forschungsarbeiten in Amerika ging der Vortragende von dem Gedanken aus, daß der Zweck einer Heizung nicht der sei, möglichst viel Wärme an einen Raum abzuliefern, sondern den Aufenthalt in ihm möglichst behaglich zu gestalten. Also nicht der Heizkörper sei der beste, der bei gegebenem Aufwand das meiste Kondensat ergibt, sondern der, der bei geringster Kondensatmenge das beste Wohlbefinden sichert Es zeigt sich, daß bei zweckmäßiger Aufstellung des Heizkörpers im Raum und richtiger Formgebung an Wärme gegenüber den bisher üblichen Ausführungsformen bedeutend gespart werden kann.

Brabbée kommt auf schmale, plattenähnliche, unter den Fensterflächen gelegene Heizkörper, die eine kräftige Strahlung ausüben. Die Heizkörper bekommen dabei ein sehr gefälliges Aussehen, so daß keine Verkleidungen notwendig sind. Er berichtete weiter über seine Erfolge mit der Rauchbeseitigung an Zimmeröfen und sonstigen Feuerstellen bei Verbrennung einer sehr gashaltigen Kohle. Bemer-

kenswert war die Mitteilung, daß alle größeren Wolkenkratzer mit Vakuum-Dampfheizungen ausgerüstet sind, die man sehr leicht regeln kann, und daß der Entwurf solcher Riesenanlagen in wenigen Wochen fertig ist, während wir viele Monate dazu brauchen würden.

Für die Anlage von Fernheizwerken wende der Amerikaner nicht gern Kapital auf, weil er dies wo anders nutzbarer anlegen kann. Daher dürfte die Fernheizung bald der Ferngasversorgung Platz machen. Wie großzügig die Amerikaner Forschungsarbeiten unterstützen, zeigt die Tatsache, daß nach Errichtung des ersten Forschungslaboratoriums nunmehr ein zweites erbaut werden soll, das gleichzeitig für Vorlesungen dienen und die verschiedensten technischen Neuerungen auf den verwandten Gebieten aufnehmen soll. Hierzu seien dem Vortragenden nicht weniger als 17 Mill. ℳ zur Verfügung gestellt worden.

Prof. Dr.-Ing. Gröber, Berlin, behandelte dann Wärmetransport und Wärmeschutz. An Beispielen zeigte er die Berechnung des günstigsten Rohrdurchmessers der Hauptleitung und der Verteilleitungen.

In einem Vortrag über praktische Ausgestaltung von Fernheizleitungen teilte Dipl.-Ing. Vocke, Dresden, wertvolle Erfahrungen mit. Beachtenswert scheint die Forderung, die Fernleitungen vor dem Schließen der Kanäle mit Wasser abzudrücken, dann einige Zeit mit Dampf oder Warmwasser zu betreiben und darauf mit Dampf kräftig durchzublasen oder mit Wasser durchzuspülen, damit alle Schweißperlen und sonstigen Verunreinigungen entfernt werden. Sonst werden Kondenstöpfe und Ventile schon kurze Zeit nach Inbetriebnahme verdorben.

Über Messung der Nutzwärme und Meßinstrumente sprach Stadtbaumeister Schilling, Barmen. Bei Dampfheizwerken biete die Messung der Wärme keine Schwierigkeiten mehr; insbesondere gestalte sich die Messung des Kondensats mit Hilfe des Trommel-Wassermessers sehr einfach. Ein ebenso sicheres Gerät für die Wärmessung in Warmwasserheizungen sei noch nicht in allgemeiner Verwendung.

In einer Schlußbemerkung wies Stadtbaurat Wahl, Dresden, auf die riesigen Belastungsspitzen hin, die durch den Anschluß vieler Heizanlagen an ein Gaswerk entstehen. Abgesehen davon, daß solche Spitzen den auf eine gleichmäßige Gaserzeugung eingestellten Gasbetrieb äußerst ungünstig beeinflussen, sind unsere Gaswerke solchen Belastungen gar nicht gewachsen. Ein Film zeigte ferner den Bau der Fernkanäle und die Verlegung der Rohrleitungen für die neue, für Warmwasserbetrieb eingerichtete Fernheizanlage in Dresden. Man mußte dem Vortragenden recht geben, daß auch die Amerikaner eine Fernleitung nicht rascher bauen können, als es hier geschehen ist.

Mit der Ernennung Prof. Dr. Hartmanns zum Ehrenvorsitzenden des Ständigen Kongreß-Ausschusses und einer Schlußansprache des Geehrten endete die erfolgreiche Tagung. [N 866]

Nürnberg Kaiser

Baumaschinen

Eine neue Kabelverlegemaschine

Auf eine Anregung vom Elektrizitätsverband Weißenfels-Zeitz hat die Firma Eisenwerk Weserhütte, A.-G., Bad Oeynhausen i. W., eine Kabelverlegemaschine gebaut, die seit einiger Zeit in der Nähe von Zeitz erfolgreich in Betrieb ist.

Da die Weserhütte, A.-G., bereits mit ihren Dränagebaggern Erfahrungen gesammelt hatte im Bau von Maschinen, die Gräben ausheben, lag es nahe, unter Verwendung dieser Erfahrungen und unter Ausnutzung aller Verbesserungsmöglichkeiten, die in langjährigem Betriebe bei solchen Baggern erforscht waren, eine Maschine zu bauen, die nicht nur den Graben baggert, sondern auch in dem durch den Bagger ausgehobenen Graben das Kabel verlegt, den Graben zuschüttet, das aufgeworfene Erdreich festwalzt und ebnet. Es ist ein Verdienst des Direktors Schramm vom Elektrizitätsverband Weißenfels-Zeitz, hierfür grundlegende Anregungen gegeben zu haben.

Die Maschine besteht aus vier Hauptteilen: Dem Grabenbagger, der den 45 cm breiten und bis 1,6 m tiefen Graben aushebt, dem Gurtförderer, der mit drehbarer Endschurre das ausgehobene Erdreich hinter dem Grabenbagger wieder in den Graben wirft, dem vom Bagger gezogenen Kabelwagen, der die Kabeltrommel trägt und gleichzeitig das aufgelockerte Erdreich festwalzt, und schließlich dem Zuführgerät, das das Kabel in dem offenen Teil des Grabens hinter den Bagger verlegt, Abb. 1.

Für die Ausführung der Maschine war maßgebend, daß sie über jedes Gelände fahren muß. Es kam daher für den Bagger wie für den Kabelwagen nur die Fortbewegung auf Raupenketten in Frage. Beide Fahrzeuge mußten sowohl während des Betriebes als auch auf dem Marsche leicht und sicher lenkbar sein.

Der Grabenbagger ruht auf zwei seitlichen Raupenketten, von denen, wie bei fast allen Raupenfahrzeugen, die eine oder die andre festgehalten wird, wenn eine Ablenkung aus der Fahrtrichtung erfolgen soll. Ein besondres Merkmal des Baggers ist, daß der Unterwagen aus kräftiger Eisenkonstruktion auf gefederten Achsen ruht, die beiderseits die in der Raupenkette rollenden Laufrollen in einem pendelnd aufgehängten Rollenwagen aus Stahlguß tragen. Durch diese Sonderausführung der Weserhütte wird eine vollkommene Anpassung an Unebenheiten des Geländes sowie eine gleichmäßige Verteilung des Bodendruckes, der nur 0,35 kg/cm² beträgt, erreicht. Sämtliche Getriebeteile des Baggers sind in Ölkästen eingekapselt und zum großen Teil aus gehärtetem Chromnickelstahl oder Stahl höchster Festigkeit bei großer Dehnung hergestellt. Mittels verschiedener Schaltungen ist die Geschwindigkeit des Baggers in acht Stufen regelbar, von denen vier Fahrgeschwindigkeiten während des Baggerns und Kabelverlegens und vier auf den Märschen eingeschaltet werden können. Diese Anpaßfähigkeit ist unbedingt erforderlich, damit trotz verschiedener Grabentiefe und Bodenbeschaffenheit und bei Steigungen Überbeanspruchungen der Getriebe usw. vermieden werden. Infolgedessen rückt der Bagger und damit die ganze Kabelverlegemaschine während des Arbeitsvorganges je nach der Schaltung um 62, 80 oder 93 m/h vor oder erreicht auf dem Marsch eine Geschwindigkeit von 2,6, 2,8 oder 3,2 km/h; bei Rückwärtsfahrt beträgt die Arbeitsgeschwindigkeit 58 m/h, die Marschgeschwindigkeit 2,4 km/h. Es ist also möglich, an einem achtstündigen Arbeitstag bis zu 740 m Kabel zu verlegen.

Das durch die Baggerschaufeln ausgehobene Erdreich wird auf einen kurzen, umschaltbaren Querförderer geschüttet, der es einem nach rückwärts ragenden, an dem Baggeraufbau aufgehängten, rd. 12 m langen Gurtförderer zuführt. Dieser schüttet den Boden mittels einer drehbaren Schurre aus Aluminium wieder in den Graben. Das Kabel, das von der Kabeltrommel des nachgezogenen Kabelwagens abrollt, wird durch eine Rollenbahn, die an dem nach rückwärts ragenden Ausleger des Baggers und am andern Ende an einem Ausleger des Kabelwagens hängt, unmittelbar hinter den Baggerschaufeln in den Graben geführt, so daß zwischen dem in den Graben hinabhängenden Teil des Kabels und dem weiter rückwärts bereits wieder zugeworfenen Teile des Grabens etwa 4 bis 5 m freibleiben, die genügend Platz bieten, das Kabel mit Ziegelsteinen oder sonstigen Schutzmitteln zu bedecken, Abb. 2.

Während bei dem Grabenbagger zum Steuern in üblicher Weise das eine oder das andre Raupenband festgehalten wird, wurden für die Lenkbarkeit des Kabelwagens völlig neue Wege beschritten. Der ebenfalls aus Eisen kräftig ausgeführte Kabelwagen ruht auf drei Raupenbändern. Die beiden hinteren, die die Hauptlast tragen, liegen seitlich, während das dritte, vordere, in der Mitte liegt. Bei jedem Raupenbande sind die in der Kette rollenden Laufrollen in einem einzigen Rollenwagen aus Eisenkonstruktion gelagert, der in der Mitte pendelnd auf der

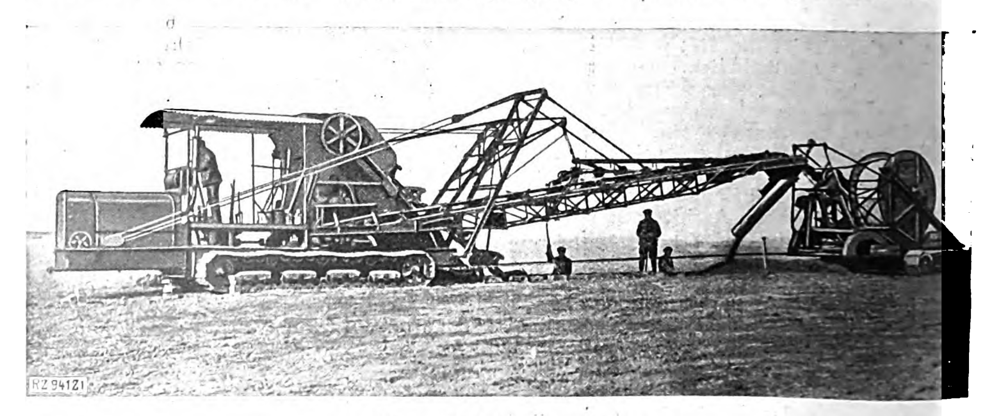


Abb. 1. Kabelverlegemaschine



Tragachse sitzt. Das vordere Raupenband ist außerdem um eine senkrechte Achse drehbar in einer Lenkgabel gelagert; es übernimmt somit die Lenkung des ganzen Wagens. Seine Bewegung um die senkrechte Achse erfolgt durch Handrad und Schneckengetriebe vom Führerstand des Kabelwagens. Zwei Bremsen an den beiden seitlichen Raupenbändern unterstützen die Lenkung; sie sind auch für Fahrten bei starkem Gefälle zu verwenden, Abb. 3. Die Kabeltrommel von etwa 2,5 m Dmr. wird vom Führer des Kabelwagens mittels einer Handkurbel gedreht.

Das Kabel wird nun folgendermaßen verlegt: Der Bagger stellt zuerst, langsam vorrückend, einen rd. 6 m langen offenen Graben her, bis der Kabelwagen an den Graben gelangt ist. Das hierbei ausgehobene Erdreich wird durch den umschaltbaren Querförderer neben den Grabenbagger geschüttet, dann wird die volle Kabeltrommel mit Hilfe einer eingebauten Winde auf den Kabelwagen gehoben. Das Kabel wird durch die Zuführrollen hindurchgezogen und kurz hinter den Baggerschaufeln in den Graben gelegt. Von diesem Zeitpunkt ab erfolgen alle obengenannten Vorgänge selbsttätig beim Vorrücken des Baggers.

Die Betriebs- und sonstigen Kosten für 1000 m fertige Kabelstrecke sind unter der Annahme, daß der Bagger diese Strecke in 11,8 h verlegt, im nachstehenden zusammengestellt:

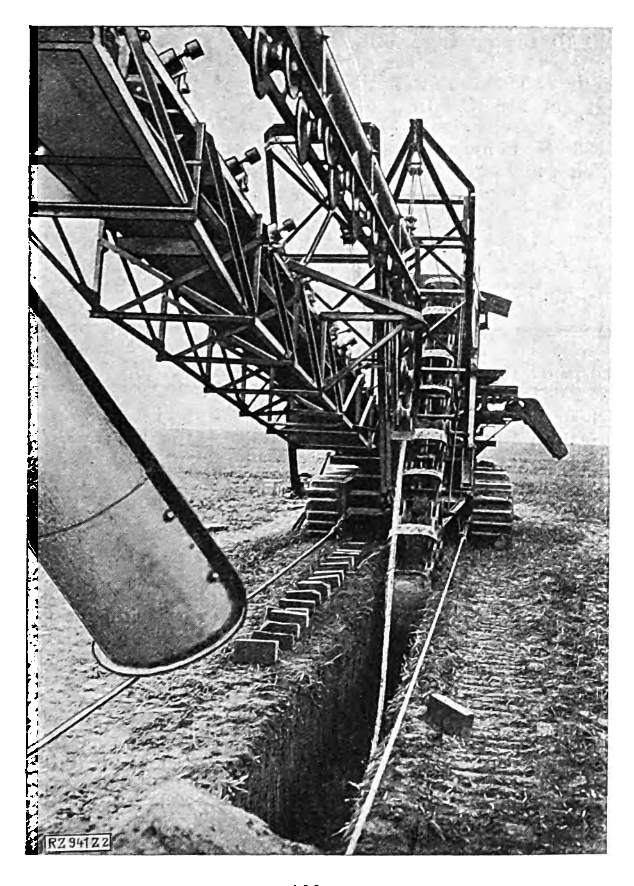


Abb. 2
Bagger mit Gurtförderer und Kabelzuführung

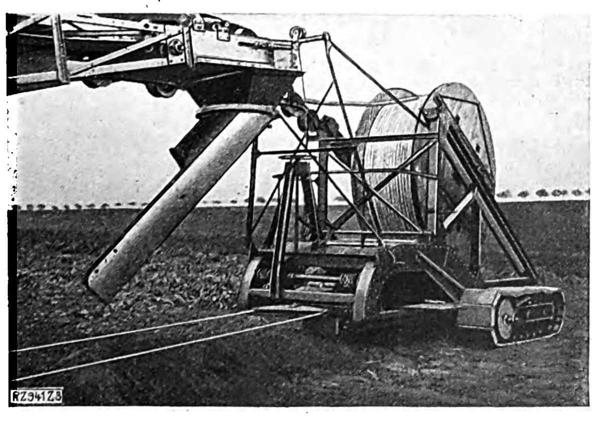


Abb. 3. Drehbare Schurre und Kabelwagen

I. Betriebskosten:

Brennstoffverbrauch 6,25 kg/h
Brennstoffpreis 0,15 ℳ/kg

Brennstoffkosten 6,25 × 0,15 = 0,94 ℳ/h, für 1000 m oder 11,8 h also	11,— ℳ
Schmierölkosten in 11,8 h	4,50 „
Putzwolle	2,— „
Baggermeister (1,50 ℳ/h)	17,60 „
Baggerführer (0,95 ℳ/h)	11,20 „
Drei Begleitleute (0,80 ℳ/h)	28,10 „
Nachtwächter	11,— „
	85,40 ℳ

II. Kapitalkosten:

Es sei angenommen, daß das Gerät bereits nach 350 km fertig verlegter Kabelstrecke abgeschrieben sein soll. Der Anschaffungspreis des Gerätes beträgt	58 000,— ℳ
Es wären demnach für 1000 m abzuschreiben $\frac{58\,000}{350}$	166,— „
Verzinsung für je 1000 m	32,— „
Gesamt	198,— ℳ
Betriebs- und Kapitalkosten für je 1000 m betragen daher zusammen	283,40 „
Für Instandhaltung und Ausbesserungen sowie für Zeitverlust bei schlechten Bodenverhältnissen (Überquerung von Hindernissen, wie tiefen Gräben oder Hohlwegen, die einen gewissen Aufenthalt verursachen) soll ein Zuschlag gemacht werden von	36,60 „
Die Gesamtkosten der Kabelverlegung mit der Maschine betragen demnach für je 1000 m	320,— ℳ,

während die Verlegung mit der Hand 1800 bis 2000 ℳ kostet. Zur Kabelverlegung mit der Maschine werden fünf Mann gebraucht, während zur Verlegung derselben Strecke in der gleichen Zeit mit der Hand mehr als 150 Mann erforderlich wären. [M 941]

Bad Oeynhausen i. W. Dipl.-Ing. H. Ehrich

Werkstoffe

Über das Nico-Metall

Allgemein strebte man danach, mit einer Veredelung der Hochblei-Legierungen des ternären Systems Blei-Antimon-Zinn durch Zusätze von hochschmelzenden Metallen der Zentralreihe des periodischen Systems Blei-Lagermetalle zu konstruieren, die an Gleiteigenschaften und Lebensdauer den bisherigen Hochzinn-Weißmetallen überlegen, im Preise dabei aber weit billiger sind. Aus diesem Bestreben entstand das nickelvergütete NICO-Metall, das hohe Betriebswirtschaftlichkeit und -sicherheit aufweisen soll. Der Konstruktionsgrundsatz dieser Lagermetalle besteht darin, in einer plastischen Bleigrundmasse durch einen möglichst hohen Zusatz von Nickel gut ausgebildete Nickelphasen regelmäßig einzulagern, die als Achsträger den Verschleiß bei den Gleitbeanspruchungen weitestgehend vermindern.

Im antimongehärteten Grundsystem Blei-Zinn werden hohe Härtezahlen und effektive Druckfestigkeiten[1]) nur auf Kosten der Zähigkeit des Werkstoffes erreicht, d. h. daß harte Bleilagermetalle stets spröde sind und bei ungleichmäßigen Beanspruchungen im Lager oder bei zufälligem Hohlliegen in der Schale bei den bis heute für Bleimetall-Eingüsse ganz allgemein zu schwach bemessenen Futtern durchschlagen und Warmläufe nach sich ziehen müssen. So muß das Hauptgewicht auf die Konstruktion einer Legierung gelegt werden, die bei hoher Härte gleichzeitig eine Plastizität bis an die Grenze der Hochzinnlegierungen aufweist. Zahlentafel 1 und Abb. 4 und 5 zeigen die Schlagfestigkeiten von NICO-Legierungen, die auf diesen Grundsätzen aufgebaut sind, verglichen mit Hochzinn-Weißmetall.

[1]) D. h. bezogen auf den Bruchquerschnitt.

Zahlentafel 1
Schlagfestigkeiten von Nico-Legierungen verglichen mit Hochzinn-Weißmetall

Bezeichnung	Härte: 10/500 kg/mm²	Spezif. Schlagfestigkeit bei Beginn der Rißbildung cmkg/cm²	Stauchbarkeit bei Rißbeginn vH
80 vH Weißmetall mit 12 vH Sb, 7 vH Cu	33,34	1110	24,0
Nico II	30,31	999 bis 1110	34,5
Nico III	25	999 „ 1110	34,6

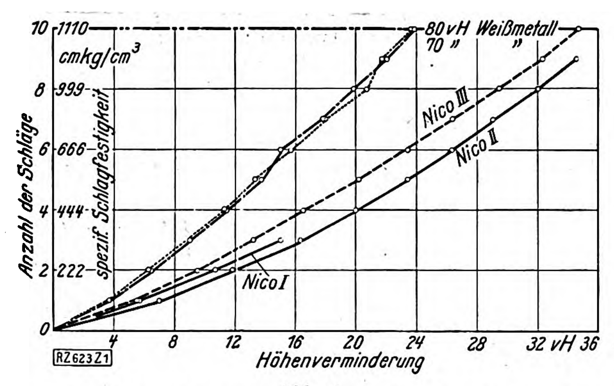


Abb. 4
Schlagfestigkeitsprüfung an den Legierungen Nico I, II und III im Vergleich zu 80 und 70 vH-Hochzinn-Weißmetallen bis zum Beginn der Rißbildung

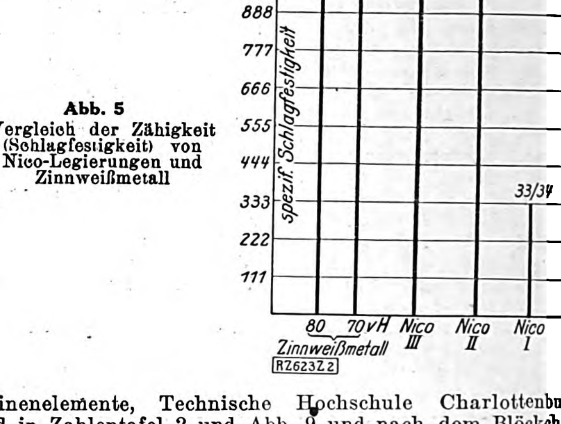


Abb. 5
Vergleich der Zähigkeit (Schlagfestigkeit) von Nico-Legierungen und Zinnweißmetall

Die äußerst günstigen Werte für die Schlagfestigkeit werden einmal dadurch erreicht, daß lediglich eine Verfestigung der feinkristallinen porphyrischen Grundmasse angestrebt worden ist ohne Vermehrung der Tragkristalle mit ihren sprödigkeitsfördernden Spaltflächen und dann durch ein besonderes Desoxydations- und Vergütungsverfahren, wodurch alle oxydischen Einschlüsse restlos beseitigt und bei allen Umschmelzungen hintangehalten werden. Nico II liegt mit rd. 10 vH Zinn und 10 vH Antimon im rein eutektischen Punkte des ternären Systems Blei-Antimon-Zinn, so daß die Grundmasse das reine $Pb + \beta$-Gefüge aufweist, verfestigt durch wenige Hundertteile besonderer Zusätze wie Arsen, Phosphor u. a. Die Tragkristalle bestehen dabei aus der widerstandfähigen reinen $Ni_2 Sb_3$-Phase, indem der Nickeleinsatz bis zu 10 vH des Antimongehaltes beträgt, Abb. 6. Nico III als Sondermetall für besonders stark ausgeprägte Schlag- und Stoßbeanspruchungen ist so legiert, daß dessen Kennpunkt[2]) mit bis zu 20 vH Zinn in das Gebiet der noch plastischeren Eutektika $Pb + \beta$, $Pb + \alpha$ mit obigen Zusätzen fällt, während neben den für Nico II kennzeichnenden $Ni_2 Sb_3$-Kristallen noch die β-$Sb(Sn)$-Polyeder auftreten und der Legierung ein für Lagermetalle vorbildliches Strukturbild verleihen, Abb. 7.

Für hohe gleichmäßige und stoßfreie Beanspruchungen bis zu $pv = 350$ entsprechend 125 kg/cm² Flächendruck wird das härtere Nico I verwendet mit 33/34 Brinell und einer 2 vH-Druckgrenze von über 800 kg/cm², das infolge eines wesentlich höheren Nickelgehaltes sehr gut ausgeprägte Tragkristalle aufweist mit hervorragenden Gleiteigenschaften. Bei dieser Legierung ist aller Wert auf die Härtekristalle gelegt im Gegensatz zu den beiden andern Legierungen, so daß Nico I mit nur 333 cmkg/cm³ spezifischer Schlagfestigkeit dort versagt, wo Nico II und III zuverlässig arbeiten. Demzufolge muß den spezifischen Eigenheiten der einzelnen Sondermarken entsprechend eine reinliche Scheidung für die jeweiligen Anwendungsgebiete durchgehalten werden. Zur hervorragenden Ausbildung der Härtekristalle ohne Rücksicht auf die Grundmasse ist in Nico I bei einem hohen Antimongehalte bis zu 23 vH neben Arsen und Phosphor die Zinnkonzentration bis auf 4 bis 5 vH erniedrigt, während der Nickelgehalt dem hohen Antimoneinsatz entsprechend auf 2 bis 3 vH gesteigert ist. Dadurch wird erreicht, daß die primären δ-Sb(Sn)- und die spezifisch vergütenden Ni_2Sb_3-Kristalle in reichlicher Anzahl das Gefügebild beherrschen, Abb. 8; somit ist die Endlegierung den hohen Beanspruchungsmomenten gewachsen. Die Versuchsergebnisse beim Gleitvergleich von Nico- und Hochzinn-Weißmetall nach dem Verfahren von Prof. Kammerer mit ganzen Lagerschalen, ausgeführt im Versuchsfelde für Maschinenelemente, Technische Hochschule Charlottenburg, sind in Zahlentafel 2 und Abb. 9 und nach dem Blöckchenverfahren von v. Hanffstengel in Zahlentafel 3 und Abb. 10 zusammengestellt.

Die Gießtemperatur der neuen Lagermetalle beträgt ungefähr 500 °C. Der Erweichungspunkt für Nico I und II liegt bei 245 °C. Das Zinnweißmetall beginnt bereits bei 185 °C zu schmelzen. Das Nico-Metall verträgt somit eine rd 30 vH höhere Temperatureinwirkung, bevor ein Auslaufen des Lagers zu befürchten ist. Unter der für Weiß-

[2]) Im ternären Grundsystem Blei-Antimon-Zinn.

Zahlentafel 2
Versuchsergebnisse beim Gleitvergleich von Nico- und Hochzinn-Weißmetall[3]) nach dem Verfahren von Kammerer
(Hierzu Abb. 9)

n Uml./min	v m/s	p kg/cm²	pv	Nico °C	Zinnweißmetall °C
300	0,63	47,8	30	35,5	37,0
500	1,05	„	50	44,0	45,0
1000	2,10	„	100	58,0	61,0
1500	2,72	„	130	71,5	71,0
300	0,63	50	31	29,5	33,5
500	1,05	„	52	39,0	42,0
1000	2,10	„	105	54,5	57,5
1500	2,72	„	136	60,0	61,0
300	0,63	75	47	30,0	37,0
500	1,05	„	76	39,0	46,0
1000	2,10	„	158	55,0	61,5
1500	2,72	„	204	67,5	72,5
300	0,63	100	63	34,5	42,0
500	1,05	„	105	43,5	49,5
1000	2,10	„	210	58,5	70,5
1500	2,72	„	272	72,5	80,0
300	0,63	115	72	34,5	Heißlauf und Versagen
500	1,05	„	121	44,0	
1000	2,10	„	241	61,0	
300	0,63	125	79	40,0	
500	1,05	„	131	52,5	
1000	2,10	„	262	75,0	
1500	2,72	„	340	100,0	

[3]) Lagertemperaturen, abgelesen jeweils nach erreichtem Temperatur-Beharrungszustand, bezogen auf 20 °C Raumtemperatur. Schmierung: Loser Ölring in Bamag-Lager 90,40 mm.

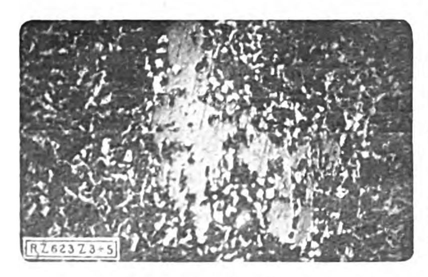


Abb. 6. Nico II



Abb. 7. Nico III



Abb. 8. Nico I

Abb. 6 bis **8.** Schliffbilder von Nico-Metallegierungen

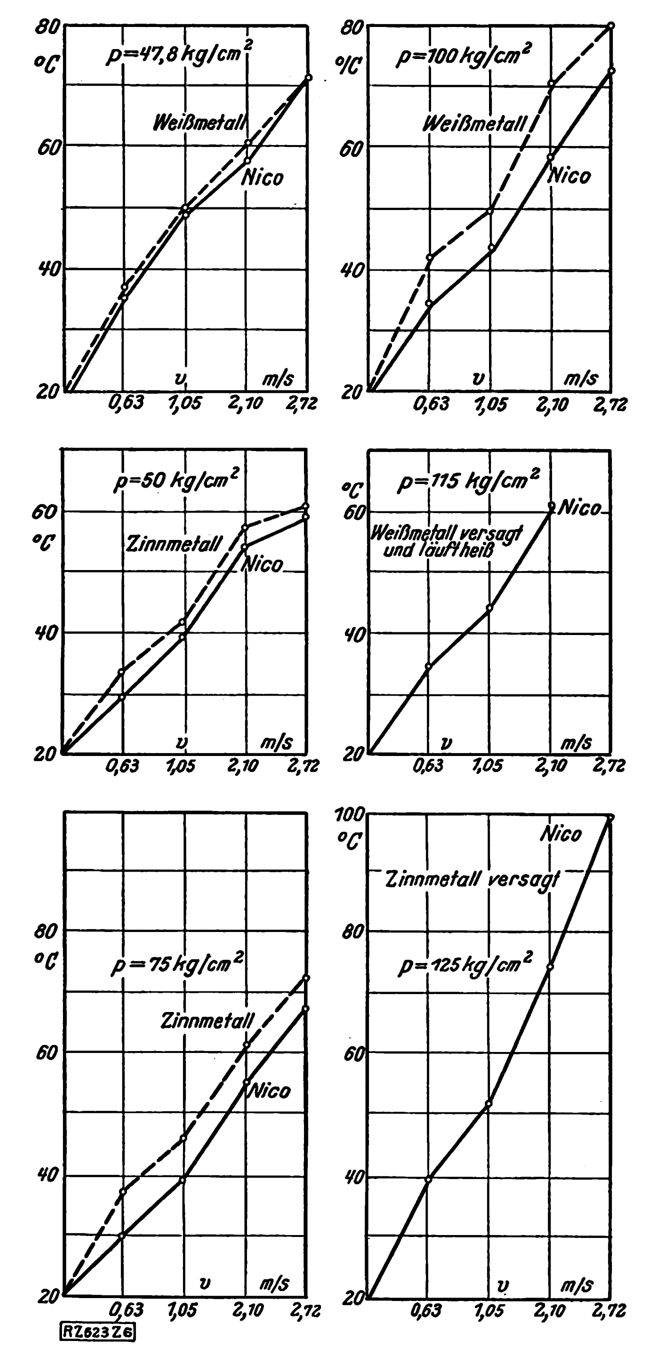
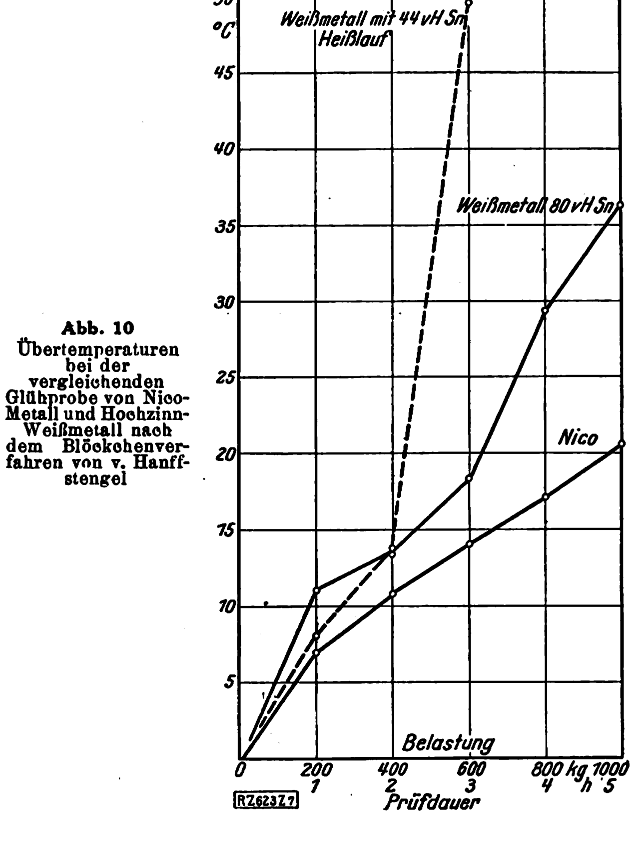


Abb. 9
Ergebnisse der Gleitprüfung von Nico- und Hochzinn-Weißmetall nach Kammerer an ganzen Lagerschalen.
Kennzeichnend ist, daß die Überlegenheit des Nico-Metalles dem Zinnmetall gegenüber gerade bei den höchsten Beanspruchungen ausgeprägt hervortritt

metalle allgemein üblichen Holzkohlendecke lassen sich die Nico-Legierungen beliebig oft umschmelzen ohne Gefahr von Gefüge- und physikalischen Veränderungen und lassen sich bei ihren vorteilhaften Härtewerten gut bearbeiten, ohne zu kleben. Die Weiterverarbeitung und Ausbildung der Formen (Lagerschalen, Schmiernuten usw.) weichen in keinem Falle von den üblichen Gieß- und Arbeitsverfahren mit Hochzinnweißmetallen ab. Das Schwindmaß liegt zwischen 0,4 bis 0,6 vH. An Stelle des allgemein üblichen Verzinnens von ungleichmäßigen Beanspruchungen ausgesetzten Schalen mit keinen oder unzulänglichen Haftnuten und -Gittern wird das Nico-Metall nach den letzten Versuchen zweckmäßiger mit Hilfe seines eigenen Eingußmetalles mit der Schale verlötet ohne Hochzinn-Zwischenmittel, wodurch seine Betriebswirtschaftlichkeit noch gesteigert wird. [M 623]

Dortmund Ackermann

Abb. 10
Übertemperaturen bei der vergleichenden Glühprobe von Nico-Metall und Hochzinn-Weißmetall nach dem Blöckchenverfahren von v. Hanffstengel



Zahlentafel 3
Gleitwerte für Nico im Vergleich zu Hochzinn-Weißmetallen nach dem Blöckchenverfahren von v. Hanffstengel
(Hierzu Abb. 10)

Material	n = 325 min, v = 0,67 m/s				
	p kg	Prüfzeit min	Temperat. bezogen auf 20° °C	Abnutzungsfläche cm²	Verhältniszahl bei Nico 100
Nico	200	60	6,9	0,37	—
	400	„	10,7	0,60	—
	600	„	14,0	0,87	—
	800	„	17,2	1,11	—
	1000	„	20,6	1,26	—
Weißmetall mit 80 vH Sn	200	60	10,9	0,51	140
	400	„	13,5	0,69	115
	600	„	18,4	0,78	90
	800	„	29,3	1,20	108
	1000	„	36,2	1,53	121
Weißmetall mit 45 vH Sn	200	60	8,0	0,60	162
	400	„	13,8	1,05	175
	600	„	49,6	1,89	217
	800	sofort Heißlauf und Versagen			

Frage an unsre Leser

Ein Fachgenosse in Norwegen bittet um Auskunft auf folgende Fragen auf Grund praktischer Erfahrungen:

Wieviel von im Freien lagernden Stoffen werden in einem Jahr auf 1 m² Oberfläche verweht, und zwar

1. von Koksgrus mit etwa 60 vH Teilchen in der Größe von Sandkörnern und Staub (Abrieb),
2. von Steinkohlengrus?

An der Lagerstelle weht meistens Südwestwind von 5 bis 25 m/s Windgeschwindigkeit; windschwache Tage unter 5 m/s kommen nur zu kaum 40 vH vor.

Antworten auch unter Anführung einschlägiger Werke des Schrifttums erbeten.

[N 976] Die Schriftleitung

Kleine Mitteilungen

Bedeutende Erweiterung des Huntley-Kraftwerkes

Obwohl das Charles R. Huntley-Kraftwerk der Buffalo General Electric Co. erst 1926 durch Aufstellung einer 60 000 kW-Turbodynamo um mehr als 60 vH erweitert worden war, ist der Stromverbrauch im Laufe des letzten Jahres wiederum so stark gestiegen, daß eine neue bedeutende Erweiterung notwendig wird. Bei der General Electric Co. wurde daher vor kurzem eine 75 000 kW leistende Turbodynamo in Auftrag gegeben, die für 18 at abs Anfangsdruck, 320 ° Anfangstemperatur und 0,033 at abs Kondensatordruck vorgesehen ist. Die Gesamtleistung des Kraftwerkes wird nunmehr 230 000 kW betragen: die beiden neuen Maschinen von insgesamt 135 000 kW sollen die Grundlast übernehmen, die vier älteren Maschinen von zusammen 95 000 kW die Spitzenlast. („Power" 25. Oktober 1927 S. 650)
[N 977 a] Pt.

Eine neue Ljungström-Turbodynamo

Im St. Pancras-Kraftwerk in London wurde eine neue Ljungström-Turbine mit 10 000 kW Leistung, überlastbar um 25 vH, aufgestellt, die zwei Stromerzeuger mit einer Scheinleistung von zusammen 12 500 kVA bei 5050 bis 5300 V antreibt. Der Anfangsdampfdruck der Turbine beträgt 14 at, die Überhitzung 365 °, der Unterdruck im Kondensator rd. 0,05 at. Die Stromerzeuger haben Umlaufkühlung, wofür zwei getrennte Lüfter und Kühler vorhanden sind. Die Lüfter laufen mit 1100 Uml./min und liefern je 708 m³/min Luft. Die Turbine soll die größte Ljungström-Turbine in England sein. („The Engineer" 11. November 1927 S. 527) [N 977 b] Pa.

Londoner Omnibusse

Die Leyland Motors, Ltd., in England haben den Bau von neuen Omnibussen nach anderthalbjähriger Versuchsarbeit aufgenommen. Es handelt sich um Fahrzeuge mit niedrigem Rahmen und Sechszylindermotor, bei denen Motor und Triebwerkteile außerhalb der Mittellinie liegen. Der Motor mit 101,5 mm Zyl.-Dmr. und 140 mm Hub hat 6,8 l Hubvolumen. Er soll sehr elastisch sein und bei 200 bis 2500 Uml./min eine Geschwindigkeit von 4,8 bis 80 km/h ergeben. Bei 2500 Uml./min leistet er 105 PS. Eine auf Kugellagern laufende Einscheibenkupplung gibt das vom Motor aufgenommene Drehmoment an ein Vierganggetriebe mit 4,42, 2,77, 1,6 und 1 : 1 Übersetzung weiter. Die Bremsen wirken auf die Laufräder; außerdem ist noch eine Servo-Dewandre-Fußbremse vorgesehen. Die Übersetzung auf die Treibachse hat das Verhältnis 5,5 : 1 für Eindeck- und 6,5 : 1 für Doppeldeckomnibusse. Die Ballonreifen haben nur einen Druck von 3,15 kg/cm² und unterstützen so die Arbeit der Chrom-Vanadiumfedern in wirksamer Weise. Im Winter wird der Omnibus durch die Abgase geheizt. („The Engineer" 11. November 1927 S. 535*) [N 977 c] Krs.

Amerikanische Handelsluftfahrt

In den Vereinigten Staaten von Amerika bestanden im Jahre 1926 433 Luftverkehrsgesellschaften, die in 1144 Verkehrsflugzeugen 387 852 Fluggäste und rd. 360 t Fracht beförderten; 1200 Flugzeugführer wurden ausgebildet. 66 Firmen beschäftigen sich mit dem Bau von Flugzeugen und 23 Gesellschaften stellen die hierzu notwendigen Motoren her. Da die Luftverkehrsgesellschaften auch andre Aufgaben übernehmen, war eine Unterteilung nach Sonderzwecken notwendig. Zur Zeit befördern 300 Gesellschaften Fluggäste und Fracht. In 186 Fliegerschulen werden Flugzeugführer ausgebildet. 53 Gesellschaften beschäftigen sich mit der Überwachung und den photographischen Aufnahmen von Gelände. 22 Gesellschaften führen Schauflüge und Himmelsschrift aus.

Bisher sind mehr als 500 Flughäfen nach bestimmten Richtlinien ausgebaut worden, wobei man die Hallenbauten nicht mehr in Holz-, sondern in Eisenkonstruktion ausführt. Auf den Flughäfen hat man neben den Flughallen Ausbesserwerkstätten, unterirdische Triebstoffbehälter, drahtlose Nachrichtenanlagen eingerichtet und sie mit Nachtbeleuchtung und beleuchteten Windrichtungszeigern ausgestattet. In dem Verwaltungsgebäude sind Räume für die Abfertigung von Fluggästen und Fracht sowie Erfrischungsräume vorhanden. („The Iron Age" 27. Oktober 1927 S. 1143*)
[N 977 d] Gw.

Mit Druckluft betätigte Schraubstöcke

Die Zeitersparnisse bei der Verwendung von Spannfuttern mit Druckluftbetätigung haben die Marmon Automobile Co. veranlaßt, auch ihre Schraubstöcke mit Druckluft zu betreiben. Der Luftzylinder wird hinter dem Schraubstock auf einer Platte befestigt; er verschiebt die Schraubstockbacke durch die Kolbenstange. Zur Steuerung dient ein Fußtritthebel. („American Machinist" 5. November 1927 S. 505*) [N 977 e] Pa.

Eisenbahn-Hubbrücke mit neuartigem Antrieb

Die Brücke ist als Parallelträgerbrücke ausgeführt und besteht aus einer mittleren aufziehbaren Öffnung von rd. 55 m Spannweite, zwei daran anschließenden Öffnungen von je rd. 45 m Spannweite, die die Hubgerüste mit den dazugehörigen Maschinenanlagen tragen, sowie zwei äußeren Öffnungen. Die aufziehbare Öffnung wiegt rd. 325 t, sie hängt mit ihren vier Eckpunkten an je acht Stahlseilen von rd. 40 mm Dmr. bei 154 kg/mm² Festigkeit. Diese Seile führen oben über Rollen von 3,35 m Dmr. und tragen am andern Ende zu je 16 auf jeder Brückenseite die beiden Gegengewichte von je 112,5 t.

Zum Heben und Senken der Brücke werden die Seilrollen über Stirn- und Kegelradgetriebe von insgesamt acht je 25 PS leistenden Motoren getrieben. Die Hälfte davon dient als Aushilfe. Zum Ausgleich der Seillängung hat man die acht Seile jedes Eckpunktes an ihren Enden auf der Gegengewichtseite mit Kolben verbunden, die in Zylindern mittels Drucköles betätigt werden können. Die acht Zylinder sind Teile eines Gußstückes, das am Gegengewicht befestigt ist. Insgesamt sind also vier solcher Längungsausgleicher vorhanden, an jedem Gegengewicht zwei. Die Brücke führt über den White River und verbindet Memphis und Little Rock, zwei Haltepunkte der Chikago, Rock Island & Pacific-Eisenbahn, miteinander. („Engineering News-Record" 3. November 1927 S. 705*) [N 977 f] Sd.

BÜCHERSCHAU

Handbuch für den Deutschen Braunkohlenbergbau. Von G. Klein. 3. Aufl. 1. Bd. Halle a. d. S. 1927, Wilhelm Knapp. 511 S. m. 404 Abb. u. 16 Taf. Preis 43 *M*.

Der Braunkohlenbergbau hat sich erst in den letzten 25 Jahren in bedeutenderem Umfang entwickelt, so daß es vollauf erklärlich ist, daß das Handbuch für den deutschen Braunkohlenbergbau in kurzer Zeit in drei jeweils verbesserten und erweiterten Auflagen erscheinen mußte. War die zweite Auflage gegenüber der ersten im wesentlichen nach der wissenschaftlichen und technischen Seite hin erweitert worden, weil die Kenntnisse von den Braunkohlenvorkommen bedeutend vertieft und die Abbauverfahren verbessert worden waren, so ist die dritte Auflage, deren erster Band jetzt vorliegt, vor allem nach den Gesichtspunkten der Systematik umgearbeitet worden. Sie ist nicht mehr wie die früheren Auflagen in einen Text- und einen Tafelband geteilt, sondern der erste Band enthält den wissenschaftlichen Teil mit den geologischen Angaben über die zahlreichen Braunkohlenvorkommen und den technischen Teil, der sich hauptsächlich mit dem Tiefbaubetrieb befaßt, sowie auch die zu diesen beiden Teilen gehörenden Karten und Zeichnungsblätter. Ein systematisches Inhaltsverzeichnis schließt den Inhalt dieses Buches auf. Um seinen Wert als Nachschlagewerk zu erhöhen, könnte vielleicht bei einer folgenden Auflage oder am Ende des zweiten Bandes ein Stichwortverzeichnis angehängt werden.

Die einzelnen Abschnitte umfassen in stärkerem Maß als in den früheren Auflagen die einzelnen Zweige des Fachwissens, wie z. B. die Entstehung, Klassifikation und Eigenschaften der tertiären Braunkohlen, die Geologie und geologische Skizzen der Vorkommen, die rechtlichen Verhältnisse im deutschen Braunkohlenbergbau, das Aufsuchen, Aufschließen und Abbauen im Tiefbaubetrieb usw. Von ersten Fachleuten bearbeitet, geben sie die Möglichkeit, daß sich jeder, der mit dem Braunkohlenbergbau irgendwann und irgendwie zu tun hat, einen genauen Überblick hierüber verschaffen kann.
[E 954] Is.

The Oil Industry. Von Ernest Raymond Lilley. New York 1925, D. van Nostrand Company. 548 S. m. versch. Abb.

Die steigende Bedeutung des Erdöls für die Weltwirtschaft, namentlich für die Volkswirtschaft der Vereinigten Staaten von Amerika, findet auch in der reichhaltigen amerikanischen Erdöl-Fachliteratur ihren Niederschlag. Das vorliegende Buch füllt demnach nicht gerade eine Lücke aus, doch es wird wegen seiner logischen, übersichtlichen und klaren Gliederung des Stoffes sowohl dem Fachmann wie dem Laien willkommen sein. Dem Fachmann, weil es außer den eigenen Ausführungen des Verfassers auch einen umfangreichen Schrifttumnachweis nach jedem Abschnitt und ein sorgfältig zusammengestelltes Sachverzeichnis bietet, dem Laien, weil es in leicht verständlicher Darstellung und in der vom Umfang des Werkes bedingten Kürze alles das bringt, was zur Übersicht über diesen Industriezweig notwendig ist.

Von der Mutung des Erdöls bis zum Verkauf des veredelten Rohstoffes werden alle Stufen der Erdöltechnik durchlaufen. Die Darstellungen erstrecken sich erfreulicherweise nicht nur auf die amerikanische Praxis, sondern schließen auch die in andern Ländern üblichen Verfahren ein, ohne daß, was an sich auch schlechthin unmöglich wäre, ein Werturteil für das eine oder andre gefällt wird. Die Abschnitte über die Technologie des Bohrens und Förderns sind am stiefmütterlichsten behandelt, die wachsende Bedeutung der elektrischen Antriebe nicht genügend betont. Die Abbildungen lassen mitunter zu wünschen übrig. Dennoch kann das Buch empfohlen werden. [E 879] Steiner

Azetylen-Sauerstoff-Schweiß- und Schneidbrenner. Aus „Technologic Papers" Nr. 200 des Bureau of Standards, Washington. Übersetzt von W. Reinacher. Berlin 1927, VDI-Verlag. 82 S. m. 45 Abb. Preis 3,80 *M*.

In dem ersten Teile des Buches wird die Versuchseinrichtung mit besonderer Berücksichtigung der sorgfältigen Bestimmung des Gasverbrauches, der Arbeitstische für Schweiß- und Schneidversuche, der Prüfstoffe und der verwendeten Gase beschrieben, und es wird kurz über die Vorversuche berichtet.

Der zweite Teil umfaßt die eigentlichen Schweiß- und Schneidversuche. Die untersuchten Brenner wurden je vier Schweißproben an 13 mm-Blech und einer Probe an 20 mm-Blech unterzogen. Neben den Fragen der Wirtschaftlichkeit sollte hierbei der Einfluß des schwankenden Druckes auf die Arbeitsgenauigkeit festgestellt werden. Mit den Schneidbrennern wurden je acht Versuche ausgeführt. Sowohl bei den Schweiß- als auch bei den Schneidversuchen stellte sich heraus, daß in vielen Fällen der Gasverbrauch mit dem von den Firmen angegebenen Wert nicht übereinstimmte, und auch der angegebene Druck erwies sich häufig als zu hoch. Um möglichst neutrale Grundlagen zur Beurteilung zu gewinnen, wurden die gleichen Versuche von verschiedenen Schweißern ausgeführt.

Wenn die Versuche auch in Amerika ausgeführt sind und die dortigen Gas- und Lohnpreise zur Grundlage haben, so dürften sie doch auch für den deutschen Schweißer von Bedeutung sein, um so mehr als der Übersetzer die Ergebnisse teilweise auf deutsche Verhältnisse umgerechnet hat.

Das Buch ist ein bemerkenswerter Beitrag zur Frage der Bewertung und Beurteilung der Brenner und wird für Leiter ähnlicher Versuche manche Anregung für Ausbau und Ergänzung der Versuche enthalten. Ob dagegen auch dem Schweißpraktiker unmittelbar damit gedient ist, scheint noch die Frage. [E 912] Thomson

Über den Bau und Bedienung von Destillier- und Rektifizierapparaten. Von H. Nehbel. Berlin 1927, Maetzig & Co. 2. Aufl. 518 S. m. 250 Abb. Preis 24 *M*.

Das Werk ist die einzige Veröffentlichung, die bisher über diesen Gegenstand einigermaßen erschöpfend Auskunft gibt. Nach einer Einleitung, die einen geschichtlichen Rückblick und die Grundlagen der Destillation und Rektifikation enthält, behandelt der Verfasser die Blasenapparate, sodann die ununterbrochen arbeitenden Destillierapparate, die Bedienung der Destillierapparate, die Rektifizierapparate, die kalte Reinigung des Rohspiritus durch Filtern über Kohle, die Frage des absoluten Alkohols und des Baustoffes der Geräte. Überall stehen die praktischen Erfahrungen des Verfassers im Vordergrund, während die Berechnung der Apparate stark zurücktritt. Es wäre wünschenswert, daß bei einer weiteren Auflage diesem Buch über die einfachsten Berechnungen hinaus auch eine umfassendere Würdigung der theoretischen Verhältnisse beigegeben würde, wie sie z. B. die grundlegenden Schriften Hausbrands enthalten.

Leider konnten auch die wertvollen Ausführungen von v. Keußler über „Technische Herstellung von wasserfreiem Alkohol durch Druckdestillation"[1]) noch nicht berücksichtigt werden.

Dennoch ist das Buch außerordentlich wertvoll für alle, die mit dem chemischen Apparatebau irgendwie zu tun haben. [E 892] Gsl.

Verhandlungen des 2. internationalen Kongresses für technische Mechanik. Zürich, 12. bis 17. September 1926. Herausgegeben von Ernst Meißner. Zürich und Leipzig 1927, Orell Füßli. 546 S. m. zahlr. Abb. Preis 65 Fr.

Über den Kongreß im September 1926 ist in dieser Zeitschrift 1927 S. 69 berichtet worden. Im Auftrage des Organisationskomitees hat Prof. Meißner, Zürich, jetzt in einem stattlichen Bande die auf dem Kongreß gehaltenen Vorträge herausgegeben, insgesamt über achtzig. Wegen Begrenzung des Stoffes sind die Beiträge zur Aussprache über die Vorträge nicht mitveröffentlicht, was zum Teil auch auf die Dreisprachigkeit der Verhandlungen zurückzuführen ist. Ein Blick auf das Inhaltsverzeichnis zeigt sofort, daß Mechanik in des Wortes weitestem Sinne zur Darstellung kommt. Den Arbeiten sind viele Abbildungen beigefügt, auf deren Wiedergabe große Sorgfalt verwendet worden ist. Das Werk ist in allen Fachkreisen weitgehender Beachtung sicher. [E 837] Dr. A.

Die Brikett-Industrie und die Brennmaterialien. Von Friedrich Jünemann. Wien und Leipzig 1927, A. Hartleben. 212 S. m. 34 Abb. 3. Aufl. Preis 5,50 *M*.

Arbeiterschutz-Vorschriften im Deutschen Reiche. Herausgeg. von der Deutschen Gesellschaft für Gewerbehygiene. Bearb. von Leymann. Berlin 1927, Reimar Hobbing. 441 S. Preis 16 *M*.

Beihefte zum Gesundheits-Ingenieur, 2. R. 4. H.: **Die Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung im rheinisch-westfälischen Industriegebiet.** Von A. Gärtner. München und Berlin 1927, R. Oldenbourg. 23 S. m. 3 Abb. Preis 3,60 *M*.

Beihefte zum Gesundheits-Ingenieur, 2. R. 5. H.: **Benzolabscheider.** Von Leopold Richter. München und Berlin 1927, R. Oldenbourg. 11 S. m. 20 Abb. Preis 1,80 *M*.

Prüfung und Unterscheidung pflanzlicher Öle durch das neue Fließverfahren. Von Paul Jaeger. Stuttgart 1927, Forschungs- und Lehrinstitut für Anstrichtechnik G. m. b. H. 26 S. m. 22 Abb. Preis 1,60 *M*.

Siemens-Handbücher. Herausgeg. von Siemens & Halske, A.-G., und den Siemens-Schuckertwerken A.-G. XII. Bd.: **Elektrizität in der Landwirtschaft.** Bearb. von C. Buschkiel. 171 S. m. 185 Abb. Berlin und Leipzig 1927, Walter de Gruyter & Co. Preis 5,40 *M*.

Sammlung Göschen, Nr. 965: **Wehr- und Stauanlagen.** Von Paul Böß. Berlin und Leipzig 1927, Walter de Gruyter & Co. 132 S. m. 59 Abb. und 5 Berechnungsbeispielen. Preis 1,50 *M*.

Sammlung Göschen, Nr. 969: **Tarife für den Verkauf elektrischer Arbeit.** Von Paul Munk. Berlin und Leipzig 1927, Walter de Gruyter & Co. 97 S. m. 26 Abb. Preis 1,50 *M*.

Betriebsstatistik in Maschinenfabriken. Von Hartwig Machts. Herausgeg. vom Verein Deutscher Maschinenbauanstalten, Berlin-Charlottenburg. 16 S. Preis 2,50 *M*.

Vereinigung der Elektrizitätswerke E. V. **Statistik für das Jahr 1926.** Dortmund 1927, W. Crüwell. 577 S. Preis 45 *M*.

Das Schriftgießer-Gewerbe in Süddeutschland und den angrenzenden Ländern. Ein Abschnitt aus der Geschichte des Deutschen Schriftgießergewerbes. Von Gustav Mori. Stuttgart 1924, gedruckt auf Veranlassung der Schriftgießerei Bauer & Co. 76 S. m. 19 Tafeln. Preis 40 *M*.

Fischer von Erlach der Aeltere. Von Hans Sedlmayr. München 1925, R. Piper & Co. 69 S. u. 95 S. m. 111 Abb. Preis 18 *M*.

Cornelis Drebbel. En Zijne Tijdgenooten. Von F. M. Jaeger. Groningen 1922, P. Noordhoff. Preis 2,90 Fl.

Uhlands Ingenieur-Kalender 1928. Begründet von Wilhelm Heinrich Uhland. Bearbeitet von R. Stückle. In zwei Teilen. Erster Teil: Taschenbuch. Zweiter Teil: Für den Konstruktionstisch. Leipzig 1927, Alfred Kröner. 54. Jg. I. Teil 226 S. II. Teil 578 S. Preis 4 *M*.

Das internationale Patentrecht. Von Robert Jungmann. Berlin 1927, Carl Heymann. 36 S. Preis 1 *M*.

J. Robert Mayer und das Gesetz von der Erhaltung der Energie. Von Bernhard Hell. Stuttgart 1925, Fr. Frommanns Verlag (H. Kurtz). 165 S. Preis 5 *M*.

[1]) Z. Bd. 71 (1927) S. 925.

ZUSCHRIFTEN AN DIE SCHRIFTLEITUNG

Reibungsverhältnisse trockener Automobilkupplungen

In dem Bericht über die Dissertation von Dr.-Ing. Florig, Z. Bd. 71 (1927) S. 7, ist die in Abb. 4 dargestellte Abhängigkeit der Reibungszahl von dem Schlupf nicht ohne weiteres einleuchtend. Entsprechend dieser Abbildung heißt es in der ausführlicheren Veröffentlichung („Autotechnik" Bd. 15 (1926) Nr. 11) bezüglich der Einscheibenkupplung mit Asbestbelag: „Der sogenannte Reibungskoeffizient der Ruhe muß daher im vorliegenden Falle = 0 angenommen werden". An einer Kegelkupplung mit Baumwollbelag ist dagegen nach dem Verlauf der hierfür gültigen Linie in Abb. 4 des oben erwähnten Berichtes ein endlicher Wert der Reibungszahl der Ruhe zu erwarten und nach Abb. 2 das gleiche Ergebnis auch bei Asbest- und Lederbelag der Kegelkupplung.

Die Erscheinung, daß die Reibungszahl der Ruhe null ist, wurde zwar für feste Körper, die mit physikalischen und chemischen Mitteln peinlichst gereinigt waren, durch Jacob[1]) festgestellt. Nach der alltäglichen Beobachtung ist jedoch zwischen festen Körpern eine merkliche Reibung der Ruhe vorhanden, und Versuche, die vor einigen Jahren bei dem Lehrstuhl für Maschinenelemente der Technischen Hochschule Danzig[2]) angestellt wurden, zeigten bei technisch sauberen Oberflächen einwandfrei das Auftreten einer Reibung der Ruhe (Haftreibung), die merklich höher war als die Gleitreibung bei geringer Geschwindigkeit. Bei diesen Versuchen wurden Treibriemen über glatte Gußeisenscheiben und Stahlbänder über Gußeisenscheiben, die mit Kork belegt waren, mit Geschwindigkeiten $w = 0{,}02$ bis 5 cm/s gezogen, wobei die Scheiben feststanden. In beiden Fällen ergab sich der hier in Abb. 1 dargestellte Verlauf der Abhängigkeit der Reibungszahl von der Gleitgeschwindigkeit. Bei trockener Reibung von Stahlband auf glatter Gußeisenscheibe war keine Veränderlichkeit der Gleitreibung zu erkennen, jedoch war für $w = 0$ der Wert μ merklich größer als bei Beginn der Bewegung. Nickel[3]) erhielt bei der Untersuchung der Reibung von gußeisernen Bremsbacken auf gußeiserner Scheibe eine Bestätigung des in Abb. 1 dargestellten Verlaufes von $\mu = f(w)$.

Die hiervon abweichenden Ergebnisse von Florig erklären sich vermutlich daraus, daß bei schnell umlaufenden Einscheiben-Automobilkupplungen überhaupt keine wirkliche Reibung der Ruhe eintreten kann, da die Kupplungshälften infolge der Erschütterungen der Umlaufbewegung niemals ohne Relativbewegung aneinander liegen. Bei der Kegelkupplung liegen die Verhältnisse insofern anders, als sich infolge der Form der Reibungsflächen die beiden Kupplungshälften gegeneinander verspannen, wodurch die das Auftreten der Haftreibung störenden Bewegungen quer zur Schlupfrichtung verringert werden; doch erscheint es fraglich, ob die Reibung der Ruhe in voller Größe auftritt.

Der Satz, daß die Reibungszahl der Ruhe stets kleiner ist als die der Bewegung, sollte daher so abgeändert werden, daß statt „Reibungszahl der Ruhe" etwa „Reibungszahl bei dem Schlupf null" gesagt wird. Andernfalls ist die Gefahr einer unzulässigen Anwendung der gewonnenen Ergebnisse auf die allgemeine Theorie der Reibung vorhanden.

[1]) Jacob, Über gleitende Reibung. Diss. Königsberg 1911.
[2]) Mohr, Die Reibungsziffern für Treibriemen und Stahlbänder bei kleinen Gleitgeschwindigkeiten. Diss. Danzig 1921.
[3]) Nickel, Beitrag zur Kenntnis der Reibungsziffern für Reibungskupplungen mit gußeisernen zylindrischen Gleitflächen. Diss. Danzig 1924.

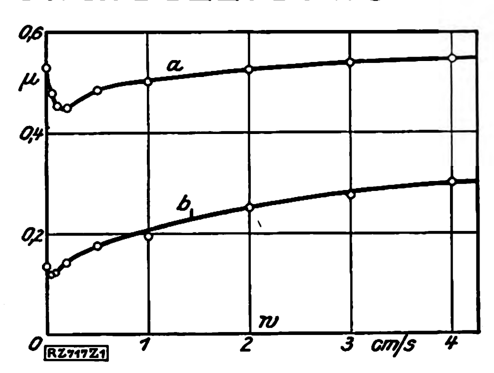


Abb. 1
Reibungszahlen in Abhängigkeit von der Gleitgeschwindigkeit w (Flächendruck p = 0,2 kg/cm²)
a Stahlband auf Gußeisenscheibe mit Korkbelag
b Lederriemen auf Gußeisenscheibe

Augsburg Dr.-Ing. Mohr

Erwiderung

Abb. 4 meines Berichtes zeigt wie Abb. 2 den Verlauf der Reibungswerte mit zunehmendem Schlupf bei konstantem Anpressungsdruck, wobei die Werte in Abb. 4 mit zwei verschiedenen Kupplungen (einer Kegel- und einer Einscheibenkupplung) unter Verwendung des Federdruckes ermittelt wurden. Abb. 4 und Abb. 2 ergeben, daß die Reibungswerte der Ruhe kleiner als diejenigen der Bewegung sind, und ferner, daß die Reibung der Ruhe je nach dem Stoff, der Oberfläche und dem spezifischen Anpressungsdruck verschieden groß sein kann. Sie kann auch null sein, wie die Werte der Einscheibenkupplung in Abb. 4 zeigen. Die Reibung der Ruhe bei Einscheibenkupplungen braucht jedoch nicht immer null zu sein, wie Dr.-Ing. Mohr irrtümlicherweise annimmt. Entsprechende Beispiele hierfür sind in meiner Veröffentlichung in der „Auto-Technik" angeführt.

Meine Versuche haben alle ergeben, daß die Reibung der Ruhe in trockenlaufenden Automobilkupplungen stets kleiner als die der Bewegung ist. Dasselbe Ergebnis ist auch durch zahlreiche, allgemein bekannte Versuche mit Riemen gewonnen worden. Wenn Dr. Mohr und Dr. Nickel das Gegenteil ermittelt haben, so liegt der Grund dafür m. E. darin, daß der Schlupf nicht bis zu kleinsten Werten bestimmt wurde, oder, sofern dies der Fall war, daß andere Verhältnisse als in Kupplungen vorgelegen haben.

Die vorgeschlagene Unterscheidung zwischen Reibungszahl der Ruhe und Reibungszahl bei dem Schlupf null ist m. E. nicht gut möglich, da beide Bezeichnungen völlig dasselbe sagen. Wenn sich die von mir an Reibungskupplungen gewonnenen Ergebnisse auf die „allgemeine Theorie der Reibung" nicht anwenden lassen, so zeigt dies, daß die Möglichkeit einer anderen Theorie der Reibung als die von Mohr angeführte „allgemeine Theorie" besteht. [D 717]

Dresden Dr.-Ing. Florig

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★
Bd. 71 SONNABEND, 3. DEZEMBER 1927 Nr. 49

Die Ausstellung der Deutschen Landwirtschaft-Gesellschaft in Dortmund 1927

Von Prof. Dr.-Ing. Vormfelde, Bonn-Poppelsdorf

Die Bedeutung der Landwirtschaft in der deutschen Volkswirtschaft — Die Mithilfe der Industrie an den landwirtschaftlichen Mehrerträgen der letzten Jahrzehnte durch Lieferung von Düngemitteln, durch Lieferung geeigneter Maschinen zur Bodenbearbeitung, Saatgutbereitung usw.; die Mithilfe der Industrie an der Güteverbesserung der Lebens- und Futtermittel und beim Schutz vor ihrem Verderben.

Allgemeines

Die neuzeitliche Landwirtschaft ist in höchstem Maß auf die Mitwirkung der Industrie angewiesen. Aber auch umgekehrt ist die Industrie von der Landwirtschaft abhängig. Man muß sich darüber klar werden, was es bedeutet, daß die deutsche Landwirtschaft jährlich 13 bis 14 Milliarden ℳ neuer Güter erzeugt, Das ist mehr als alle Industrien einschließlich Berg- und Hüttenwesen hervorbringen. Allein die Milchwirtschaft erreicht einen Produktionswert von 4 Milliarden ℳ, das ist mehr, als aus der gesamten deutschen Eisen- und Stahlerzeugung hervorgeht.

Die Zusammenhänge zwischen Industrie und Landwirtschaft werden also bei weitem nicht durch die 3- bis 400 000 t Eisen ausgedrückt, die der deutsche Landmaschinenbau verbraucht, auch wenn der sicherlich nicht unbeträchtliche Anteil der vielen Dorf- und Gutsschmieden hinzugerechnet wird; sondern der Zusammenhang wird durch die hohen Produktionswerte in der Landwirtschaft gekennzeichnet, wenn er auch nicht so sichtbar zutage tritt. Die Werterzeugung und dadurch die Kaufkraft der Landwirtschaft spielen daher eine ungeheuer große Rolle für unser Wirtschaftsleben, und die Industrie hat den größten Vorteil von guten Ernten, die sie, wie oben angedeutet, in vielen Beziehungen fördern kann. Am augenscheinlichsten ist dies, abgesehen von der Landmaschinenindustrie, bei der chemischen, besonders der Düngemittelindustrie der Fall. Wenn in den letzten Jahren auf 1 ha mehr als 19 Doppelzentner Getreide (Roggen, Gerste, Hafer, Weizen) geerntet worden sind gegenüber 11,5 in den Jahren 1881 bis 1885, so hat die Düngemittelindustrie mit etwa 50 vH an den Mehrerträgen infolge der bessern Ernährung der Pflanzen durch Kali, Phosphorsäure und Stickstoff beigetragen. Etwa 30 vH der Mehrerträge sind auf die Züchtung besonders ertragreicher Sorten und die restlichen 20 vH auf die besseren Kulturmaßnahmen, wie Bodenbearbeitung usw. zurückzuführen.

Der Stickstoffbedarf ist dabei so beträchtlich, daß die im Kriege für den Heeresbedarf verbrauchten Mengen synthetischen Stickstoffes später ohne weiteres von der Landwirtschaft aufgenommen werden konnten, ohne daß damit der Riesenbedarf an diesem Düngemittel gedeckt war. Inzwischen hat die Düngemittelindustrie entsprechend größeren Umfang angenommen, aber damit sind wir für Deutschland noch nicht am Ende der Entwicklung angelangt. Optimisten glauben, daß Deutschland sich selbst ernähren könnte, wenn infolge richtiger Belehrung besonders in den mittleren und kleinen Landwirtschaftsbetrieben Kunstdünger in erhöhtem Maße verwendet würde. Denn unsere gut geleiteten Wirtschaften, vielleicht abgesehen vom weniger ertragreichen Osten, erzielen ja doch tatsächlich nicht nur 19 Doppelzentner sondern das doppelte auf 1 ha.

Es muß daher auch weiterhin das Ziel der führenden deutschen Landwirtschaftsorganisationen und der in Frage kommenden Industrien sein, durch Belehrung und vor allem durch den Betrieb von Musterwirtschaften die bereits gewonnene Erfahrung in der richtigen Düngung und der damit eng zusammenhängenden besseren Bodenbearbeitung usw. in alle Kreise der Landwirtschaft hineinzutragen. Bei der außerordentlichen Wichtigkeit der Düngungsfrage für die gesamte Volkswirtschaft möchte man manchmal gesetzlichen Zwang wünschen, der gleichzeitig in geeigneter Weise die notwendige geldliche Unterstützung regeln würde.

Bei vielen Kunstdüngerarten bleibt ein Säurerest im Boden zurück, der den in ihm enthaltenen Kalk zu seiner Sättigung verbraucht. Ohne Kalkzusatz würde der Boden versauern, aber da springt die Kalkindustrie ein, die große Mengen an Ätzkalk für schwere Böden, an kohlensaurem Kalk für die leichten Böden zu liefern hat.

Mit der Maschinen-, Düngungs- und Kalkfrage ist aber der Anteil der Arbeit, den die Industrie der Landwirtschaft zu leisten hat, bei weitem noch nicht erschöpft.

Die aus dem Weinbau heraus entstandene Schädlings- und Krankheitsbekämpfung erstreckt sich heute immer mehr auf die gesamte große Land- und Forstwirtschaft, verkümmert doch in jedem Jahr eine ungeheure Menge von Pflanzen durch Krankheiten und Schädlinge. Wenn auch der im letzten Jahre so stark aufgetretene Rostbefall nicht durch technische Mittel bekämpft werden kann, sondern nur durch Züchtung rostbeständiger Pflanzen, ebenso Kartoffelkrebs und Reblaus, so ist der Kampf gegen den schädlichen Steinbrand beim Weizen und gegen den Schneeschimmel beim Roggen eine Frage der Beizung. Hierzu liefert die Industrie Beizmittel und Beizapparate. Die Krautfäule der Kartoffel muß in ähnlicher Weise bekämpft werden.

Vom Weinbau ist der technische Pflanzenschutz, die Schädlingsbekämpfung, besonders auf den Obstbau übergegangen, wo sie allerdings bei weitem noch nicht den infolge des Wettbewerbes ausländischen Obstes notwendigen Umfang angenommen hat. Das Aroma des deutschen Obstes ist besser, während z. B. das kalifornische Obst besser aussieht, dem Auge also besser gefällt und dementsprechend vom Käufer vorgezogen wird. Hier muß also die Industrie wieder helfen durch Lieferung von Mitteln gegen Mehltau, gegen die Schorfkrankheit, Fusicladium usw., die gerade das Obst unansehnlich machen. Schwefel- und Kupferpräparate mit Arsen gemischt, die ja besonders im Weinbau eine große Rolle spielen, werden auch in manchen Obstkulturen zum Vernichten tierischer und pflanzlicher Schädlinge angewendet. Hierzu kommt noch eine gute gefällige Verpackung der geernteten Früchte, etwa so, wie sie als Einheitsverpackung von der Hauptlandwirtschaftskammer in Dortmund ausgestellt wurde.

Ein weiteres Betätigungsgebiet der Industrie erstreckt sich auf die Schaffung von Einrichtungen, die das leichte Verderben der landwirtschaftlichen Ware verhindern, oder bei großen Ernteerträgen den

nicht absetzbaren Überschuß in eine haltbare Form überführen sollen, damit wir von den ausländischen Lebens- und Futtermitteln unabhängiger werden. Das ist ein ungeheuer großes Gebiet, müssen doch allein die mehr oder weniger vollkommenen Kühlanlagen für Milch und Milcherzeugnisse für eine Jahreserzeugung ausreichen, die, wie bereits gesagt war, die der gesamten deutschen Eisen- und Stahlindustrie übertrifft. Dabei ist die Milcherzeugung bei gleichbleibendem Viehstand durch genügende und zweckmäßigere Fütterung neben Zuchtmaßnahmen noch über das Doppelte steigerungsfähig. In manchen Viehställen ist der mittlere Milchertrag für eine Kuh auf 5000 l im Jahr gestiegen, während der Durchschnittswert für ganz Deutschland 1800 l beträgt.

Um hierin weitere Fortschritte zu erreichen, müssen wir einen möglichst großen Grünfutterertrag erhalten, mit Hilfe von Düngung, Bewässerung usw. sowie von bestem Saatgut, dessen Auslese sehr vollkommene Maschinen verlangt. Ferner müssen wir aber auch die gesamte Viehfutterernte sicher bergen und verfüttern können, was bei den oft sehr mißlichen Witterungsverhältnissen ohne technische Hilfsmittel nicht möglich ist. In den letzten Jahren kommen daher die in Amerika bereits seit Jahrzehnten üblichen Grünfuttersilos mehr und mehr in Aufnahme, und es ist zu hoffen, daß auch bei uns selbst regennasses Grünfutter zu einem sehr bekömmlichen und gern gefressenen Speichergrünfutter mit völliger Sicherheit eingesäuert werden kann. Jedenfalls wird die Industrie auch in der Viehwirtschaft, wo sie bisher nicht so stark wie im Ackerbau an den Mehrerträgen mitgewirkt hatte, mehr und mehr herangezogen werden, wie zu diesen Silobauten, sowie auch zu andern Einrichtungen, die die Erhöhung der Erträge oder Herabsetzung der Betriebskosten bewirken sollen.

Daß es sich bei allen technischen Maßnahmen um ausgedehnte Aufgaben für die Industrie handelt, die großen Absatz versprachen, zeigt die folgende Zusammenstellung des deutschen landwirtschaftlichen Besitzstandes.

Betriebsgröße	Anzahl der Betriebe (abgerundet)		Landwirtschaftlich genutzte Flächen	
		vH	Mill. ha	vH
5 a bis 2 ha Zwergbetriebe	3 000 000	60	1,6	6,2
2 bis 5 ha Kleinbetriebe	900 000	17,5	2,9	11,5
5 bis 20 ha mittlere Betriebe	950 000	18,7	9,15	35,8
20 bis 50 ha großbäuerliche Betr. .	175 000	3,4	5	19,8
50 bis 200 ha Großgüter	34 000	0,7	3	11,5
über 200 ha Großgrundbesitz . . .	9 770	0,2	3,92	15,3
insgesamt (genaue Zahl)	5 068 770		25,57	

Für die Errichtung größerer technischer Anlagen kommen nur die Güter über 20 ha Grundbesitz in Frage. Anderseits ist aber infolge der großen Anzahl der kleineren Betriebe der Gesamtbedarf an Kleingeräten und Anlagen ebenfalls außerordentlich groß und kann durch genossenschaftliche Zusammenfassung auch für größere Anlagen in Betracht kommen.

Neben der Schaffung der Silobauten, die Grünfutter genießbar erhalten sollen, müßte auch die Kartoffel vor dem Verderben geschützt werden. Es würde den deutschen Kartoffelbau außerordentlich fördern, wenn es der Industrie gelänge, die Kartoffeln in wirtschaftlicher Weise in eine trockene, leicht versendbare und preiswerte Dauerware überzuführen, die als heimisches Massenfutter den Wettbewerb mit Mais und ausländischer Futtergerste aufnehmen kann. Da die bisherigen Verfahren, bei denen der Wassergehalt der Kartoffeln durch Wärme entfernt wurde, zu teuer waren, hat das Reichsernährungsministerium kurz vor der Eröffnung der Dortmunder Ausstellung in einem Ausschreiben Preise von insgesamt 175 000 ℳ für solche Einrichtungen zum Trocknen von Kartoffeln ausgesetzt, bei denen die Gesamttrockenkosten für 1 Zentner Rohkartoffeln 0,38 ℳ nicht überschreiten.

Damit habe ich einige Punkte der gemeinsamen Arbeit zwischen Industrie und Landwirtschaft gekennzeichnet, wobei ich die eigentliche Landmaschinenindustrie noch nicht berücksichtigt habe, ebensowenig, wie die Beziehungen dieser zu den deutschen Werkzeugmaschinenfabriken usw. Auch auf die große Bedeutung der Elektrizitätserzeugung für die Landwirtschaft und die davon wieder abhängigen Industrien bin ich nicht weiter eingegangen, aber es ist ja doch schon zu sehen, daß die Deutsche Landwirtschaft-Gesellschaft mit Recht durch eine Ausstellung mitten im Industriegebiet in sozusagen handgreiflicher Weise auf diese Zusammenhänge hinweisen mußte, um sie auch im Volksempfinden mehr und mehr einwurzeln zu lassen. Die große Zahl von 335 000 Besuchern, von denen ein sehr großer Teil der Industriebevölkerung angehört, zeigt, daß anderseits auch dem Wirken der deutschen Landwirtschaft von den Angehörigen der Industrie große Aufmerksamkeit entgegengebracht wird.

Die Ausstellung in Dortmund

Diese jährlich wiederkehrenden, von Max Eyth ins Leben gerufenen DLG-Ausstellungen sind von außerordentlicher Bedeutung geworden. Dem beobachtenden Ingenieur und Landwirt zeigen sich jedes Jahr neue Bilder, neue Entwicklungen und neue Aufgaben. Neben Maschinen und Einzelteilen, die reif zur Normung sind, wie Pflüge, Drillmaschinen, Mähmaschinen, Häckselmaschinen, Mühlen usw. sind andre technische Fragen, die z. T. überhaupt noch keine feste Gestalt angenommen haben, wie in diesem Jahre die bereits erwähnte Lösung der wirtschaftlich arbeitenden Kartoffeltrocknerei, oder gar die Entwässerung ganz bestimmter plastischer Böden durch Maulwurfdrainage, die in England und Holland bereits mit Erfolg angewendet wird. Außerordentlich groß ist das Gebiet der Landmaschinen, die noch in der Entwicklung stehen und deshalb in den mannigfaltigsten Formen und Ausführungen auftreten und jedes Jahr noch große Wandlungen durchmachen.

Ich möchte an dieser Stelle ausdrücklich davor warnen, daß sich bisher abseits stehende Industrien, die vielleicht augenblicklich an Beschäftigungsmangel leiden, ohne weiteres an der Lösung dieser Fragen beteiligen. Wir haben eine große Menge Beispiele, wo ohne genügende Einarbeit nicht-landwirtschaftliche Maschinenfabriken an den Bau von Landmaschinen herangetreten sind und dabei Geldverluste erlitten und ihrem Ruf großen Abbruch getan haben. Die Schwierigkeiten beim Bau von Landmaschinen werden immer unterschätzt. Diese Maschinen lassen sich nicht so leicht erfassen, wie, sagen wir einmal, eine Werkzeugmaschine, Dampfturbine oder dergl., die bereits eine lange Überlieferung haben, und bei denen die in Frage kommenden Gesetze gründlichst untersucht und die Arbeitsbedingungen verhältnismäßig gleichförmig sind. Jeder Ingenieur, der sich mit Landmaschinen befaßt, sollte mindestens ein Jahr auf einem Landgute praktisch gearbeitet und landwirtschaftliche Luft geatmet haben, um das richtige Gefühl für die dauernd wechselnden Eigenschaften des Bodens, des Wetters und des Erntezustandes zu bekommen sowie ein Gefühl für Zug- und Nutztiere und besonders für die Verhältnisse der Landarbeiter, die unsere Maschinen bedienen sollen.

Pflüge

Wie schon anfangs erwähnt, ist ein Teil der landwirtschaftlichen Mehrerzeugung gegenüber den früheren Zeiten auf bessere Bodenbearbeitung durch Vertiefung und bessere Krümelung der Kulturschicht zurückzuführen. Hier wird heute von Seiten der meisten landwirtschaftlichen Bodenforscher gewünscht, daß der Boden in gewissen Zeiträumen durch Untergrundpflüge tief bearbeitet wird, und zwar so, daß der Pflug nur die obere Schicht wendet, dagegen den unteren bakterienärmeren Boden, den Untergrund, nur lockert, also den toten Boden nicht nach oben bringt. Hier scheint sich für manche Fälle das geteilte Streichblech, Abb. 1, durch-

zusetzen, wie es z. B. von der Firma Klausing in Rabber bei Osnabrück ausgeführt wird. Besonders bei der Bodenbearbeitung mit Dampfpflügen und solchen Schleppern, die nicht in der aufgelockerten Furche fahren, sondern daneben auf festem Lande, ist ein solches Streichblech am Platze.

Im übrigen ließ die Ausstellung ein Überhandnehmen der sogenannten Kehrpflüge erkennen, die im Gegensatz zu den im Kreise herum arbeitenden Beetpflügen im Hin- und Hergang arbeiten und eine Furche neben die andre legen. Es ist allerdings möglich, daß hierbei die Nähe des Rheinlandes eine Rolle gespielt hat, wo diese Art zu pflügen üblich ist, wie übrigens auch in fast ganz Frankreich und Belgien. Man verwendet hierfür entweder Drehpflüge, bei denen die für die Hin- und Rückfahrt rechts- oder linkswendenden, spiegelbildlich gleichen Pflugkörper angebracht sind und am Ende der Furche um eine in Furchenrichtung liegende Achse gedreht werden, damit der andre Pflugkörper in Arbeitsstellung kommt, oder Kipppflüge, bei denen vom Mittelfahrgestell aus nach vorn und hinten in einem Winkel zu einander je ein vollständiger nach einer Seite arbeitender Pflug angebracht ist. Am Ende der Furche wird hier der Pflug um die quer zur Fahrtrichtung stehende Achse des Mittelfahrgestelles gekippt, damit der nach der andern Seite wendende Pflugkörper in Arbeitsstellung kommt.

Die Anzahl der neu aufgenommenen Drehpflüge überwog in Dortmund, obwohl nach den Erfahrungen im Rheinland in den letzten Jahren die Kipppflüge die Drehpflüge etwas verdrängen. Auch hinter dem Schlepper braucht der Rheinländer einen Kipppflug, der bisher allerdings noch einen besonderen Bedienungsmann erfordert. Dies wird bei dem im vorigen Jahr in Breslau gezeigten Pflug[1]) „Novus" der Firma Eberhardt, Ulm, vermieden, der im Laufe des letzten Jahres weitere Verbesserungen aus dem praktischen Betrieb heraus erhalten hat. Auch der bereits in Breslau gezeigte, ebenfalls in dieser Zeitschrift beschriebene Drehpflug der Firma Sack, Leipzig, der „Huckepack", Abb. 2, hat sich seit dem vorigen Jahre recht beträchtlich zu seinen Gunsten geändert. Aus dem damaligen Sterzpflug, der beim Überfahren von flachen Gräben leicht in den Boden schlug, ist dadurch, daß zwei Führungsrollen dicht hinter dem Anhängepunkt angebracht wurden, ein durch ein bewegliches Verbindungsstück zwischen Schlepper und Pflug allerdings sehr kurz angehängtes, selbständiges Anhängegerät geworden.

Fräsen

Statt den Boden mit Scharen umzuwenden und zu lockern, werden seit 1910 in beachtenswerter Weise Versuche gemacht, durch umlaufende Hauen den Boden zu fräsen. Die Aufgabe ist recht schwierig und hat sich bisher für die allgemeine Bodenbearbeitung nicht als wirtschaftlich erwiesen, nur für Moorboden und in Gärtnereien mit sehr viel Spatenarbeit ist das Verfahren schon brauchbar. Die Union-Gießerei in Königsberg, sowie Dürkopp, Bielefeld, zeigten neue Modelle. Mit außerordentlicher Zähigkeit haben die Siemens-Schuckertwerke die Fräsen weiter entwickelt, wobei sie statt der starren Hauen die nach den

[1]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 41.

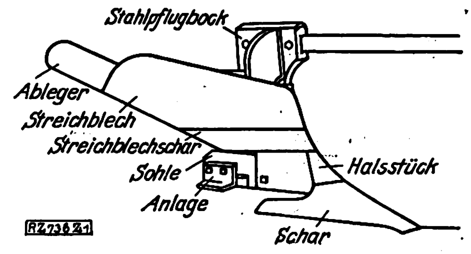


Abb. 1
Pflugkörper für gleichzeitiges Wenden der Scholle und Lockern des Untergrundes (ausgeschnittenes Streichblech) von Klausing in Rabber bei Osnabrück



Abb. 2
Anhänge-Drehpflug „Huckepack" von Rud. Sack, Leipzig

von v. Meyenburgschen Patenten federnden benutzten. Die Maschinen werden sowohl für den Großbetrieb, als auch in kleiner Ausführung zum Ersatz von Spatenarbeit für Gärtnereien, Obstpflanzungen usw. geliefert. Wenn sich die Firmen m. E. besonders auf die kleineren Betriebe einstellen würden und, indem sie die Versuche für die großen Maschinen unterließen, den Preis der kleinen herabsetzen könnten, würde sich diese Maschine meines Erachtens ein großes Feld erobern können. Es gibt heute schon größere Obstgüter, Gemüsewirtschaften usw., die den Pflug nicht mehr benutzen, sondern nur die Fräse.

Während sich die mechanische Bodenbearbeitung des Fräsens als Ersatz für die Pflugarbeit außer bei den genannten Betrieben kaum nennenswert verbreitet hat, wendet man das motorische Pflügen auch bis in kleinere Besitzstände in großem Umfang an, obwohl die Entwicklung der verschiedenen Motorpflüge, die auch heute noch nicht abgeschlossen ist, von Industrie und Landwirtschaft schwere geldliche Opfer gefordert hat. Die schweren Kolosse der ersten Zeit sind verschwunden, die Zwei-Maschinen-Motorpflüge in Deutschland beinahe; in England ist es allerdings, wie die letzte Ausstellung der Royal Agricultural Society in Newport bei Bristol zeigte, deutschen Dieselmaschinen der Firmen Benz und MAN gelungen, die Dampfmaschinen aus den Zwei-Maschinen-Dampfpflugsätzen der klassischen Dampfpflug-Lokomotivenfabrik von John Fowler sowie der von McLaren teilweise zu verdrängen und so in das Gebiet der schwersten landwirtschaftlichen Kraftmaschinen nach der Zwei-Maschinen-Anordnung einzudringen.

Schlepper

Die in der kurzen Zeit der letzten Jahre aber so außerordentlich stark einsetzende Verbreitung der motorischen Ackerbestellung ist unbedingt auf die vielseitige Verwendbarkeit der Schlepper zurückzuführen, denen gegenüber selbst die an und für sich geniale Erfindung von Robert Stock, der Tragpflug, an Boden verliert. In Deutschland hat die schnelle Entwicklung der Motorschlepper, das dürfen wir nicht verkennen, sehr viel dem Fordson-Schlepper zu verdanken. Es bestand aber auch die große Gefahr, daß die deutsche Schlepperindustrie durch diesen Schlepper völlig zugrunde gerichtet wurde, wie das z. B. bei der englischen Schlepperindustrie schon eingetreten ist. In Deutschland ist aber für viele Verhältnisse der Fordson-Schlepper zu schwach, für uns sind zugkräftigere Schlepper vorteilhafter, mit denen auch Tiefkultur auszuführen ist. Würde der schwächere Fordson-Schlepper gegenüber den zugkräftigeren Schleppern mehr Verbreitung finden, so würde dann tiefere Bodenbearbeitung in geringerem Umfang in Deutsch-

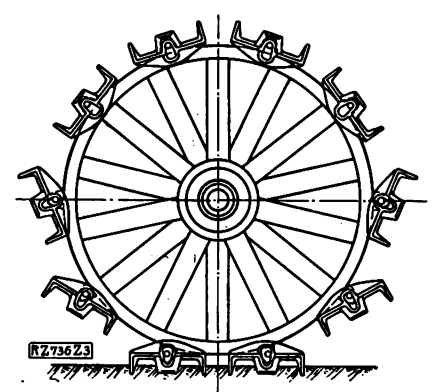


Abb. 3
Guerini-Greifer für Schlepperräder der Firma „Auto- und Traktoren-Ausrüstungs G. m. b. H. (ATRAG)", Berlin

land ausgeführt werden, was jahrzehntelang an Mindererträgen zu merken wäre.

Für uns in Deutschland ist jedenfalls die Tiefkultur unerläßlich, nachdem jahrzehntelange Versuche erwiesen haben, daß durch diese bessere Bodenbearbeitung bis zu 20 vH Mehrerträge erreichbar sind. Dies erfordert aber größere Zugkraft, die von den Motoren an sich in den meisten Fällen zwar ohne weiteres geleistet werden kann. Aber die Abstützung dieser Kräfte durch die Antriebräder gegen den Boden macht vielfach noch erhebliche Schwierigkeiten. Besonders wichtig ist hierbei für die Radschlepper, daß ein möglichst großer Teil des Gewichtes wegen der besseren Adhäsion und daher der größeren Zugkraft auf den Antriebrädern, den Hinterrädern, ruht, natürlich nur so viel, daß der Schlepper vorn nicht aufbäumt. Das soll nun nicht heißen, daß der Schlepper möglichst schwer gebaut werden soll. Für die Motoren, Getriebe usw. kommen natürlich die Grundsätze des Leichtbaues in Frage, schon wegen des teuren Maschinengewichtes dieser Teile, aber das für die jeweilige Motorenstärke notwendige Abstützgewicht kann ja als billiger unbearbeiteter Guß in die Hinterräder gelegt werden. Für die Fahrt über den Acker müssen die Hinterräder möglichst groß sein, da dadurch die Wühlverluste der Greifer vermieden und den Felgen größere Auflageflächen geboten werden. Dasselbe ereicht man allerdings auch mit den sogenannten Guerini-Greifern, Abb. 3.

Doch die Adhäsion kann nicht nur durch größeres Gewicht erzielt werden, sie ist auch abhängig von der Bauart der Greifer oder ähnlicher Einrichtungen. Auf diesem Gebiet ist die letzte Lösung noch nicht gefunden, und es sind daher für die verschiedenen Böden immer noch viele Versuche im Gange. Soviel steht aber bereits fest, daß die bisher fast ausschließlich übliche senkrechte Stellung der Spatengreifer nicht die günstigste ist.

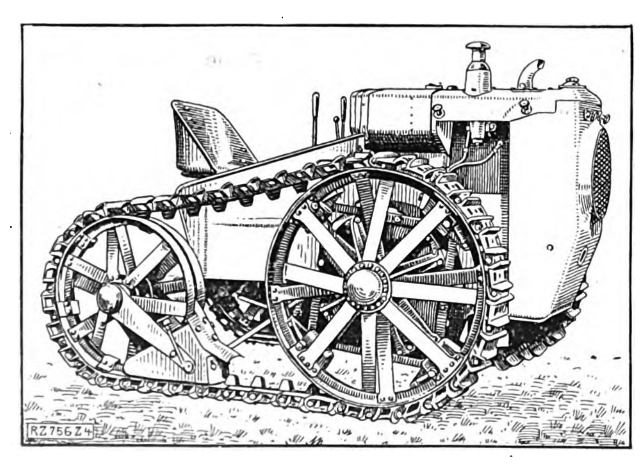


Abb. 4
„Stock-Raupe" der Stock-Motoren-A.-G., Berlin; 28 PS-Raupenschlepper.

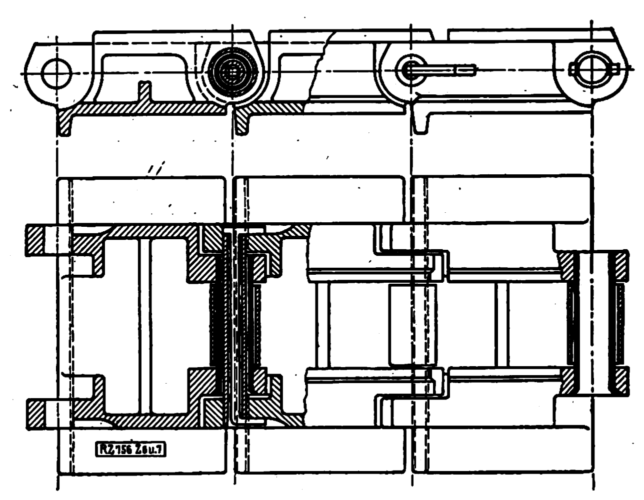


Abb. 6 und 7
Bauliche Einzelheiten der Raupenkette der Moorburger Trecker-Werke

Große Fortschritte haben im letzten Jahre die Ketten- oder Raupenschlepper gemacht. Einer der größten Nachteile dieser grundsätzlich doch sehr glücklichen Lösung des Schleppens über weichen Boden war der hohe Preis dieser Maschinen und der Ersatzteile, was wegen des starken Verschleißes der Raupen für die Verbreitung besonders hemmend war. In dem SHW-Raupenschlepper der Schwäbischen Hüttenwerke, der übrigens jetzt ohne innere Rollenkette gebaut wird[2]), hatte man schon im letzten Jahr einen billigen Kleinschlepper, in der 50 PS leistenden Stumpf-Raupe der Linke-Hofmann-Werke, Breslau, einen billigen Großschlepper. In diesem Jahre folgten in den gebräuchlichen Mittelgrößen um 25 PS Leistung die Stock-Motorpflug-A.-G. mit der Stockraupe, Abb. 4, in derselben Preislage wie entsprechend starke Radschlepper, und die Moorburger Treckerwerke mit der MTW-Anbauraupe, die statt der Hinterräder an Radschlepper (Fordson und neuerdings wohl auch WD der Hanomag) angebaut wird, und wohl als eine sehr aussichtsreiche Lösung angesehen werden kann, Abb. 5 bis 7.

Die Stockraupe wirkt infolge der fehlenden Gewichtauflage auf der Raupe zwischen den beiden Rädern eigentlich wie ein Schlepper mit verlängertem Vierradantrieb. Außerdem ist die Raupe wegen des Vorderradantriebes in ihrer ganzen Länge gespannt. Von der MTW-Anbauraupe möchte man wünschen, daß sie in Zukunft besonders den deutschen Radschleppern zugute komme. Abgesehen von der hervorragenden Zugwirkung ist bei dieser Bauart die Frage des Wendens, die bei den Kettenschleppern immer Schwierigkeiten macht, in sehr guter Weise gelöst, so daß immerhin die Möglichkeit einer größeren Verbreitung der Kettenschlepper in dieser Form auch gegenüber dem Radschlepper besteht.

[2]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 40.

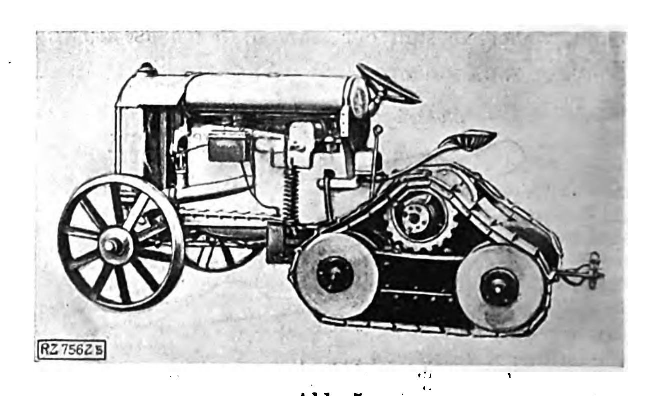


Abb. 5
Anordnung der MTW-Anbauraupe der Moorburger Trecker-Werke am Fordsonschlepper



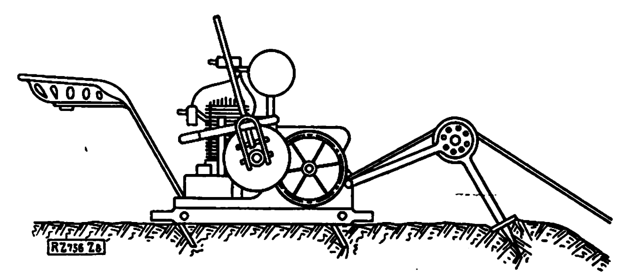


Abb. 8
Weinbergzugwinde „Klein-Winzerdank“ für steile Hänge zum Ziehen von Pflügen, Stein-, Erde- und Dünger-Schlitten und Schädlingsschutzgeräten von Clemens Söhne, Bad Kreuznach

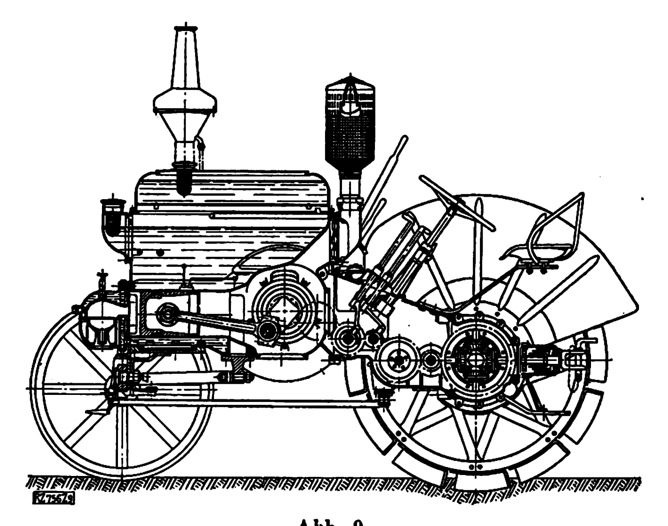


Abb. 9
Längsschnitt durch den 22pferdigen Groß-Bulldog von Heinrich Lanz, A.-G., Mannheim; Rohölschlepper mit liegendem Einzylinder-Glühkopfmotor

Der wunde Punkt ist natürlich der große Verschleiß der Kette. In dieser Richtung ist von den verschiedenen Firmen eine Reihe von bemerkenswerten Lösungen versucht worden. Ich glaube nämlich, daß die günstige Lösung dieser Frage für die Entwicklung der in Deutschland noch kaum vorhandenen, aber mehr und mehr notwendigen wirtschaftlichen Kleinschlepper von höchstens 10 PS von größter Bedeutung, ja, gewissermaßen Vorbedingung für diese Entwicklung sein wird. Diese Kleinschlepper müssen schmal und möglichst niedrig gebaut sein. Dann werden sie sowohl in Obstkulturen, ähnlich wie jetzt schon zum Teil die kleine Fräse, als auch ganz besonders im landwirtschaftlichen Kleinbesitz verwendet werden. Es müssen leichte billige Maschinen sein, zum Teil sogar ohne Sitz für den Schlepperführer, wie man es in Frankreich vielfach hat[3]), wo an diesem Baumuster schon jahrzehntelang gearbeitet wird. Bei ihnen müssen vorzüglich arbeitende Raupen oder Greifer angewendet werden, damit man trotz des leichten Maschinengewichtes die genügende Zugkraft erhält, was allerdings bei der Fräse nicht nötig ist, da die Arbeitsbewegung des Fräswerkzeuges schon den Vorwärtsgang unterstützt.

Für die Bearbeitung steiler Weinberge kommen keine Schlepper, sondern Seilwinden in Frage, die in Dortmund zum erstenmal auf einer DLG-Ausstellung gezeigt wurden. Hier leisten die Firma Clemens Söhne, Kreuznach, und Scherf, Saarburg, wertvolle Pionierarbeit, gilt es doch in den meisten Fällen, äußerst mühsame und teure Handarbeit durch Maschinenarbeit abzulösen und darüber hinaus die Güte der Weinbergbearbeitung zu verbessern. Abb. 8 läßt die Arbeitsweise dieser Maschinen ohne weiteres erkennen[4]).

[3]) „Technik in der Landwirtschaft“ Bd. 3 (1922) S. 25, Bd. 8 (1927) S. 88; „Die Landmaschine“ Bd. 7 (1927) S. 245.
[4]) „Der deutsche Weinbau“ Bd. 6 (1927) S. 247 u. f.; Landwirtschaftliche Zeitschrift für die Rheinprovinz Bd. 28 (1927) S. 510 u. f.

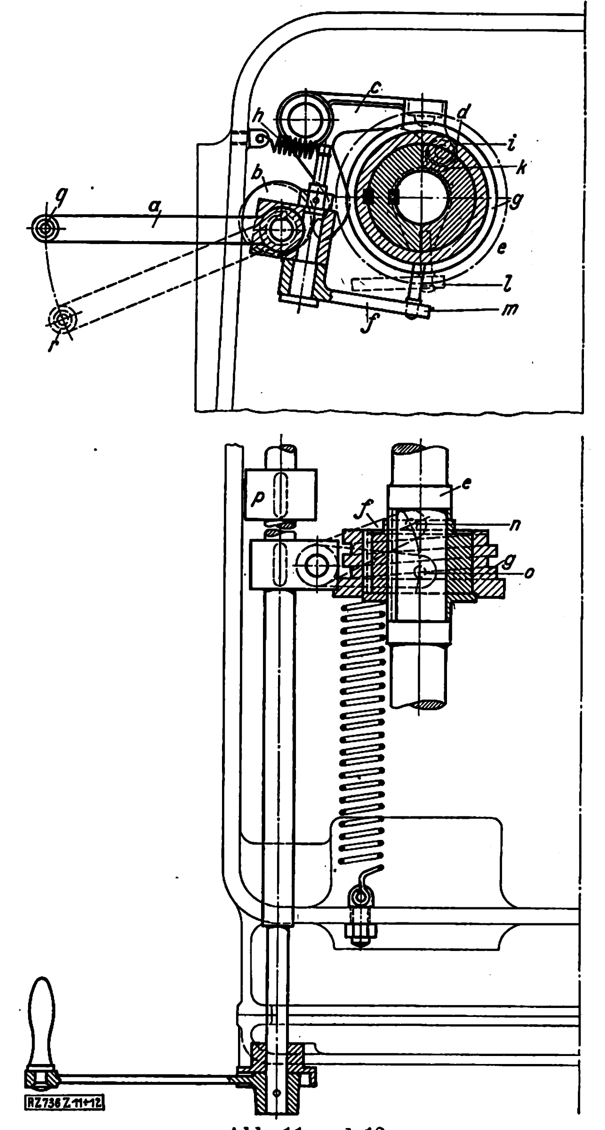


Abb. 11 und 12
Druckmindervorrichtung der Einscheiben-Signalbauanstalten Max Jüdel, Bruchsal, zum Anlassen von Dieselmotoren

a Anlaßhebel — *d* Hebelrolle — *f* Sperrhebel
b Exzenter — *e* Nocken — *g* Gewinde
c Winkelhebel — *h* Feder
i Hebelrolle *d* in Druckminderstellung (Anlaßstellung)
k „ „ Betriebstellung
l Hebel *f* in Betriebstellung
m „ „ „ Druckminderstellung (Anlaßstellung)
n „ „ „ Betriebstellung
o „ „ „ Druckminderstellung (Anlaßstellung)
p Druckmindernocken für Auspuffventil
q Hebel *a* in Druckminderstellung (Anlaßstellung)
r „ „ „ Betriebstellung

Die größte Bedeutung für die deutsche Schlepperindustrie, besonders auch für die deutsche Ausfuhr derartiger Maschinen hat die Brennstofffrage. Wir haben bisher versucht, bei der Entwicklung unserer Maschinen immer mehr den schwereren Brennstoffen zuzustreben. Man kann heute wohl schon sagen, daß Benzol für neuzeitliche Maschinen nicht mehr in Frage kommt, für Vergasermaschinen muß mindestens Petroleum verwendbar sein. Die Firma Lanz, Mannheim, hat in ihrem Groß-Bulldog, Abb. 9, eine Maschine mit Glühkopfmotor glücklichster Konstruktion und großer Zugkraft[5]) herausgebracht, die bereits dieses Jahr als erster deutscher Schlepper auf der englischen Royal Show ausgestellt und zur englischen silbernen Denkmünze angemeldet worden war[6]). Inzwischen scheint auch der Dieselmotor so weit in seiner Entwicklung gekommen zu sein, daß man ihn unbesorgt in den landwirtschaftlichen Betrieb

[5]) „Technik in der Landwirtschaft“ Bd. 8 (1927) S. 51.
[6]) „Technik in der Landwirtschaft“ Bd. 8 (1927) S. 228; „Landmaschinenmarkt“ Jahrg. 1927 Nr. 39.



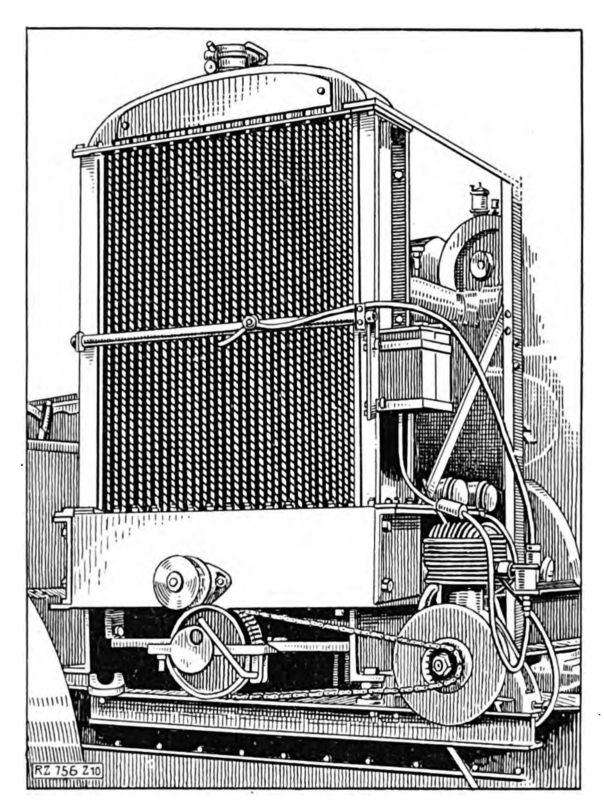


Abb. 10
Anordnung eines kleinen Benzin-Startermotors an einem 60pferdigen Benz-Dieselmotor der Motorpfluglokomotive von Mc Laren, ausgestellt auf der Schau 1927 in Newport

geben kann. Für große Maschinen ist dies ja, wie schon erwähnt, von den englischen Firmen Fowler und McLaren geschehen, noch dazu bei Maschinen, die bereits in den Kolonien mit eingeborenen Bedienungsmannschaften mit Erfolg verwendet werden sollen. Außer auf vollkommene Betriebsicherheit muß bei den Dieselmaschinen auf die Möglichkeit leichten Anwerfens geachtet werden. Der Benz-Dieselmotor, der in die schwere englische McLaren-Seilzugmaschine eingebaut ist, wird in sehr geschickter Weise von einem kleinen Benzin-Hilfsmotor angelassen, der die Maschine auf 200 Uml./min bringt, wobei sie unter allen Umständen anspringt, Abb. 10. Eine ebenfalls wegen der Vermeidung von Zündpapier, Lunten usw. sehr gute Lösung, Abb. 11 und 12, zeigten die Moorburger Trecker-Werke. Der MTW-Dieselmotor, der in den MTW-Raupenschlepper und neuerdings auch in den Pöhlschlepper eingebaut wird, kann ähnlich wie ein Vergasermotor „angekurbelt" werden. Zuerst wird dabei die Verdichtung vermindert, so daß man mittels der Kurbel die Maschinenwelle in Drehung versetzen kann. Dann schaltet sich die Verdichtung selbsttätig wieder ein und wird unter Ausnutzung der lebendigen Kraft der bewegten Massen so hoch, daß der Motor anspringt[7]).

Der Vorgang ist dabei so, daß durch Hochheben des Hebels *a* vor dem Anlassen mittels des Exzenters *b* der Winkelhebel *c* eine geringe Drehung erfährt. Die Hebelrolle *d* gelangt somit später gegen den Nocken *e*, was Verminderung der Verdichtung zur Folge hat. Damit aber Hebel *c* in dieser Lage einige Zeit hindurch bleibt, wird gleichzeitig der Sperrhebel *f* auf das Gewinde *g* gehoben. Bei der Drehung wird der an *f* befestigte Stift von dem Gewinde in die Betriebstellung zurückgeschoben. Der Sperrhebel ist dann wieder frei, die ganze Anordnung kann sich unter Einwirkung der Feder *h* zurückdrehen. Die Verdichtungsminderung ist aufgehoben.

Eine gewisse Unsicherheit in der Brennstofffrage bringen die Aussichten auf die Verflüssigung der Kohle, zumal vielfach von geringen Preisen dieser Erzeugnisse gesprochen wird. Man würde dann wohl der Züchtung eines Leichtbrennstoff-Motors mit hohem thermischem Wirkungsgrad zustreben. Auf diesem Wege macht die Firma Citroën mit ihrem Andreau-Motor, der im letzten Januar in Paris als ortfester Landmotor von 4½ PS Leistung aufgestellt war und den merkwürdig geringen Brennstoffverbrauch von nur 175 g Benzin für 1 PS haben soll, zu beachtende Einführungsversuche[8]).

[B 756] (Schluß folgt.)

[7]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 781.
[8]) „Die Landmaschine" Bd. 7 (1927) S. 501.

Zur Theorie der zylindrischen Schalen und Bogenträger

In der Theorie der Träger mit gekrümmter Mittellinie, Bogenträger, haben sich gewisse Unstimmigkeiten gezeigt, die eine Überprüfung der rechnerischen Grundlagen der Theorie veranlaßt haben[1]). So hat insbesondere A. Föppl darauf hingewiesen[2]), daß die Übereinstimmung mit der genauen, zweidimensionalen Theorie bei Berücksichtigung der Normalkraft weniger gut ist als ohne diese.

Wendet man die Betrachtungen der Behältertheorie auf Kreisbogenträger an, so ergibt sich unmittelbar, daß die Berücksichtigung der Normalkraft auch in der Gleichung für die Durchbiegung w, normal zur Mittellinie des Trägers, zur Geltung kommt, so daß die vollständigen Gleichungen lauten:

$$S' - N + XR = 0, \quad N' + S + ZR = 0, \quad G' - NR = 0$$

$$w'' + w = -\frac{GR^2}{EJ} - \frac{SR}{2Eh}, \quad u = \int\left[w + \frac{SR}{2Eh}\right] d\vartheta + \text{konst.}$$

(Die Striche bedeuten Ableitungen nach ϑ.)

Für den Vollring, der an zwei entgegengesetzten Punkten mit den gleichen Kräften K belastet ist, ergibt sich als größtes Biegemoment

$$G_{\vartheta=\frac{\pi}{2}} = -\frac{KR}{\pi},$$

und zwar gleichgültig, ob das Glied mit S in der Gleichung für w berücksichtigt wird oder nicht, so daß auf die Größe dieses Biegemomentes die Normalkraft überhaupt ohne Einfluß ist. Dagegen zeigt sich, daß die Normalkraft z. B. bei dem Wert des kritischen Druckes eines von außen belasteten Kreisrohrs ein zusätzliches Glied von der Größenordnung $\frac{h}{R^2}$ hervorbringt, wenn $2h$ die Dicke des Rohres bedeutet. Die Integration dieser Gleichungen für verschiedene Belastungen wie Eigengewicht, Flüssigkeitsdruck, beliebig verteilte Einzelkräfte usw. ist stets ausführbar.

Um die Genauigkeit der angenäherten Theorie überhaupt abzuschätzen, kann man die oben gekennzeichneten Lösungen noch vergleichen mit den entsprechenden für den zweidimensional aufgefaßten Träger. Das ist möglich durch ein Verfahren, das von F. Klein angegeben und von A. Timpe u. a. ausgearbeitet wurde. Das Verfahren besteht darin, den betreffenden Bogen zu einem Vollring zu ergänzen und die Belastung auf diesem ergänzten Teil so anzubringen, daß sie zusammen mit der gegebenen eine Gleichgewichtsgruppe bildet. Da die vollständige Lösung für den Vollring — am einfachsten auf dem Wege der Airyschen Spannungsfunktion — bekannt ist, so ist man in der Lage, die Lösung der zweidimensionalen Frage immer anzugeben. Führt man dieses Verfahren etwa an dem mit Flüssigkeitsdruck belasteten Halbkreisträger durch, so findet man, was inzwischen auch von anderer Seite bestätigt wurde, daß die Werte der Normalkraft S und der Querkraft N in der angenäherten und genauen Theorie vollkommen übereinstimmen, während die Werte der Biegemomente um Glieder von der Ordnung $\frac{h^2}{R^2}$ voneinander abweichen.

Prag [N 855] Pöschl

[1]) Z. f. angew. Math. u. Mech. Bd. 7 (1927) S. 189.
[2]) In der soeben erschienenen 10. Auflage des 3. Bandes seiner „Vorlesungen über technische Mechanik" ist die betreffende Bemerkung nicht mehr enthalten. D. Verf.

Die elektrische Ausrüstung von Kraftfahrzeugen

Von Dr. Erich C. Rassbach, Direktor der Firma Robert Bosch A.-G., Stuttgart

An der Hand der Betriebsbedingungen, denen die elektrische Anlage eines Fahrzeuges genügen muß, werden die Wesensunterschiede der Ausrüstung mit 6 und mit 12 V Nennspannung mit stromregelnder, von der Batterie abhängiger Dreibürstenmaschine und mit spannungsregelnder, von der Batterie unabhängiger Dynamo sowie zwischen der Magnetzündung und der Batteriezündung erläutert.

Der Preisdruck in der deutschen Automobilindustrie hat in bezug auf das elektrische Zubehör: Lichtanlage, Anlasser und Zündvorrichtung, zu einer Auseinandersetzung über Wirtschaftlichkeit und Betriebsicherheit der in Deutschland bisher üblichen und der in Amerika gebräuchlichen Bauarten geführt, die hier mit der nüchternen Kurve und Leistungsziffer verfolgt werden soll. Hierbei soll die Wirtschaftlichkeit der Anlage, wie erforderlich, nur in ihrer Gesamtheit betrachtet werden, d. h. nicht nur nach den Herstellkosten, sondern auch nach den Betriebskosten.

Die elektrische Ausrüstung der normalen Personenwagen besteht aus der Zündvorrichtung, der Lichtmaschine, den Beleuchtungskörpern, dem Anlasser und der Batterie, die von der Lichtmaschine aufgeladen wird. Raum- und Gewichtsbeschränkung zwingen zu höchster Ausnutzung[1]), und der Betrieb vollzieht sich, bei völlig ungenügender Wartung, unter starker Schwankung der Geschwindigkeit, der Temperatur usw.

Um die Vor- und Nachteile der einzelnen Ausführungen zu vergleichen, sollen die drei Hauptfragen herausgeschält werden. Für diese gibt es je zwei Lösungen, die in großen Zügen der europäischen und der amerikanischen Praxis entsprechen:

1. 12 V oder 6 V Nennspannung der Anlage,
2. Spannungs- oder Strom-(Drehbürsten-)Reglung der Lichtmaschine,
3. Magnet- oder Batteriezündung.

12 V oder 6 V Nennspannung?

Die Spannung mußte bei den kleinen Maschinen der Ausrüstung von Kraftfahrzeugen ohnehin niedrig gewählt werden; bestimmend dafür waren aber die Lampen, die man für die notwendige Leistung[2]) in den kleinen Abmessungen und mit der erforderlichen Widerstandfähigkeit zuerst nur für 6 V, später für 12 V herstellen konnte. Die Amerikaner haben die elektrische Beleuchtung schon 1908 bis 1910 eingeführt und mußten dafür 6 V-Lampen verwenden; als man 1913 den Anlasser einführte, hatte sich die 6 V-Beleuchtung schon so fest eingebürgert, daß man ihre Nachteile für das Anlassen in den Kauf nahm, um so mehr, als die übermäßig großen Batterien, die für die Dynamos mit Stromreglung ohnehin gebraucht wurden, das Anlassen erleichterten. In Europa führte man dagegen die elektrische Ausrüstung mit vom Motor angetriebener Dynamo erst ein, als es bereits brauchbare 12 V-Metallfadenlampen gab. Die Wahl der Spannung stand somit frei, und man gab mit Rücksicht auf den Anlasser der 12 V-Anlage den Vorzug.

Bei mittleren Wagen und 6 V-Anlassern treten Ströme bis zu 500 A und darüber auf. Bei diesen Stromstärken spielt der Widerstand und damit der Spannungsabfall in dem Stromkreis Batterie – Anlaßschalter – Anlasser – Fahrgestell mit seinen vielen Kontaktstellen eine sehr erhebliche Rolle. Nimmt man an, daß für gleiche Anlasserleistung bei 6 V der doppelte Strom gebraucht wird wie bei 12 V[3]), so ist bei Annahme gleicher Leitungsquerschnitte der Leistungsverlust viermal so hoch, da er im Quadrat der Stromstärke steigt. Um auf den gleichen Wirkungsgrad der Übertragung zwischen Batterie und Anlasser zu kommen, müßte man die Leitungsquerschnitte viermal so groß machen, wobei jedoch die Übergangswiderstände an den verschiedenen Kontakten, Schaltern usw. noch nicht vermindert wären.

Besonders stark tritt der Spannungsabfall an den Bürsten auf; er ist für 6 V und 12 V nahezu gleich und beträgt je nach Art der Bürsten 1 bis 1,5 V. Unter Vernachlässigung der Leitungsverluste und Annahme eines mittleren Wertes von 1,25 V Spannungsabfall an den Bürsten stehen bei der 6 V-Anlage noch 79,3 vH, bei der 12 V-Anlage 89,5 vH von der Nennspannung der Batterie am Anlasser zur Verfügung. Anlasserleistung und -drehzahl sind bei 12 V dementsprechend günstiger. Da die Klemmenspannung der Batterie während des Anlassens wesentlich unter die Nennspannung sinkt, sind die Verhältnisse in der Praxis für 6 V noch ungünstiger. In Abb. 1 und 2 ist der Verlauf der Batterieklemmenspannung bei Entnahme verschieden starker Anlaßströme dargestellt, und in drei Punkten ist das Verhältnis $\frac{\text{wirksame Spannung}}{\text{Klemmenspannung}}$ in vH eingetragen. Bei *a* und *b* ist für 6 V der doppelte Strom wie für 12 V (entsprechend gleicher Leistung der Batterie in W) eingesetzt, bei *c* dagegen der Kurzschlußstrom, der bei 6 V mehr als doppelt so groß wie bei 12 V ist. Erhöhter Spannungsabfall als Folge schlechter Kontakte verschlechtert den Wirkungsgrad noch weiter. Bei einem zusätzlichen Widerstand von nur 10 vH für den 12 V-Stromkreis verschlechtert sich der Wirkungsgrad der 12 V-Anlage um 4 vH, der der 6 V-Anlage dagegen um 17,5 vH.

Bisher wurde vorausgesetzt, daß Anlasser gleicher Größe und gleichen Gewichtes für 6 V und für 12 V die gleiche Leistung aufweisen. Aus Abb. 3 geht hervor, wie sich die Leistungen von derartigen Anlassern bei 6 und bei 12 V verhalten; um einen einheitlichen Abszissenmaßstab zu erhalten, ist hierbei die Leistung der Batterie in W an Stelle der Stromabgabe in A benutzt worden[4]). Unter gleichen Bedingungen, d. h. bei Anlassern gleichen Gewichtes und Batterien gleicher Aufnahmefähigkeit in Wh, hat der 12 V-Anlasser 1,86 mkg Höchstdrehmoment gegen

[1]) Stromdichte der Kohle am Anlasser 185 bis 360 A/cm² gegenüber normaler Dichte in Motoren von 30 A/cm².
[2]) In Deutschland heute 35 W, in Amerika 16 bis 18 W.

[3]) Eine Annahme, die für die 6 V-Anlage etwas zu günstig ist.
[4]) Es ist also der vierfache Leitungsquerschnitt und 1/4 des Kontaktwiderstandes angenommen, was wiederum für den 6 V-Anlasser zu günstig ist.

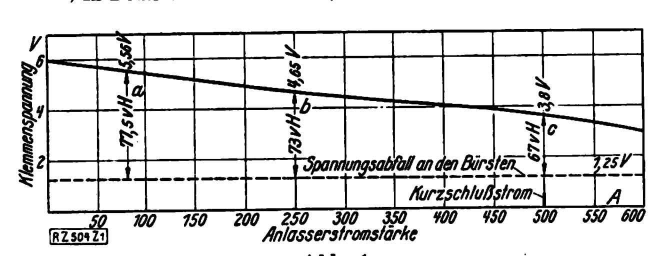


Abb. 1
Verlauf der Klemmenspannung an der Batterie bei Entnahme von Anlasserströmen aus einer 6 V-Batterie von 60 Ah Aufnahmefähigkeit
a, b, c wirksame Spannung in vH der Klemmenspannung

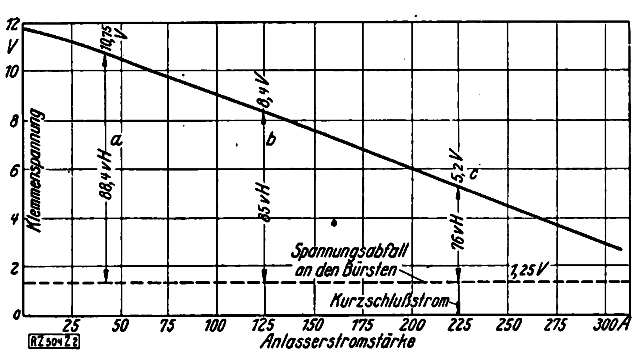


Abb. 2
Verlauf der Klemmenspannung an der Batterie bei Entnahme von Anlasserströmen aus einer 12 V-Batterie von 30 Ah Aufnahmefähigkeit
a, b, c wirksame Spannung in vH der Klemmenspannung

1,56 mkg Höchstdrehmoment des 6 V-Anlassers, entsprechend 16 vH Minderdrehmoment des 6 V-Anlassers, während die höchsten Leistungen 1,12 PS gegen 0,92 PS betragen, entsprechend 18 vH Minderleistung. Die damit gegebene höhere Anwerfdrehzahl und das gesteigerte Höchstdrehmoment bieten dem Konstrukteur größere Freiheit in der Wahl seines Schwungrades oder gestatten ihm bei gegebenem Motor eine Batterie kleinerer Leistungsaufnahmefähigkeit zu verwenden.

Die Bewährung der Anlagen mit 6 V in Amerika erklärt sich durch die Verwendung sehr großer Batterien, die mit Rücksicht auf die Dreibürsten-Dynamo notwendig sind. Diese Batterien sind größer als die in Europa zu Anlaßzwecken benutzten. Zahlentafel 1 zeigt die Aufnahmefähigkeit der 6 V-Batterien bei verschiedenen amerikanischen Personenwagen[5]).

Zahlentafel 1

Anzahl der Wagen-Bauarten	Aufnahmefähigkeit der 6 V-Batterie Ah	Wh
0	weniger als 80	weniger als 480
8	80 bis 85	480 bis 510
18	90 „ 96	540 „ 576
18	100 „ 106	600 „ 636
21	110 „ 120	660 „ 720
10	130 „ 135	780 „ 810
4	142	852
8	150 bis 170	900 bis 1020

In Europa werden trotz höheren Verdichtungsdrücken und strammerer Lagerung der Motoren für gleiche Hubräume bei 12 V meist Batterien für 40 Ah, ausnahmsweise 60 Ah, entsprechend 480 oder 720 Wh, benutzt. Wie stark die Anlasserleistung durch Verwendung größerer Batterien gesteigert wird, zeigt Abb. 4, wo die Schaulinien für den gleichen Anlasser mit 30, 40 und 60 Ah-Batterien dargestellt sind.

Zugunsten der Anlage mit 6 V wird der wesentlich geringere Preis der 6 V-Batterie gegenüber der 12 V-Batterie ins Feld geführt. Der Preis- und Gewichtunterschied ist allerdings groß, wenn man gleiche Aufnahmefähigkeit in Ah betrachtet; er wird aber unbedeutend, wenn man die Aufnahmefähigkeit in Wh, die allein von Bedeutung ist, betrachtet. Zahlentafel 2 gibt die Gewichte und die Listenpreise einer Reihe von Fahrzeugbatterien[6]) an, und zwar nach ihrer Leistung in Wh geordnet.

Die doppelte Zellenzahl bei 12 V bedingt eine größere Anzahl von Zellengefäßen, Verbindungen usw., so daß Preis und Gewicht der 12 V-Batterie höher sind als die der 6 V-Batterie. Zieht man jedoch die außerordentlich hohen Ra-

[5]) „Automotive Industries" Bd. 56 (1927) S. 245.
[6]) Varta-Akkumulatoren, Listenpreise ohne Rabatte, Gewichte mit Säure.

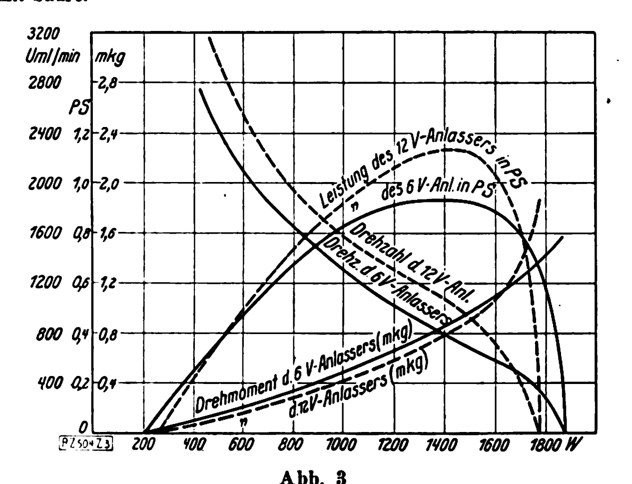


Abb. 3
Vergleich zwischen 6 und 12 V-Anlasser gleichen Gewichtes, aufgenommen bei gleicher Aufnahmefähigkeit der Batterie in Wh. Der 12 V-Anlasser mit 40 Ah bei 12 V ergibt 480 Wh, der 6 V-Anlasser mit 80 Ah bei 6 V ergibt 480 Wh; Dmr. 112 mm, wirksame Gehäuselänge 115 mm.

Zahlentafel 2

Leistungs-Aufnahmefähigkeit[7]) Wh	Aufnahmefähigkeit Ah bei 6 V	12 V	bei 6 V[8]) Gewicht kg	Preis ℳ	bei 12 V[9]) Gewicht kg	Preis ℳ
240	40	20	15,4	78,—	17,6	98,—
360	60	30	20,6	98,—	25,1	121,—
480	80	40	18,5	88,—	29,8	144,—
588	—	49	—	—	26,6	165,—[10])
690	115	—	22,6	131,—[10])	—	—
720	—	60	—	—	40,2	178,—
840	140	—	25,2	144,—[10])	—	—

battsätze in diesem Geschäftszweig in Betracht, so zeigt sich, daß der Unterschied bei dem Gesamtpreis der elektrischen Ausrüstung sehr gering ist.

Als weiterer Vorteil der 6 V-Anlagen wird die Zulässigkeit einer schwächeren Isolation angeführt. Da sie jedoch bei diesen Spannungen ausschließlich durch mechanische Rücksichten bestimmt wird, ist es gleichgültig, ob 6 oder 12 V verwendet werden. Auf Grund der VDE-Normalien ergibt sich für die 6 V-Maschine eine Prüfspannung von 512 V, für die 12 V-Maschine 524 V[11]).

Der Vorteil der Spannung von 6 V für die Lampen ist bereits erwähnt; sie gestattet auch die Verwendung kleinerer Lampen, als sie zur Zeit für 12 V hergestellt werden. Weiterhin lassen sich die Zündspulen der Batteriezündung bei 6 V für eine etwas niedrigere Leistungsaufnahme als bei 12 V herstellen. Dafür erreicht man aber mit der 12 V-Spule höhere Motordrehzahlen.

Die 6 V-Anlage bietet somit den Vorteil einer etwas leichteren und billigeren Batterie und widerstandfähigerer Lampen, die 12 V-Anlage dagegen den Vorteil wesentlich größerer Anlasserleistung bei gleicher Anlassergröße; dabei können für 12 V kleinere Leitungsquerschnitte verwendet werden, und die Anlage ist gegen schlechte Kontakte und Verbindungen weniger empfindlich. Für große Motoren oder dort, wo mit schwerem Anlassen zu rechnen ist, z. B. bei großer Kälte, wird die 12 V-Anlage den Vorzug verdienen.

Spannungs- oder Strom-(Dreibürsten-)Regelung der Lichtmaschine?

Die Lichtmaschine eines Kraftwagens arbeitet unter starken Schwankungen der Belastung und der Drehzahl, so daß besondre Reglungsvorrichtungen notwendig sind, um die Eigenart der elektrischen Maschinen den Betriebsbedingungen anzupassen.

Abb. 5 zeigt ein vereinfachtes Schaltbild der elektrischen Ausrüstung eines Kraftfahrzeuges unter Fortlassen des Anlassers und der Zündvorrichtung. Die Anlage besteht

[7]) Bezogen auf Nennspannung und Entladung in 10 h.
[8]) In leichter Ausführung mit Blechkasten.
[9]) In schwerer Ausführung mit Holzkasten.
[10]) Billige Ausführung ohne Anschlußklemme.
[11]) Die Standards of the Soc. Automotive Engs., Handb. Sept. 1926, S. B 31, 41—43a, geben nur Vorschriften über mechanische Festigkeit und Widerstandfähigkeit gegen Öl und verlangen für die Gesamtanlage eine Prüfspannung von 500 V.

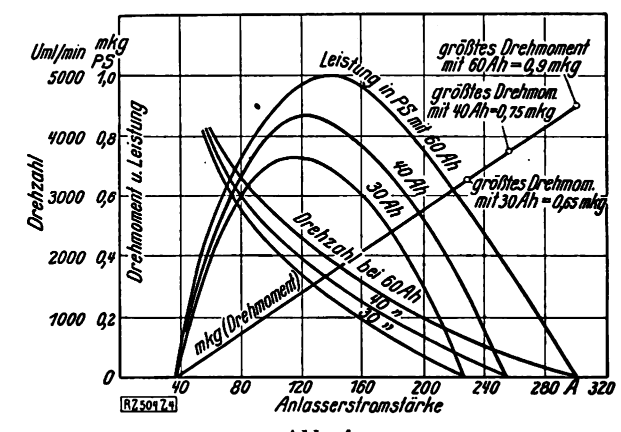


Abb. 4
Kennzeichnende Schaulinien für den gleichen 12 V-Anlasser bei Speisung aus einer 30-, 40- und 60 Ah-Batterie. (Zu beachten ist die wesentliche Steigerung der Leistung bei Verwendung einer größeren Batterie.)

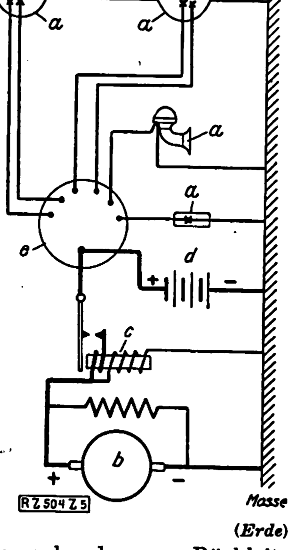


Abb. 5
Vereinfachtes Schaltbild einer elektrischen Anlage für Kraftfahrzeuge (Anlasser und Zündvorrichtung fortgelassen)
a Stromverbraucher
b Dynamo
c selbsttätiger Schalter
d Batterie
e Schaltkasten

aus den Stromverbrauchern *a*, meist Lampen und Hupe, der Dynamo *b* mit zugehörigem selbsttätigem Schalter *c*, der Batterie *d* in Parallelschaltung zur Dynamo, und aus einem Schaltkasten *e*, mit dem man die Stromverbraucher nach Bedarf ein- und ausschaltet. Die positiven Klemmen der Batterie und der Dynamo werden durch isolierte Drähte verbunden, zur Rückleitung dienen die Maschinenteile und der Rahmen des Fahrgestells, die Masse (Erde). Der Schalter *c* schaltet die Dynamo, sobald ihre Spannung bei zunehmender Drehzahl die Netzspannung erreicht hat, auf die Batterie oder das Netz und löst diese Verbindung, sobald bei sinkender Drehzahl die Dynamospannung unter die Nennspannung gesunken ist, damit die Entladung der Batterie über die Dynamo verhindert wird.

Die Stromverbraucher, Lampen usw., bedürfen einer annähernd gleichbleibenden Spannung. Die Batterie dagegen, die während der Zeit, in der sie selber keinen Strom an die Lampen abgibt, ebenfalls als Stromverbraucher anzusehen ist, bedarf einer in gewissen Grenzen veränderlichen Spannung; ihre Lade- und Betriebsbedingungen bestimmen das Regelverfahren.

In Personenkraftwagen werden fast ausschließlich Blei-Schwefelsäure-Akkumulatoren verwendet. Diese Batterien haben geladen eine Spannung von 2,0 bis 2,2 V/Zelle, im entladenen Zustand eine Spannung von 1,8 V/Zelle. Zur Aufladung bedürfen sie einer Spannung, die von 2,3 V/Zelle bei entladener Batterie auf 2,6 bis 2,7 V/Zelle bei geladener Batterie ansteigt. Dem elektrischen Ladevorgang entspricht eine chemische Umänderung, wobei das Bleisulfat der entladenen Batterie wieder in Bleisuperoxyd und Bleischwamm verwandelt wird. Diese Umänderung schreitet von der Oberfläche der Platte nach innen vor. Da sich der Vorgang im Innern infolge der vorgelagerten bereits umgewandelten Masse und der dadurch bedingten Erschwerung des Säureausgleichs nur langsamer vollziehen kann als an der Oberfläche und da ferner die umwandelbare Menge von Bleisulfat mit zunehmender Ladung abnimmt, soll der Ladestrom mit zunehmender Ladung abnehmen. Ist der Ladestrom höher als der chemischen Umwandlung entspricht, so wird der Stromüberschuß dazu benutzt, das Wasser des Elektrolyten zu zersetzen. Dieser als „Gasen" bekannte Vorgang lockert die wirksame Masse der Platten, so daß sie aus den Gittern ausgeschwemmt wird und sich als Schlamm am Boden des Batteriegefäßes ablagert. Das Bleisulfat hat bei längerem Stehen der Batterie die Neigung, sich zu größeren Kristallen umzulagern, die der chemischen Umwandlung bei der Ladung erheblichen Widerstand entgegensetzen; die Aufladung geht um so leichter vor sich, je feiner verteilt das Bleisulfat ist. Die Batterie soll daher dauernd im vollgeladenen Zustand erhalten werden; um bei stark entladener Batterie die Volladung möglichst rasch wieder zu erreichen, ist ein möglichst kräftiger Ladestrom anzustreben. Die Bedingungen, die für eine lange Lebensdauer der Batterie und für größte Betriebssicherheit zweckmäßig sind, lassen sich dahin zusammenfassen:

1. starker Ladestrom, wenn die Batterie tief entladen ist,
2. allmähliches Sinken des Ladestromes, wenn die Batterie sich ihrem vollen Ladezustand nähert,
3. Durchladen der Batterie mit erhöhter Spannung, um sicher vollständige chemische Umwandlung zu erzielen.

Diesen Ladebedingungen soll die Dynamo angepaßt sein.

Die Dynamos sind allgemein als Nebenschlußmaschinen ausgeführt, deren Spannung ohne Reglung mit der Drehzahl steigt oder fällt. Mit Rücksicht auf die Lampen darf jedoch die Höchstspannung die Nennspannung höchstens um 25 vH überschreiten, während die Drehzahlen der Maschine zwischen etwa 700 Uml./min (Drehzahl, bei der die Dynamo durch den selbsttätigen Schalter an das Netz gelegt wird) und 5000 bis 6000 Uml./min schwanken; d. h. einem Spannungsverhältnis von 1 : 1,25 entspricht ein Drehzahlverhältnis von 1 : 7 bis zu 1 : 8,5. Die Regelung muß also für sehr weit auseinandergehende Bedingungen ausreichen; über die zweckmäßigste Art der Regelung streitet man zur Zeit noch.

An sich würde die parallel geschaltete Batterie die Reglung übernehmen können; denn sie drückt ihre Klemmenspannung der Gesamtanlage auf und ändert sie bei verschieden starken Ladeströmen nicht übermäßig. Diese Reglungsart hätte jedoch Zerstörung von Maschinen und Batterien zur Folge[12]). Die Möglichkeit, die Batterie zur Spannungsreglung heranzuziehen, besteht jedoch, wenn durch geeignete Vorkehrungen der Ladestrom auf irgendeinen bestimmten ungefährlichen Höchstwert begrenzt wird. Das ergibt die Reglung auf annähernd gleichbleibenden Strom, kurz Stromreglung genannt, für die hauptsächlich die Dreibürstenmaschine dient.

Aus der Tatsache, daß die Batterie hierbei eigentlicher Träger der Spannung ist und daß die Regelvorrichtung an der Dynamo lediglich dazu dient, den Ladestrom zu begrenzen, geht hervor, daß dieses Verfahren immer einer im brauchbaren Zustand befindlichen Batterie bedarf, um die


[12]) Die Spannungsunterschiede sind außerdem größer als die Metallfadenlampen zulassen.

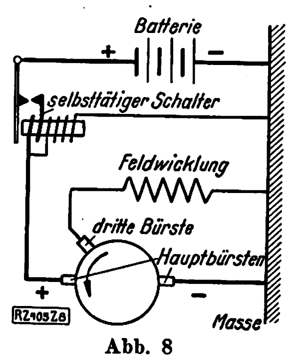


Abb. 8
Schaltung einer Lichtmaschine mit Stromreglung durch Hilfs- („dritte")Bürste

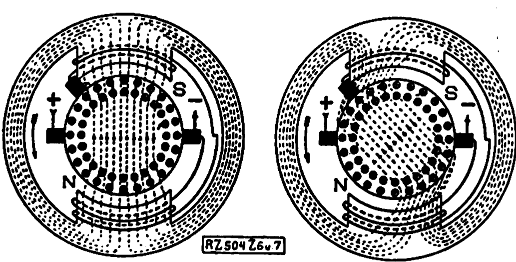
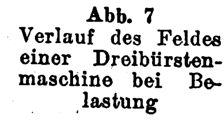


Abb. 6
Verlauf des Feldes einer Dreibürstenmaschine bei Leerlauf


Abb. 7
Verlauf des Feldes einer Dreibürstenmaschine bei Belastung

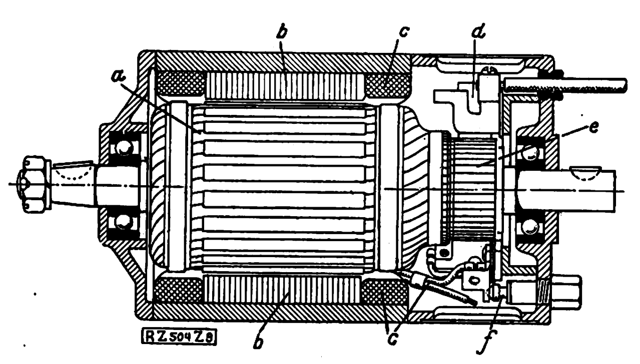


Abb. 9
Lichtmaschine mit Stromreglung durch dritte Bürste
a Anker *b* Polschuh *c* Erregerwicklung *d* Kohlenbürste *e* Kollektor *f* Sicherung

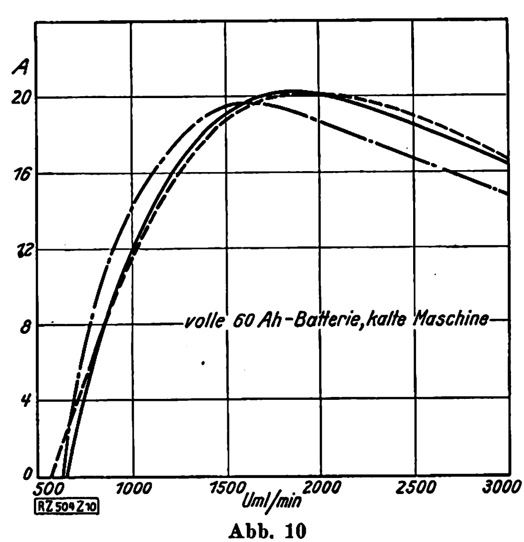


Abb. 10
Regelkurven verschiedener Dreibürstenmaschinen (Ladestrom in Abhängigkeit von der Drehzahl)

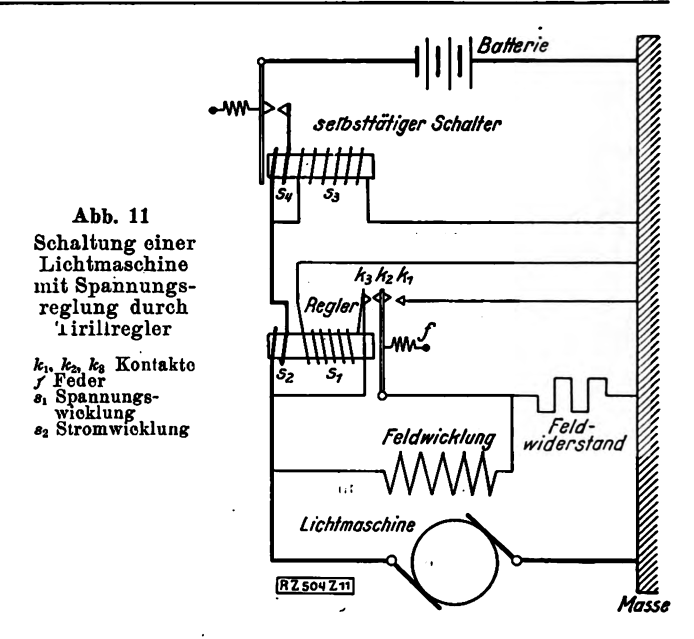


Abb. 11
Schaltung einer Lichtmaschine mit Spannungsreglung durch Tirillregler

k_1, k_2, k_3 Kontakte
f Feder
s_1 Spannungswicklung
s_2 Stromwicklung

Spannung gleichbleibend halten zu können, und daß ohne brauchbare Batterie die Spannung mit der Drehzahl steigen oder fallen würde.

Im Gegensatz zur Stromreglung steht die Spannungsreglung, bei der ohne Rücksicht auf den abgegebenen Strom die Spannung der Maschine durch Vorrichtungen, die völlig unabhängig von der Batterie unmittelbar auf die Felderregung wirken, gleichbleibend gehalten wird. Der Zustand der Batterie selbst, sogar deren völliges Fehlen, bleibt also ohne Einfluß auf die Spannung[13]).

Bei der Dreibürstenmaschine geschieht die Reglung in folgender Weise: Das Erregerfeld, das bei Leerlauf der Maschine gradlinig von Pol zu Pol verläuft, Abb. 6, verschiebt sich bei Belastung der Maschine in der Drehrichtung des Ankers, wie in Abb. 7 angedeutet, und zwar um so mehr, je höher die Drehzahl oder der aus der Maschine entnommene Strom ist. Man schließt nun das Netz an die beiden Hauptbürsten der Maschine an, die Nebenschlußerregerwicklung jedoch an eine Hauptbürste und eine Hilfsbürste, die sog. dritte Bürste, die in der Drehrichtung des Ankers gesehen vor dieser Hauptbürste liegt, Abb. 8 und 9.

Zwischen den Hauptbürsten herrscht dann die volle, dem gesamten Erregerfluß entsprechende Spannung; die Erregerwicklung erhält dagegen nur die Teilspannung, die zwischen Haupt- und Hilfsbürste auftritt, und die mit wachsender Drehzahl oder Stromentnahme sinkt. Mit der sinkenden Feldspannung vermindert sich aber auch der Erregerstrom, und zwar ist diese Verminderung so stark, daß bei hohen Drehzahlen der Lichtmaschine der Strom nicht nur nicht zunimmt, sondern sogar unter seinen Wert bei niedrigen Drehzahlen sinkt. Das kennzeichnende Verhalten verschiedener Dreibürstenmaschinen ist aus dem Schaubild, Abb. 10, zu ersehen. Durch entsprechende Gestaltung der Wicklungen usw. kann dieses Verhalten in gewissen Grenzen verändert werden, aber die grundlegende Eigenschaft, daß der Strom bei steigender Drehzahl sinkt, haben alle Dreibürstenmaschinen, die zur Zeit auf dem Markt sind.

Bei Maschinen mit Spannungsreglung wird ein Tirill-Regler, grundsätzlich gleich dem bei Großmaschinen, benutzt. Dieser Regler steht in Abhängigkeit von der Maschinenspannung und schaltet je nach Bedarf einen Widerstand vor die Erregerwicklung oder schließt sie kurz. Das Schaltbild einer derartigen Maschine ist aus Abb. 11 zu ersehen. Die Reglung spielt sich dabei wie folgt ab: Bei niedrigen Drehzahlen ist der Kontakt k_1-k_2 durch die Feder f geschlossen, und die Feldwicklung erhält die volle Bürstenspannung der Maschine. Steigt die Drehzahl, so daß sich die Spannung erhöht, dann wird durch die Wicklung s_1 eines Elektromagneten der Anker betätigt, der den Kontakt k_1-k_2 öffnet und den Erregerstrom zwingt, seinen Weg über die Feldwicklung und den Widerstand zu nehmen. Es tritt also eine Schwächung des Feldstromes und damit eine Schwächung der Maschinenspannung ein. Steigt die Drehzahl noch höher, so bewirkt die Wicklung s_1 weiteres Anziehen des Ankers, d. h. Schließung des Kontaktes k_2-k_3, wodurch die Erregerwicklung kurz geschlossen wird und die Spannung wiederum sinkt. Dieses ganze Reglerspiel geht mit großer Geschwindigkeit vor sich, so daß bei niedrigem Drehzahlenbereich der Kontakt k_1-k_2 fortwährend geöffnet und geschlossen, bei höheren Drehzahlen der Kontakt k_2-k_3 geschlossen und geöffnet wird. Abb. 12 zeigt einen Schnitt durch einen Tirill-Regler, Abb. 13 bis 15 zeigen Lichtmaschinen mit Spannungsregler.

Der beschriebene Regler würde auf völlig gleichbleibende Spannung regeln. Bei Fahrt mit weit entladener Batterie und voller Beleuchtung bestünde dabei die Gefahr, daß die Lichtmaschine überlastet würde. Um dem vorzubeugen, erhält der Spannungsregler eine zweite, vom Maschinenstrom durchflossene Spule s_2, die der

[13]) Die benutzten Regler sind allgemein Zitterregler nach dem Tirill-Verfahren.

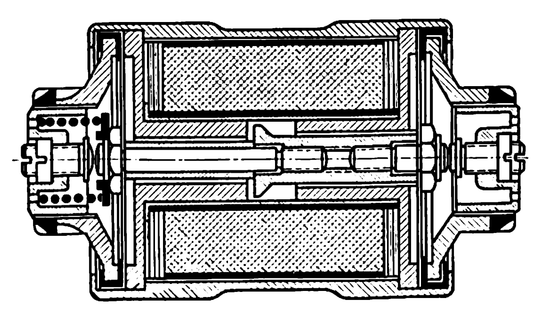


Abb. 12
Schnitt durch einen Tirill-Spannungsregler

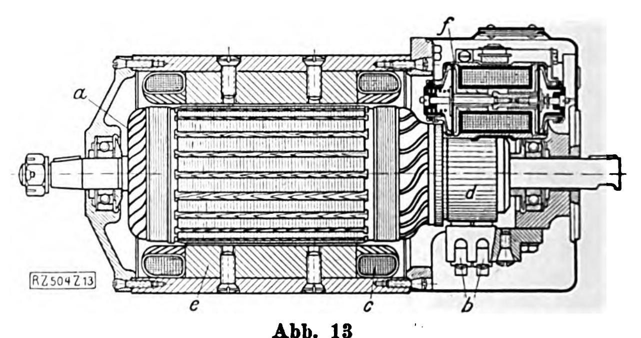


Abb. 13
Schnitt durch eine Lichtmaschine mit Spannungsregler
a Anker *b* Bürsten *c* Erregerwicklung *d* Kollektor *e* Polschuh *f* Regler



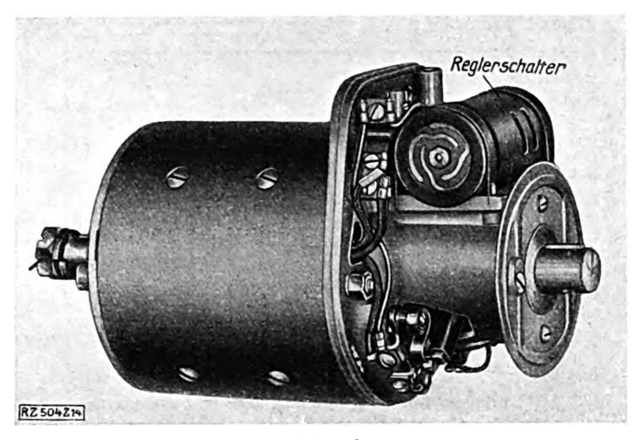


Abb. 14
Lichtmaschine mit Reglerschalter

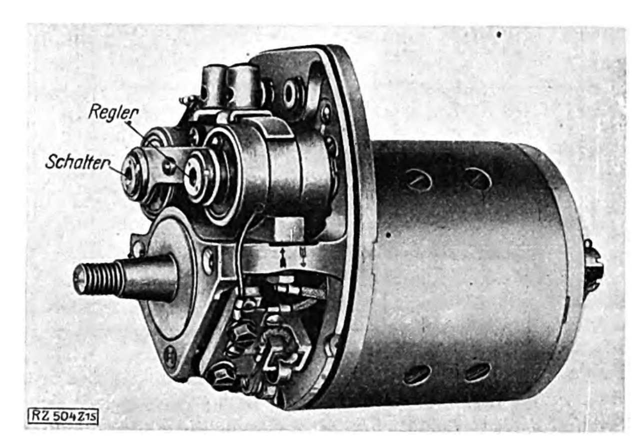


Abb. 15
Lichtmaschine mit getrenntem Regler und Schalter

Spannungsspule entgegenwirkt und eine Reglung auf niedrigere Maschinenspannung und somit eine Minderung des Ladestromes herbeiführt. Diese Art der Reglung wird als nachgiebige Spannungsreglung bezeichnet. Aus Abb. 16 ist das Verhalten einer Maschine mit Spannungsreglung ersichtlich; die Wirkung der nachgiebigen Reglung ist in Abb. 17 dargestellt. Der Spannungsverlauf ist für den ganzen Drehzahlbereich annähernd gleich.

Die abweichenden Eigenschaften der beiden Reglungsarten gehen aus Abb. 18 und 19 sowie 20 und 21 hervor; diese Abbildungen beziehen sich auf 6 V. In den Abb. 19 und 21 ist die Belastung durch den Lampenstrom (11 A) eingezeichnet. Zur Betrachtung gelangen folgende Betriebszustände:

Fahrt ohne Beleuchtung mit voller Batterie, Abb. 18,
„ mit voller Beleuchtung und voller Batterie, Abb. 19,
„ ohne Beleuchtung mit leerer Batterie, Abb. 20,
„ mit voller Beleuchtung und leerer Batterie, Abb. 21.

Die zwischen diesen Endzuständen auftretenden Ladezustände der Batterie sind ohne Einfluß auf die grundsätzlichen Überlegungen.

Bei Fahrt mit voller Batterie, ohne Lampenbelastung, Abb. 18, liefert die Maschine mit Spannungreglung nur so wenig Strom (Kurve I) in die Batterie, daß er gerade genügt, die Batterie „lebendig" zu halten. Die Maschine mit Stromreglung dagegen liefert Strom nach der Kurve II in die Batterie. Die ganze schraffierte Fläche *c d e f* zwischen den Kurven I und II bedeutet überschüssige Stromlieferung, die sich lediglich durch Zersetzung des Wassers in der Füllsäure äußert. Der zerstörende Einfluß einer derartig dauernden Überladung auf die Platten ist am deutlichsten aus Abb. 22 und 23 zu ersehen.

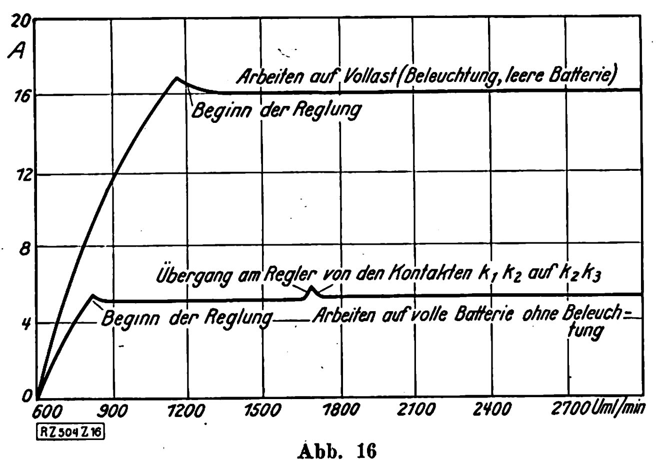


Abb. 16
Stromstärken einer spannungsregelnden Lichtmaschine bei veränderlicher Drehzahl unter der im Kraftfahrzeug normal vorkommenden größten und geringsten Belastung

Bei Fahrt mit leerer Batterie, ohne Lampen, vollzieht sich die Ladung für die Maschine mit Spannungsreglung nach Kurve I, Abb. 20. Bei leerer Batterie geht also die Aufladung durch die Maschine mit Spannungsreglung viel schneller vor sich als durch die Maschine mit Stromreglung; denn letztere ist in ihrer Leistungsabgabe durch das Regelverfahren begrenzt. Maßstab für die Mehrleistung der Spannungsreglung ist die Fläche *c d e f* zwischen den Kurven I und II. Der Vergleich mit den ähnlichen Kurven aus Abb. 18 und 20 zeigt, daß die Leistung der Maschine mit Stromreglung beim Arbeiten auf die leere Batterie wesentlich kleiner ist als beim Arbeiten auf die volle Batterie, während das Gegenteil erwünscht wäre. In Abb. 24 ist die Ladungszunahme einer leeren Batterie in Abhängigkeit von der Zeit für die Maschinen mit Strom- und mit Spannungsreglung unter gleichen Bedingungen in vH dargestellt. Die Ladungszunahme bei Spannungsreglung ist bedeutend größer als bei Stromreglung[14]). Noch deutlicher zeigt Abb. 25 die Mehrleistung der Maschine mit Spannungsreglung.

Für die Fahrt mit voller Batterie und eingeschalteter Beleuchtung zeigt Abb. 19, daß die Maschine mit Spannungsreglung auch in die volle Batterie noch etwas Strom liefert. Ein Maßstab für diesen Strom ist die Fläche *g d e h* zwischen der Kurve I und der Geraden für den Lampenstrom. Bei der Maschine mit Stromreglung ist in diesem Fall kein schädlicher Stromüberschuß vorhanden, so daß die Batterie geschont wird[15]).

Bei Fahrt mit eingeschalteter Beleuchtung und leerer Batterie ist die Leistung der Maschine mit Stromreglung wesentlich schlechter, Abb. 21. Während die Maschine mit Spannungsreglung nach Kurve I noch ein Ladeüberschuß (Fläche *g d e h* in Abb. 21) aufweist und der Batterie noch Ladestrom zuführt, zeigt die Maschine mit Stromreglung (Kurve II der gleichen Abbildung) nur noch für einen beschränkten Drehzahlbereich einen sehr geringen Stromüberschuß (Fläche *l m n*). Bei hohen Dreh-

[14]) 50 vH Ladung nach 2½ h statt nach 4 h, 100 vH Ladung nach 6,5 h statt nach 7,7 h.
[15]) Daraus erklärt sich das in Amerika vielfach übliche Fahren mit Scheinwerfern bei Tage, weil hierbei die Batterie geschont wird.

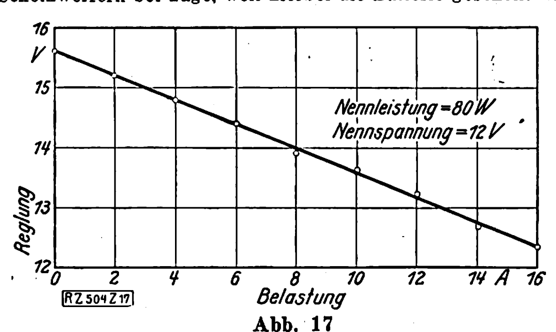


Abb. 17
Wirkung der Stromspule bei Reglung auf nachgiebige Spannung. (Die Wirkung äußert sich in dem Sinken der Spannung bei wachsender Stromstärke.)

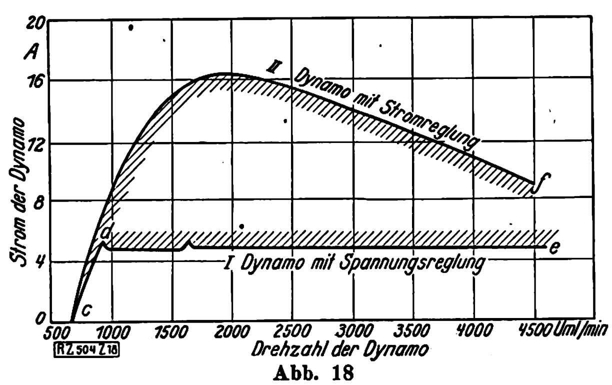


Abb. 18
Fahrt ohne Lampen mit voller Batterie
Fläche *c d e f* = schädlicher Stromüberschuß der Dynamo mit Stromreglung

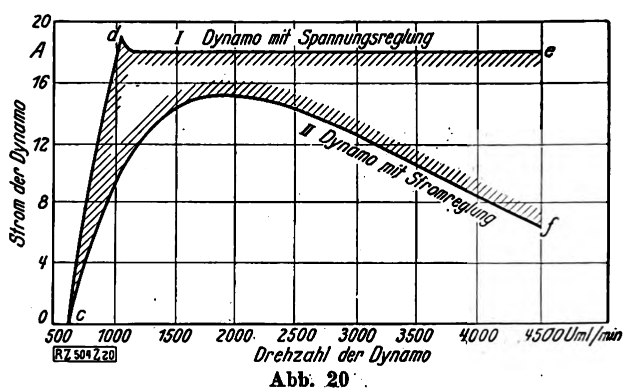


Abb. 20
Fahrt ohne Lampen mit leerer Batterie
Fläche *c d e f* = Mehrleistung der Dynamo mit Spannungsreglung

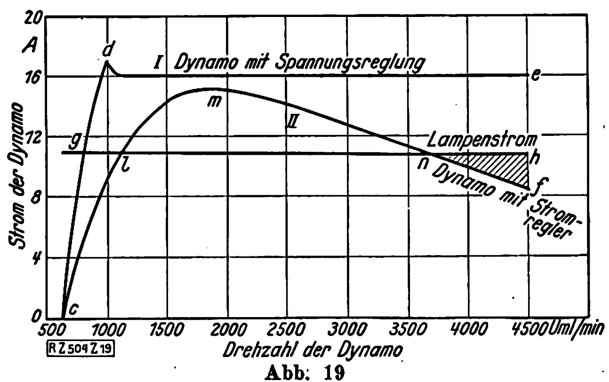


Abb. 19
Fahrt mit Lampen und voller Batterie
Fläche *n h f* = Entladung der Batterie bei hoher Drehzahl infolge ungenügender Leistung der Dynamo mit Stromreglung
Fläche *g d e h* = Ladestrom der Dynamo mit Spannungsreglung
„ *l m n* = „ „ „ „ Stromreglung

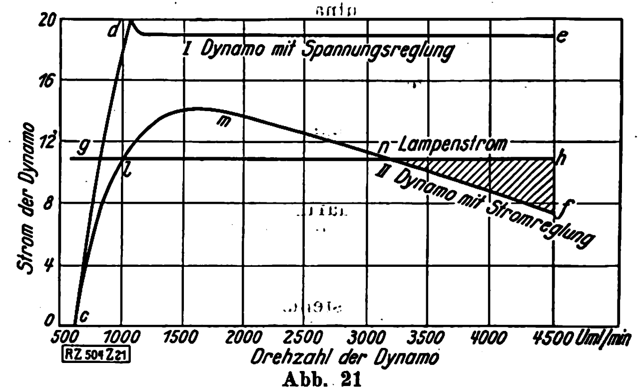


Abb. 21
Fahrt mit Lampen und leerer Batterie
Fläche *n h f* = Entladung der Batterie bei hoher Drehzahl infolge ungenügender Leistung der Dynamo mit Stromreglung
Fläche *g d e h* = Ladestrom der Dynamo mit Spannungsreglung
„ *l m n* = „ „ „ „ Stromreglung

Abb. 18 bis 21.
Kennzeichnende Eigenschaften der Strom- und der Spannungsreglung

zahlen ist überhaupt kein Stromüberschuß mehr vorhanden, sondern die schon tief entladene Batterie muß noch Strom an die Verbraucher abgeben (Fläche *n h f*). Bei teilweise entladener Batterie, z. B. nach langem Stehen mit brennenden Lampen, besteht nicht mehr die Möglichkeit, die Geschwindigkeit des Wagens bei der Nacht voll auszunutzen; denn die Spannung der entladenen Batterie ist für ausreichende Beleuchtung zu gering. Bei der

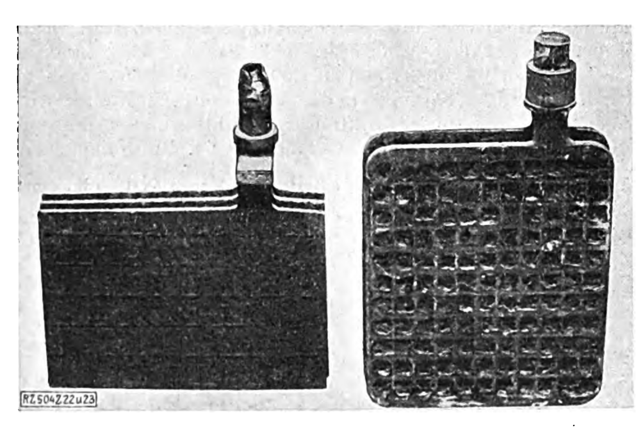


Abb. 22 Abb. 23
Positive Platten aus Kraftfahrzeugbatterien
Abb. 22
Platte aus einer Batterie mit spannungsregelnder Lichtmaschine nach 25 000 km Fahrt
Abb. 23
Platte aus einer Batterie mit stromregelnder Lichtmaschine nach 9000 km Fahrt. Beide Batterien mit regelmäßiger und sorgfältiger Wartung; bei der Platte, Abb. 23, etwa 10mal so viel Wasser nachgefüllt wie bei der Platte, Abb. 22.

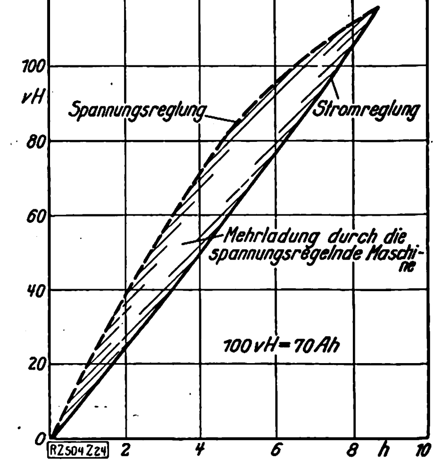


Abb. 24
Ladungszunahme in vH in Abhängigkeit von der Zeit bei leerer 6 V-Batterie von 60 Ah Aufnahmefähigkeit

Maschine mit Spannungsreglung sinkt die Spannung auch im äußersten Falle nicht unter die Nennspannung, so daß die Lampen mit voller Lichtstärke leuchten.

Eine weitere ungünstige Eigenschaft der Maschine mit Stromreglung ist die Empfindlichkeit gegen Erhöhung des Widerstandes im Ladestromkreis, z. B. durch schlechte Kontakte. In Abb. 26 sind die Stromkurven einer Dreibürstenmaschine mit einer 60 Ah-Batterie für normalen Ladestromkreis und für zusätzliche Widerstände von 0,1 Ohm und 0,2 Ohm zwischen Maschine und Batterie dargestellt. Es zeigt sich, daß Strom und Spannung sehr stark anwachsen und daß die Spannung Werte erreicht, die für die Lampen außerordentlich nachteilig sind. Der erhöhte Strom birgt in sich die Gefahr einer unzulässigen Überlastung der Maschine und einer besonders schnellen Zerstörung der Batterie.

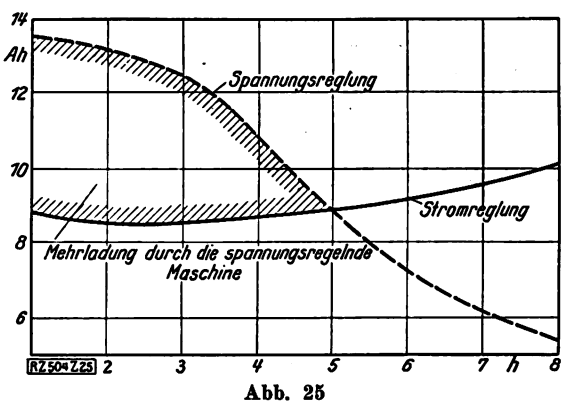


Abb. 25
Stündliche Aufnahme an Elektrizitätsmenge in Ah bei der Ladung einer 6 V-Batterie von 60 Ah Aufnahmefähigkeit

Vorkehrungen, die die Nachteile der Stromreglung mildern, z. B. ein Thermostat, der einen Widerstand vor die Erregung schaltet, dienen in der Hauptsache dem Schutz der Maschinen und bieten keine Hilfe gegen die Unzulänglichkeit der Maschinen für die Aufladung der Batterie.

Die Dynamo mit Spannungsreglung bietet somit ganz bedeutende Vorteile, die darin bestehen, daß die Batterie wesentlich geringerer Wartung bedarf, eine längere Lebensdauer hat und daß selbst bei beschädigter oder ganz fehlender Batterie der Wagen noch voll betriebfähig ist[16]). Bei der Dreibürstenmaschine ist ein Betrieb ohne Batterie völlig unmöglich und die Betriebfähigkeit des Wagens ist somit ganz von der Batterie abhängig. Diese Vorzüge der Maschine mit Spannungsreglung werden auch von andrer Seite anerkannt[17]).

Zugunsten der Maschinen mit Stromreglung wird oft angeführt, daß sie billiger sind als Maschinen mit teuren Spannungsreglern; deshalb müßten ihre Nachteile in Kauf genommen werden.

Von Bedeutung ist aber nicht der Preis der einzelnen Teile der elektrischen Ausrüstung, sondern der Gesamtpreis, der allein für die Beurteilung der einen oder der andern Bauart maßgebend sein kann. Die Größe und die Kosten der Wagenbatterie sollten allein durch die Anlaßbedingungen bestimmt werden. Bei Stromreglung bedarf man aber einer größeren Batterie als sie zum Anlassen des Wagens erforderlich wäre. So schreibt z. B. eine deutsche Fabrik, die sich besonders für die Stromreglung einsetzt, eine Batterie von mindestens 115 Ah vor, ohne Rücksicht auf die Größe des Wagens; die Batterien amerikanischer Wagen sind vielfach noch größer. Für das Anlassen genügen aber Batterien von 60 bis 80 Ah, oft sogar noch weniger. Diese kleinen Batterien kann man wohl bei Spannungsreglung verwenden, während sie bei Maschinen mit Stromreglung frühzeitig zerstört werden. Die größeren Batterien sind also nur durch die Stromreglung bedingt; ihre Mehrkosten fallen der Dynamo zur Last. Unter

[16]) Meist ist noch genug Spannung vorhanden, um die Zündung zu betätigen, wenn mit der Hand angeworfen wird; bei Drehzahlsteigerung liefert die Dynamo den notwendigen Zündstrom. Fehlt die Batterie ganz, so läßt sich der Wagen auch anschieben.

[17]) Vergl. z. B. A. Touvy: „Le réglage des dynamos d'automobiles", „Omnia" 1927 S. 217 u. 579; „Automobile Electricity" Bd. 2 (1926) S. 83; „L'auto Italiana" Bd. 7 (1926) S. 65; „Journ. Soc. Aut. Eng." Bd. 16 (1925) S. 573.

Benutzung der Listenpreise bekannter Firmen[18]) gelangt zu folgendem Kostenvergleich:

Batterie 60 Ah, 6 V	98 ℳ	Batterie 115 Ah, 6 V	131 ℳ
Lichtmaschine mit Spannungsreglung, 75 W Nennleistung (130 W Höchstleistung)	110 „	Lichtmaschine mit Stromreglung, 17 A Höchststrom	77 „
Gesamtpreis	208 ℳ	Gesamtpreis	208 ℳ

Dabei hat die Maschine mit Spannungsreglung eine Höchstleistung von 130 W bei allen Ladezuständen, während die Maschine mit Stromreglung eine Höchstleistung bei voller Batterie von 100 W, bei leerer Batterie aber nur von 85 W hat. Die Anlage mit Stromreglung ist also in ihren Gesamtkosten nicht billiger als die mit Spannungsreglung. Erstreckt man den Vergleich auf Kleinwagen, bei denen die Leistung des Anlassers geringer sein kann, so genügt eine 40 Ah-Batterie an Stelle einer 115 Ah-Batterie, und es ergibt sich folgender Preisvergleich:

Batterie 40 Ah, 6 V	78 ℳ	Batterie 115 Ah, 6 V	131 ℳ
Lichtmaschine mit Spannungsreglung, 75 W Nennleistung	110 „	Lichtmaschine mit Stromreglung, 100 W Höchstleistung	77 „
Gesamtpreis	188 ℳ	Gesamtpreis	208 ℳ

Bei Kleinwagen ergibt sich also sogar ein Minderpreis der Anlage mit Spannungsreglung.

Bei einem genauen Vergleich zeigt sich, daß die Anlage mit Stromreglung im Preis nicht so vorteilhaft ist, wie immer behauptet wird; ihre Nachteile kommen in der Erhöhung der Unterhaltungskosten des Wagens zum Ausdruck. In den Vereinigten Staaten von Amerika sieht man vor allem auf niedrige Anschaffungspreise. Nach kurzer Zeit (nach zwei, höchstens drei Jahren) werden die Wagen vom Erstkäufer weiterverkauft; die Unterhaltungskosten spielen nicht die ausschlaggebende Rolle wie bei uns. In Deutschland ist die Benutzungsdauer des Wagens wesentlich länger als in Amerika. Der deutsche Käufer bedarf infolge seiner geringen Kapitalkraft längere Zeit zur Abschreibung der immerhin beträchtlichen Kosten eines Kraftwagens und muß verlangen, daß der Wagen für diese Zeit, wenn er sachgemäß gepflegt wird, ohne hohe Unterhaltungskosten betriebfähig bleibt. Die Unterhaltungskosten der elektrischen Anlage entstehen aber zum allergrößten Teil durch Ersatz der Batterie, und es ist deshalb falsch, eine Anlage zu verwenden, die in der Anschaffung nicht billiger ist und sogar erhöhte Unterhaltungskosten verursacht.

(Schluß folgt.) [B 504]

[18]) Für die Dynamo: Robert Bosch, A.-G., Stuttgart; für die Batterie: Varta, Abteilung der Accumulatorenfabrik A.-G., Berlin.

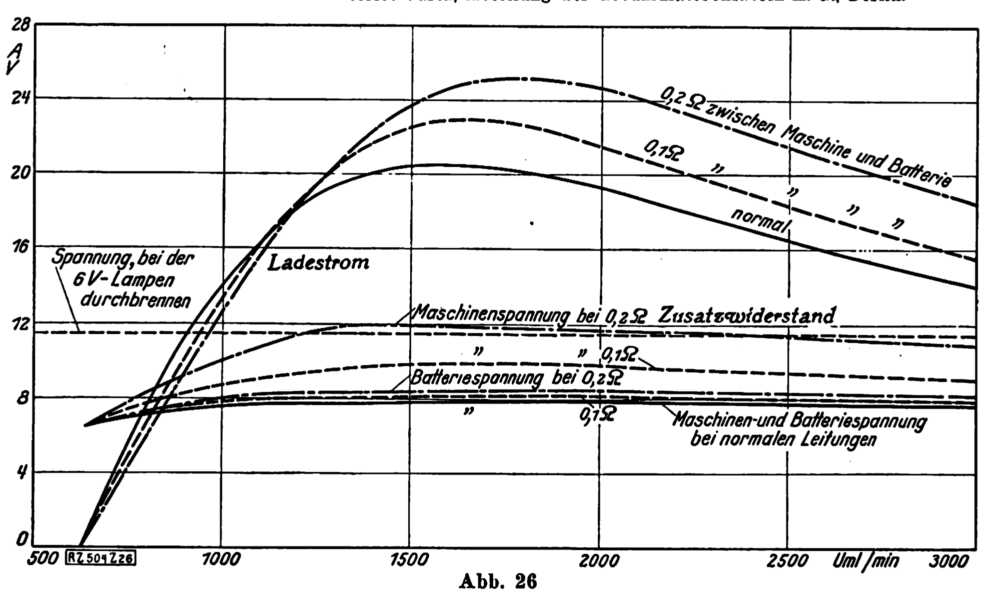


Abb. 26
Ladestrom und Spannung in Abhängigkeit von der Drehzahl bei verschiedenen Widerständen in den Leitungen. Dynamo: 6 V, 900 Uml./min, 75 W; Batterie: 60 Ah, 6 V.

Die unmittelbar angetriebene Diesellokomotive

Von O. Günther, Oberingenieur der Maschinenfabrik Eßlingen, Eßlingen a. N.

Wirtschafts- und Betriebsbedingungen für den Bau von Diesellokomotiven — Beschreibung unmittelbar angetriebener Diesellokomotiven — Der Wirkungsgrad verschiedener Lokomotiven bei gleichen Betriebsverhältnissen auf der Strecke — Nachweis der Wirtschaftlichkeit der unmittelbar angetriebenen Diesellokomotive gegenüber andern Lokomotiven

Die erste größere Diesellokomotive wurde als eine unmittelbar angetriebene Lokomotive von den Firmen Gebrüder Sulzer und A. Borsig in den Jahren 1910/12 für die ehemalige preußische Staatsbahn gebaut. Ihr Mißerfolg, der durch den zu schwachen Motor, ungenügende Hilfseinrichtung zum Anfahren und Bergfahren und besonders durch das Anlassen des Motors unter Last verursacht wurde, aber nicht auf die unmittelbare Übertragung des Drehmomentes von dem Motor auf das Lokomotivrad zurückgeführt werden kann, führte zum Bau von Diesellokomotiven, bei denen die Leistung des Motors unabhängig von der Drehzahl des Lokomotivrades übertragen wird.

Diese Übertragungen, elektrisch, mit Flüssigkeitsgetriebe oder mit Druckluft, sowie der mechanische Antrieb mit Zahnrad-Wechselgetriebe befähigen die Diesellokomotive zu einer Anpassung an jetzige Betriebsforderungen, wie sie die Dampflokomotive und die rein elektrische Lokomotive aufweisen. Eine solche Übertragung wiegt jedoch im allgemeinen mehr als der Motor selbst und verringert die Brennstoffausnutzung der Lokomotive so, daß sie wirtschaftlich nur unter besonderen Verhältnissen gegen die Dampflokomotive oder den elektrischen Antrieb aufkommen kann.

In Deutschland kostet 1 t Gasöl von 10 000 kcal/kg annähernd 3,9 mal so viel wie 1 t Lokomotivkohle von 6700 kcal/kg ab Zeche oder Hafen einschließlich der Fracht von 400 km. 1 kcal Gasöl kostet also das 2,6 fache von 1 kcal Kohle. Nutzt dann die Dampflokomotive auf einer bestimmten Strecke 7 vH der Wärme aus, so müßte die Wärmeausnutzung der Diesellokomotive auf der gleichen Strecke 18,2 vH betragen, wenn die Betriebskosten beider Lokomotiven auch sonst gleich wären. Sie sind aber, wie im weiteren dargelegt wird, für die Diesellokomotive bedeutend höher. Wenn sich z. B. die gesamten Betriebskosten der Diesellokomotive mit denen der Dampflokomotive gleichstellen sollen, so muß bei einem 2½fachen Preise der Diesellokomotive und bei einer Anpaßfähigkeit und Wärmeausnutzung wie bei der elektrischen Übertragung die jährliche Nutzleistung um ein Drittel höher sein als bei der Dampflokomotive, oder der mittlere Wirkungsgrad dieser Diesellokomotive müßte auf einer Strecke, wo die neuzeitliche Dampflokomotive 7 vH aufweist, rd. 23 vH betragen.

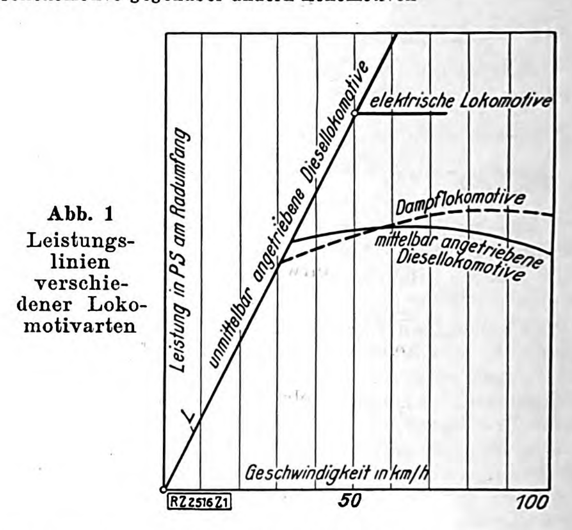


Abb. 1 Leistungslinien verschiedener Lokomotivarten

Selbst dann wird die Diesellokomotive wegen ihres höheren Preises nur eingeführt werden, wenn sie die Dampflokomotive in der Leistung und Anpaßfähigkeit übertrifft. Diese ist aus baulichen Gründen ein Krafterzeuger von annähernd gleichbleibender Leistung bei den gewöhnlichen Fahrgeschwindigkeiten. Ihre Leistung steigt bei voller Ausnutzung der Radreibung im Verhältnis zur Fahrgeschwindigkeit in der Regel bis etwa 30 vH der Höchstgeschwindigkeit und ist in Abb. 1 durch die Linie L veranschaulicht, die bei dieser Geschwindigkeit nach der Wagerechten in die Linie annähernd gleichbleibender Leistung abbiegt. Den nahezu gleichen Ver-

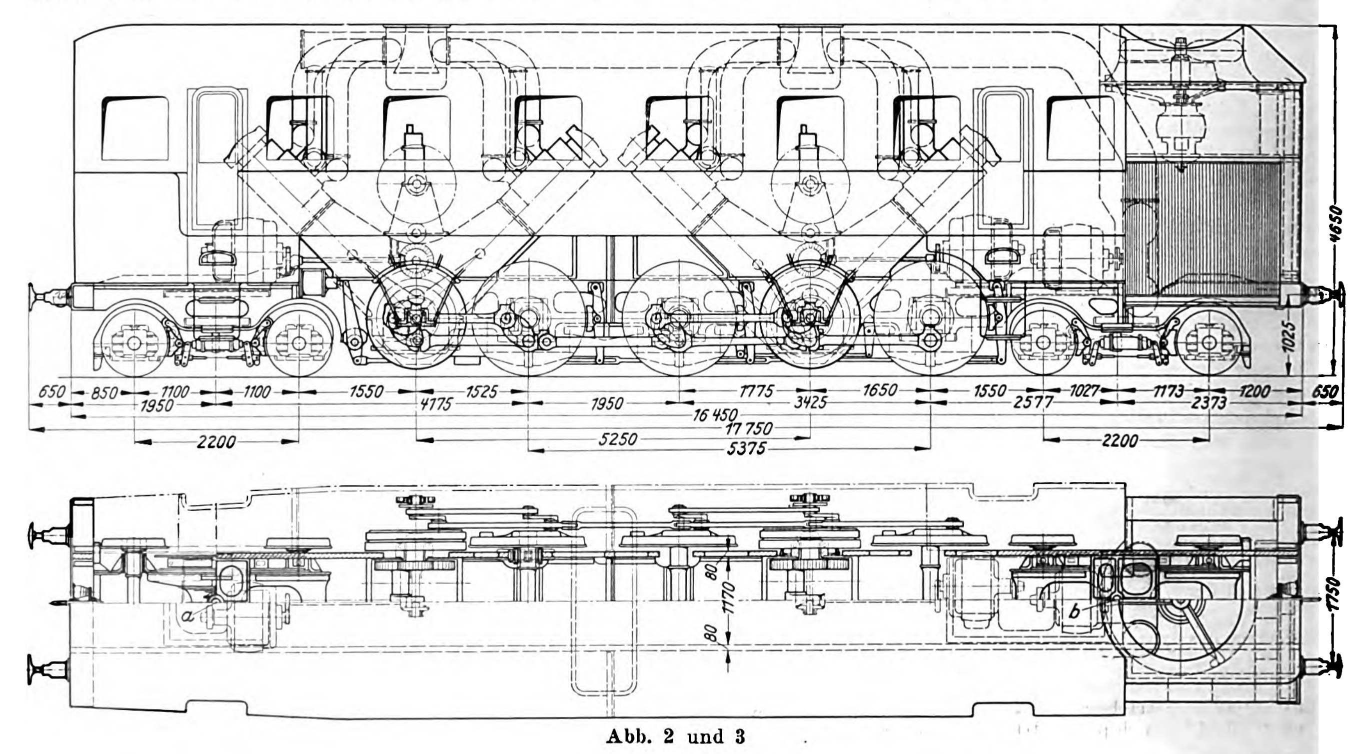


Abb. 2 und 3

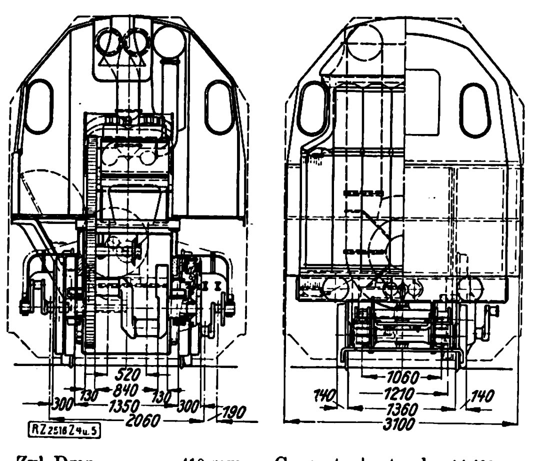
lauf der Leistungslinie hat die mittelbar angetriebene Diesellokomotive. Dagegen steigt die Leistung der elektrischen Lokomotive, die gewöhnlich nur durch die Erwärmung des Antriebmotors begrenzt wird, bis nahezu 50 vH der Höchstgeschwindigkeit und die der unmittelbar angetriebenen Diesellokomotive noch weiter steil an, da deren Motor so bemessen werden kann, daß das Reibungsgewicht der Lokomotive bis zum Radschleudern ausgenutzt wird. Beim unmittelbaren Antrieb der Diesellokomotive kann folglich die größte Beschleunigung erzeugt und eine gleichbleibende Fahrgeschwindigkeit auch auf Steigungen eingehalten werden.

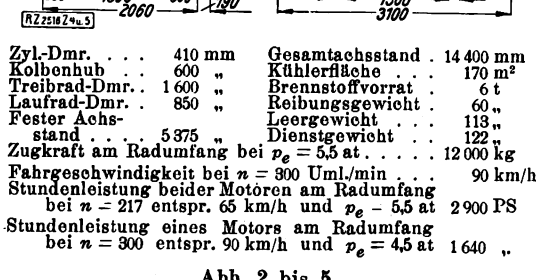
Bei der unmittelbar angetriebenen Diesellokomotive, Abb. 2 bis 5, sind die beiden im Rahmen befestigten Motoren mit ihren parallel zu den Lokomotivachsen liegenden Kurbelwellen nach Dobrowolski an den Wellenenden mit Kupplungen[1]) versehen, die das Leeranlassen des Motors oder die Leerfahrt der Lokomotive, sowie das Einschalten der Motoren teilweise oder voll gestatten.

Bei der Kupplung, Bauart Lohmann & Stolterfoht, A.-G., Witten a. d. Ruhr, Abb. 6, ist einesteils die Mitnehmerscheibe *a* an der Motorwelle *b* befestigt und anderenteils die Kurbelscheibe *c* in der Motorwelle *b* und dem Tragarm *d* drehbar gelagert. In der dargestellten Lage der Hebel *e* und *f* ist die Motorwelle *b* mit dem an den Zapfen *g* angreifenden Triebwerk der Lokomotivräder gekuppelt, indem die Federn *h* einerseits auf den Ring *i* und anderseits über den Ring *k* die Hebel *e* und *f* auf den Ring *l* der Mitnehmerscheibe drücken, so daß die Reibbeläge der Ringe *i* und *l* auf die Kurbelscheibe *c* und den mit ihr verbundenen Ring *n* das Drehmoment übertragen. Die Ringe *i* und *l* sind durch Keile *o* gegen Drehen auf der Scheibe *a* gesichert. Der Hebel *e* liegt in der in Abb. 6 gezeichneten Stellung mit der Nase *p* an dem Ring *k* an und wird in dieser Lage durch die Spannung der Federn *h* gehalten.

Um den Reibungsdruck, besonders beim Anfahren, zu verringern, wird durch eine Schnecke die Mutter *q* gedreht, so daß die Ringschraube *r* mit dem Kugellager *s* den Stützring *t* und den angegliederten Hebel *e* nach ihren strichpunktierten Stellungen hin zieht. Bei weiterer Drehung der Schnecke oder Verschiebung des Stützringes *t* werden die Reibbeläge vollends von der Kurbelscheibe gelöst und der Motor vom Lokomotivrad abgeschaltet. Dabei legen sich die Ringe *i* und *l* gegen die Nase *u* des Keiles *o*.


[1]) DRP Nr. 446 053.





Zyl.-Dmr. . . .	410 mm	Gesamtachsstand .	14 400 mm
Kolbenhub . .	600 „	Kühlerfläche . . .	170 m²
Treibrad-Dmr. .	1 600 „	Brennstoffvorrat .	6 t
Laufrad-Dmr. .	850 „	Reibungsgewicht .	60 „
Fester Achsstand	5 375 „	Leergewicht . . .	113 „
		Dienstgewicht . .	122 „

Zugkraft am Radumfang bei $p_e = 5{,}5$ at . . . . . 12 000 kg
Fahrgeschwindigkeit bei $n = 300$ Uml./min . . . 90 km/h
Stundenleistung beider Motoren am Radumfang bei $n = 217$ entspr. 65 km/h und $p_e = 5{,}5$ at 2 900 PS
Stundenleistung eines Motors am Radumfang bei $n = 300$ entspr. 90 km/h und $p_e = 4{,}5$ at 1 640 „

Abb. 2 bis 5
Unmittelbar angetriebene 2 C 2-Diesellokomotive mit zwei vierzylindrigen doppeltwirkenden Zweitaktmotoren

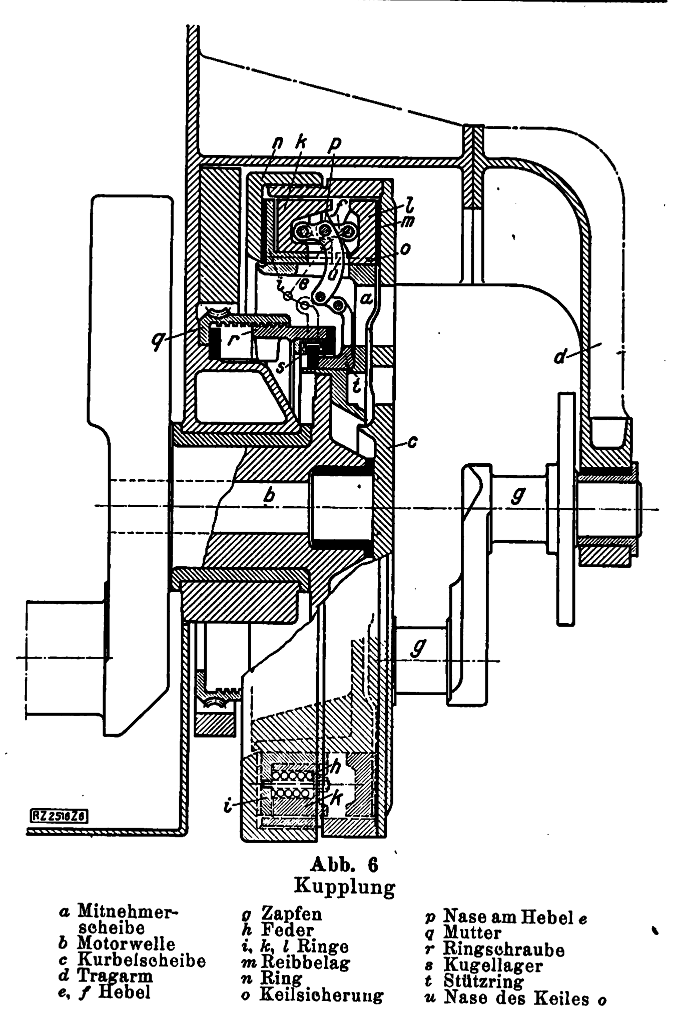


Abb. 6
Kupplung

a Mitnehmerscheibe	*g* Zapfen	*p* Nase am Hebel *e*
b Motorwelle	*h* Feder	*q* Mutter
c Kurbelscheibe	*i, k, l* Ringe	*r* Ringschraube
d Tragarm	*m* Reibbelag	*s* Kugellager
e, f Hebel	*n* Ring	*t* Stützring
	o Keilsicherung	*u* Nase des Keiles *o*

Das Kugellager *s* hat demnach nur einen Druck beim Leerlauf der Lokomotive zu übertragen, um die Schleuderkräfte der Hebel auszugleichen, und beim Anfahren, um die Reibungskräfte zu erzeugen, während bei der gewöhnlichen Arbeitsübertragung die Kupplung selbstsperrend wirkt. Die Leistung wird mit den um 90° zueinander versetzten Kurbeln gleichmäßig an beiden Seiten auf die Lokomotivräder übertragen, so daß nahezu ¼ des Reibungsgewichtes der Lokomotive gewöhnlich ausgenutzt werden kann. Die Kupplung läßt 2 mm Abnutzung der Reibbeläge zu, bis der Ring *n* nachzustellen ist.

Bei den dargestellten Bauverhältnissen der Kupplung ergibt sich für die Lokomotive, Abb. 2 bis 5, mit 60 t Reibungsgewicht, dem Reibungswert 0,25 zwischen Rad und Schiene, der Flächendruck zwischen Reibring und Kuppelscheibe zu 3 kg/cm² beim Reibungswert von 0,2 an dieser Stelle. Das Drehmoment der Kupplung nimmt das vom Motor für 12 000 kg mittlere Zugkraft gebotene Drehmoment bereits beim Anfahren in allen Kurbelstellungen auf, da die Drehkraft der um 135° zueinander versetzten Kurbeln des Vierzylindermotors mit 90° Zylinderneigung während einer Umdrehung sich verhältnismäßig nur wenig ändert und die Schwungmomente der Motorwelle mit den daran befestigten Kupplungshälften den Ungleichförmigkeitsgrad $\delta = {}^1/_6$ erreichen lassen. Die beim Anfahren von der rutschenden Kupplung aufzunehmende Leistung beträgt 200 PS/h, wenn die kleinste Drehzahl des Motors, bei der die Zündung noch sicher arbeitet, mit 60 Uml./min angenommen wird.

Das Anfahren eines 600 t schweren Wagenzuges auf der Wagerechten bis zu 60 Uml./min des Motors dauert annähernd 40 s und erwärmt die eine Kupplungshälfte, wenn angenommen wird, die Reibungswärme verteile sich nur auf die mitzunehmenden Ringe, Scheibe und Kurbel im Gewicht von 900 kg, um 7 °C. Deshalb ist für heiße und wasserarme Strecken, für die sich Diesellokomotiven besonders eignen, an Stelle der beschriebenen Kupplung

eine solche der Bauart Meier-Magirus mit Ölkühlung vorzuziehen, die auch bei einer Lufttemperatur von etwa 50 °C und häufigem Anfahren eine zu hohe Erwärmung der Kupplungs- und Triebwerkteile nicht aufkommen läßt und ein sanftes Ein- und Ausschalten verbürgt. Der beim Anfahren auftretenden Wärmemenge entspricht ein Brennstoffverbrauch von annähernd 2 kg, der für den Wärmewirkungsgrad der Lokomotive belanglos ist.

Die Zünddrehzahl für das Anfahren läßt sich auf die Hälfte und weiter durch Vorwärmen des Motors erniedrigen, indem das Kühlwasser im Motor bei Überdruck auf etwa 120 ° erwärmt, umgewälzt und dann nach dem Anlassen des Motors erst allmählich nach dem Kühler umgeleitet wird. Auch läßt sich die Zeit für das Anfahren durch einen höheren Zylinderdruck noch wesentlich verringern. Der für den doppeltwirkenden Zweitaktmotor, Abb. 2 bis 5, angenommene mittlere Kolbendruck von 5,5 at kann auch bei Anwendung des MAN-Spülverfahrens durch Auspuffdrosselung erhöht und die Zugkraft auf etwa 15 000 kg gesteigert werden.

Die Anordnung der Motoren beeinträchtigt den Lauf der Lokomotive nicht, da die übrigbleibenden, nicht ausgeglichenen Massenkräfte nur eine Zuckbewegung von etwa 0,7 mm und eine ebenso nicht nennenswerte Drehbewegung der Lokomotive verursachen.

Zur Beurteilung der Anpaßfähigkeit dieser Diesellokomotive sei angenommen, der mittlere Zylinderdruck der Motoren lasse sich mit der Brennstoffzufuhr wirtschaftlich nur im Verhältnis 1 : 2 ändern. Dann ändert sich die Leistung der Lokomotive, wenn sich die Hälfte der Motoren aus dem Trieb durch Kupplungen ausschalten lassen, im Verhältnis 1 : 4. Im Gefälle und besonders bei großer Geschwindigkeit kann ferner die Brennstoffzufuhr an zwei Zylindern, ohne daß dadurch die Gleichmäßigkeit des Drehmoments wesentlich beeinträchtigt ist, gestoppt werden, so daß die Leistung im Verhältnis 1 : 8 geregelt wird.

Demnach eignet sich die Diesellokomotive mit zwei kuppelbaren Motoren besonders für eine Hügellandstrecke mit großer Steigung. Für eine Flachlandstrecke kann die nur zum Anfahren des Zuges erforderliche große Zugkraft durch einen Hilfsmotor mit Übersetzung hervorgebracht und der Hauptmotor fest mit den Lokomotivrädern gekuppelt werden. Als Hilfsmotor ist dann der schwerere, in der Verbrennung im allgemeinen noch bessere Viertaktmotor anwendbar, der bei der erforderlichen Größe elektrisch angelassen und vom Führer allein gesteuert werden kann, und der die geringste Belästigung durch Abgase, insbesondere beim Anfahren der Lokomotive im Bahnhof, hervorruft. Die so gekuppelte, annähernd gleich schwere 2 C 2-Lokomotive erreicht die Zugkräfte L_1, die in Abb. 7 dargestellt sind: 15 000 kg bei den Fahrgeschwindigkeiten von 0 bis 10 km/h, 13 450 kg bei 10 bis 40 km/h, 7550 kg bei 40 bis 78 km/h und 9000 kg bei 40 bis 65 km/h mit 20 vH Aufladung von Verbrennungsluft. Nach Abb. 7 nimmt bei steigender Fahrgeschwindigkeit über 65 bzw. 78 km/h die Zugkraft entsprechend der durch den Kühler auf etwa $L_1 = 2180$ PS/h begrenzten Dauerleistung des Motors ab. Auch zeigt Abb. 7 in der gleichbleibenden Zugkraft zwischen den Fahrgeschwindigkeiten 40 und 78 bzw. 40 und 65 km/h die Überlegenheit der unmittelbar angetriebenen Diesellokomotive in der Beschleunigung des Zuges und der Fahrt auf Steigungen gegenüber einer gleich schweren mittelbar angetriebenen Diesellokomotive, deren größte Zugkraft bei den verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten der gleichbleibenden Leistung von annähernd $L_2 = 1330$ PS/h entspricht. Für die unmittelbar angetriebene Diesellokomotive ergibt sich die kleinste Zugkraft, wenn die Brennstoffzufuhr des Hauptmotors in der genannten Weise geregelt wird, zu $Z_{kl} = 1900$ kg, so daß sich die Grenzleistungen der Lokomotive bei den kleinen Fahrgeschwindigkeiten wie rd. 1 : 7, bei den größeren Fahrgeschwindigkeiten wie 1 : 4 und mit Berücksichtigung der Aufladung wie rd. 1 : 5 verhalten.

Bei der in Eßlingen gebauten russischen dieselelektrischen 1 E 1-Lokomotive[2]) verhalten sich, ebenfalls bei

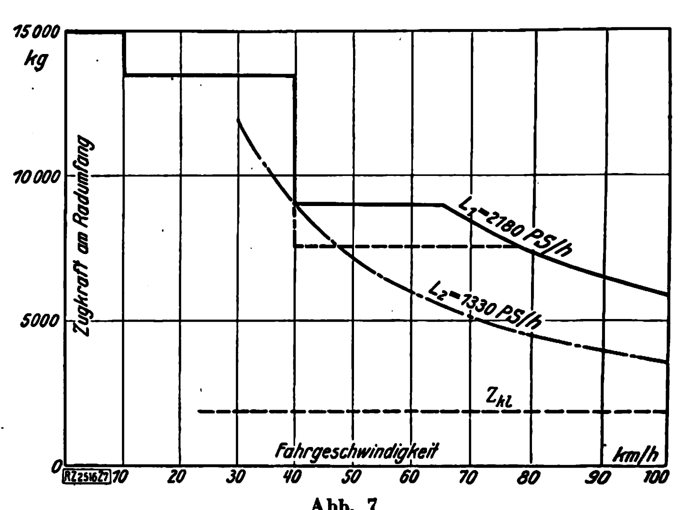


Abb. 7
Zugkraftlinien von Diesellokomotiven
L_1 Linie der unmittelbar angetriebenen Diesellokomotive
L_2 „ „ mittelbar „ „

einer bestimmten Geschwindigkeit der Lokomotive, die Grenzleistungen wie 1 : 4. Die elektrische Übertragung nutzt also das vom Motor gegebene Verhältnis der Grenzleistungen aus den mittleren Zylinderdrücken von 4 und 10 at und aus der Drehzahl von 2 und 7½ in der Sekunde infolge der Unwirtschaftlichkeit bei kleinen Drehzahlen und der Leistungsbegrenzung durch die Erregung nur zum kleinen Teil aus.

Bei der Dampflokomotive verhalten sich die mittleren Zylinderdrücke bei der größten, vom Reibungsgewicht gegebenen Füllung und der kleinsten noch wirtschaftlichen Füllung annähernd wie 1 : 2,6, so daß die Grenzleistungen bei Reglerdrosselung und einer bestimmten mittleren Fahrgeschwindigkeit sich nahezu wie 1 : 4 verhalten.

Um die Wirtschaftlichkeit der unmittelbar angetriebenen Diesellokomotive nachzuweisen, sei sie mit einigen andern Lokomotiven unter gleichen Betriebverhältnissen verglichen, und zwar mit einer 2 C 1-Heißdampflokomotive, einer dieselelektrischen 2 C 2-Lokomotive, einer 2 C 2-Diesellokomotive mit dreistufigem Zahnradgetriebe und einer elektrischen 2 B + 2 B-Lokomotive. Angenommen sei stets ein Zuggewicht von 300 und 600 t auf der 94 km langen Hügellandstrecke Stuttgart—Ulm, Abb. 8.

Unter den gleichen Annahmen für alle Lokomotiven, einer größten Geschwindigkeit von 90 km/h, in der Steigung von 25 vT von 60 km/h, einer Bremsung mit 0,3 m/s² gleichbleibender Verzögerung, zweimaliger Fahrtunterbrechung auf der Wagerechten, einmaliger auf der Steigung von 10 vT und der Vernachlässigung des Krümmungswiderstandes, können die Gewichte, Leistungen und Wirkungsgrade der verschiedenen Lokomotiven unmittelbar miteinander verglichen werden.

Als Schublokomotive für die Steigung von 25 vT wird die 1 E 1-Tenderlokomotive, Gattung T_{20}, angenommen, deren Leistung und Verbrauch der Rostbelastung 450 kg/m² in 1 h nach Igel[3]) ermittelt wurde.

Der Laufwiderstand der Wagen ist nach der Strahlschen Formel mit

$$W = 2{,}5 + 0{,}03 \left(\frac{V}{10}\right)^2$$

bestimmt worden.

Die Hauptverhältnisse der Lokomotiven sind in Zahlentafel 1 wiedergegeben.

Der Wirkungsgrad der Dampflokomotive. Für die verglichene Dampflokomotive, die der 2 C 1-Heißdampf-Zwillingslokomotive (Einheitsbauart) der deutschen Reichsbahn bis auf den Treibraddurchmesser, der nur 1600 mm mißt, entspricht, ist die Leistungsfähigkeit nach den Angaben von Strahl[4]) be-

[2]) G. Lomonossoff: Die dieselelektrische Lokomotive; VDI-Verlag 1924. Vergl. a. Z. Bd. 68 (1924) S. 1008.

[3]) Igel: Handbuch des Dampflokomotivbaues; Berlin 1923.

[4]) G. Strahl: Der Einfluß der Steuerung auf Leistung, Dampf- und Kohlenverbrauch der Heißdampflokomotive; Hannover-Linden 1924.



Zahlentafel 1

Die Hauptwerte verschiedener Lokomotiven

	2 C 1-Heißdampf-lokomotive	1 E 1-Tender-lokomotive	2 C 2-Diesel-elektrische Lokomotive	2 C 2-Diesel-lokomotive mit dreistufigem Getriebe	Elektrische 2 B + B 2-Lokomotive	Unmittelbar angetriebene 2 C 2-Diesel-lokomotive mit 2 kuppelbaren Motoren
Zylinder-Dmr. . . . mm	580	700	425	420	—	410
Kolbenhub . . . „	660	660	470	470	—	610
Treibrad-Dmr. . . . „	1600	1400	1400	1600	1400	1600
Dampfdruck . . . at	14	14	—	—	—	—
Rostfläche . . . m²	4,5	4,36	—	—	—	—
Heizfläche der Feuerbüchse . . . „	17	17	—	—	—	—
„ „ Rohre . . . „	221	183	—	—	—	—
Gesamte Naßdampf-Heizfläche . . . „	238	200	—	—	—	—
Heizfläche des Überhitzers . . . „	100	62,5	—	—	—	—
Größte Umlaufzahl . . . Uml./min	300	230	450	450	—	300
„ Leistung am Radumfang etwa . PS	2000	1900	1550	1670	2700	2900
Dauerleistung am Radumfang . . . „	1800	1680	1380	1490	2000	2900
Übersetzungsverhältnis des Getriebes . . .	—	—	—	1:5,25; 1:3,0; 1:1,5	1:2,866	—
Größte Geschwindigkeit . . . km/h	90	60	90	90	90	90
Reibungsgewicht etwa . . . t	60	87,5	60	60	78,6	60
Dienstgewicht etwa . . . „	108; 68	117,5	126	126	126	122
Wasservorrat . . . m³	30	12	—	—	—	—
Brennstoffvorrat . . . t	10	4	6	6	—	6

rechnet worden. Die Dampftemperatur beträgt 330 °C. Die Verdampfungsziffer ist bei einer Kohle von 6700 kcal, der Speisewassertemperatur von 100 ° und der Rostbelastung $B = 100$ bis 600 kg/m²/h ermittelt worden. Die größte Zugkraft beträgt 12 000 kg bei der Ausnutzung des Reibungsgewichtes von 60 t mit 200 kg/t. Zur Berechnung der Beschleunigung ist ein Zuschlag von 10 vH des Lokomotivgewichtes für die umlaufenden Massen angenommen worden. Der Wärmeverbrauch für die ganze Fahrzeit ergibt sich bei Anwendung[5]) des von Prof. Schwaiger angegebenen zeichnerischen Verfahrens[6]) als Summe der Produkte aus Rostbelastung, Fahrzeit, Rostfläche und Kohlenheizwert und die geleistete Lokomotivarbeit für die ganze Fahrstrecke als Summe der Produkte aus Zugkraft und Fahrstrecke.

[5]) „Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens" Bd. 82 (1927) Tafel 6 bis 9.

[6]) Schwaiger: Elektromotorische Betriebe; Sammlung Göschen 1922.

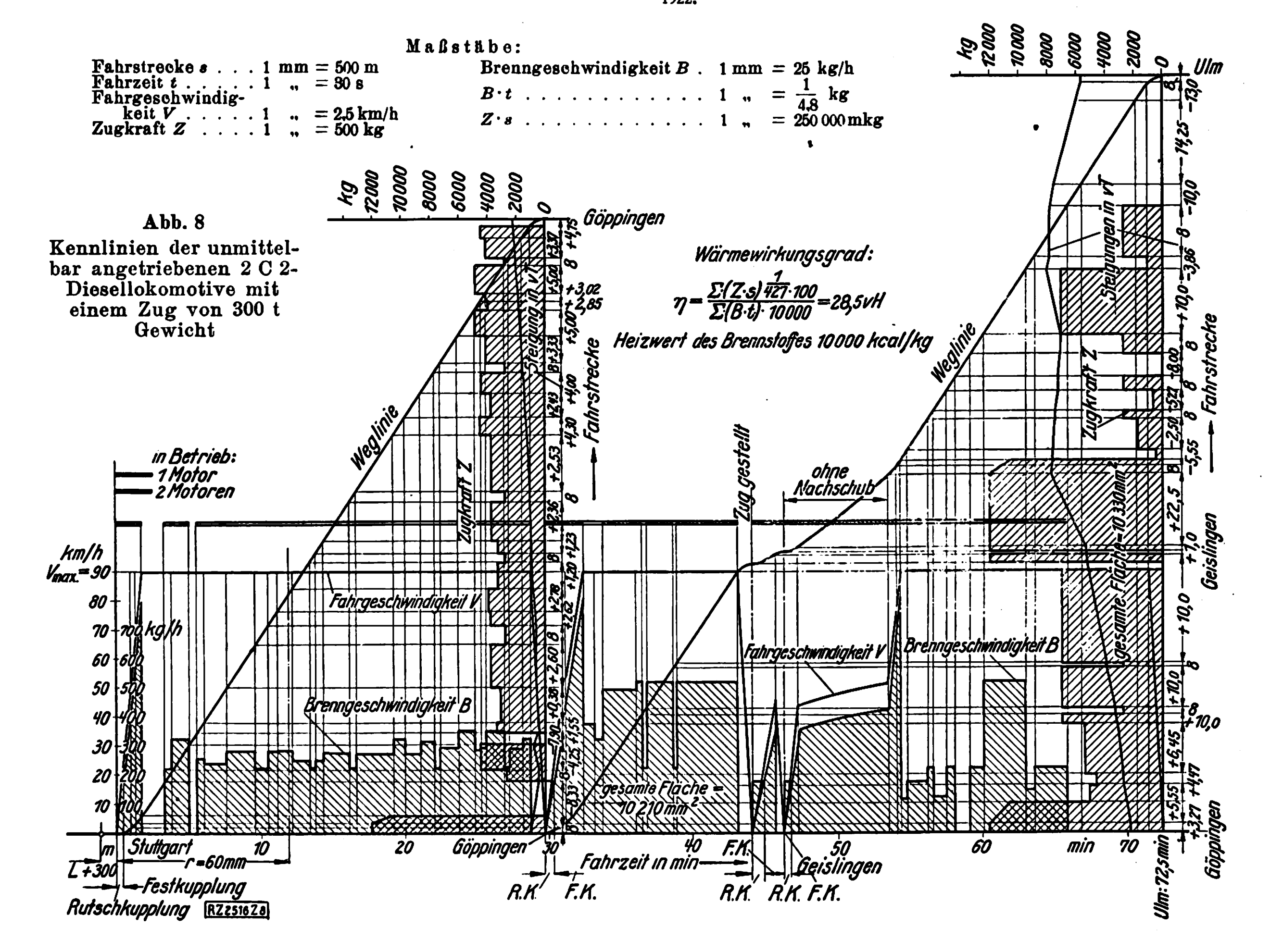


Abb. 8 Kennlinien der unmittelbar angetriebenen 2 C 2-Diesellokomotive mit einem Zug von 300 t Gewicht

Zahlentafel 2

	Wagengewicht t	Wärmewirkungsgrad vH	Fahrzeit min	Lokomotivgewicht t	Stundenleistung bei Bergfahrt PS	Leistung auf 1 t Lokomotivgewicht PS/t
Dampflokomotive	300	7,2	74,3	rd. 160	1220	7,6
	600	6,9	92,0	„ „	1390	8,7
Dieselelektrische Lokomotive	300	21,2	74,2	126	1010	8,0
	600	20,5	91,8	„	1230	9,8
Diesellokomotive mit dreistufigem Zahnradgetriebe	300	24,9	77,8	126	1020	8,1
	600	26,7	95,3	„	1170	9,3
Elektrische Lokomotive	300	8,4	72,9	126	1270	10,1
	600	8,4	80,4	„	1650	13,1
Unmittelbar angetriebene Diesellokomotive	300	28,5	72,5	122	1260	10,4
	600	28,2	78,0	„	1740	14,3
Unmittelbar angetriebene Diesellokomotive mit Abwärmeverwertung	300	31,9	70,9	130	1360	10,5
	600	32,0	75,1	„	1920	14,8

Hieraus erhält man den Wärmewirkungsgrad für den 300 t schweren Wagenzug mit 8,1 vH und für den 600 t schweren Wagenzug mit 7,45 vH.

Bei Berücksichtigung des Kohlenverbrauches für Anheizen und Entschlacken mit 220 kg, bezogen auf die 94 km lange Strecke, ergibt sich der Wärmewirkungsgrad für den 300 t schweren Wagenzug mit 7,2 vH und für den 600 t schweren Wagenzug mit 6,9 vH.

Da die für die verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten und Belastungen in den einzelnen Streckenabschnitten eingeführten Wirkungsgrade von Maschine und Kessel nach der Strahlschen Berechnungsweise aus dem Lokomotivbetrieb abgeleitet worden sind, so stimmt auch der ermittelte Wärmewirkungsgrad mit den tatsächlich gefundenen Werten überein.

Der Wirkungsgrad der dieselelektrischen Lokomotive. Ebenso sind für die dieselelektrische Lokomotive zur Bestimmung der Leistung und Wärmeausnutzung Betriebsergebnisse zugrunde gelegt. Aus den Ergebnissen der Versuche der russischen dieselelektrischen 1 E 1-Lokomotive auf dem Prüfstand in Eßlingen[7]) lassen sie sich bei den gleichen Motorkennlinien, jedoch unter Annahme entsprechend verstärkter Motoren und geänderter Zahnradübersetzung, ableiten. Nach dem Schwaigerschen Verfahren ergibt sich der Wärmewirkungsgrad für den 300 t schweren Wagenzug mit 21,2 vH und für den 600 t schweren Wagenzug mit 20,5 vH.

Der Wirkungsgrad der Diesellokomotive mit dreistufigem Zahnradgetriebe. Nach dem gleichen Verfahren und denselben Motorkennlinien wie bei dieselelektrischen Lokomotiven ergibt sich der Wirkungsgrad für den 300 t schweren Wagenzug mit 24,9 vH und für den 600 t schweren Wagenzug mit 26,7 vH.

Der Wirkungsgrad der elektrischen Lokomotive. Zugkraft und Wirkungsgrad der elektrischen 2 B + B 2-Lokomotive mit zwei Doppelmotoren von je zweimal 500 PS Dauerleistung sind aus Prüfstandergebnissen von dem Einphasen-Wechselstrommotor von Brown, Boveri & Cie., Bauart ELM 86/12[8]), entwickelt. Der zusätzliche Leistungsverbrauch des Getriebes, der Blindwellen, Kuppelachsen und Zahnradübersetzung beim Arbeiten unter Last ist mit 5 vH der Motorleistung und der Leerlaufwiderstand der Lokomotive auf der Wagerechten mit

3,2 kg	für	1 t	Lokomotivgewicht	bei	0 km/h
3,65 „	„	1 t	„	„	20 „
4,7 „	„	1 t	„	„	40 „
6,40 „	„	1 t	„	„	60 „
8,85 „	„	1 t	„	„	80 „
10,3 „	„	1 t	„	„	90 „

Geschwindigkeit berücksichtigt. Zur Berechnung der Beschleunigung ist ein Zuschlag von 35 vH des Lokomotivgewichtes für die umlaufenden Massen angenommen worden. Mit Hilfe der Bahnkennlinien ergibt sich der mittlere Wirkungsgrad des Motors für den 300 t schweren Wagenzug sowohl wie für den 600 t schweren Wagenzug zu 85,4 vH. Wird der Kohlenheizwert im Kraftwerk nach Landsberg[9]) mit 13,9 vH in elektrische Leistung umgewandelt, der Wirkungsgrad der Kraftübertragung von der Sammelschine im Kraftwerk bis zum Stromabnehmer der Lokomotive mit 75 vH und der Wirkungsgrad des Transformators mit 94 vH angenommen, so beträgt der Wärmewirkungsgrad der elektrischen Lokomotive 8,4 vH.

Der Wirkungsgrad der unmittelbar angetriebenen Diesellokomotive mit zwei kuppelbaren Motoren. Für die 2 C 2-Diesellokomotive ist gleichfalls die Kennlinie des Motors der russischen dieselelektrischen 1 E 1-Lokomotive zugrunde gelegt, mit dem Unterschied, daß die Normalleistung des Motors bei 300 Uml./min erreicht wird und die Drehzahlen des Motors in 1 s

	von	1,43	2,14	2,86	3,57	4,29	5,0	5,35
denen des Motors der 1 E 1-Lokomotive	von	2	3	4	5	6	7	7½

entsprechen.

Aus der Kennlinie des Motors läßt sich für den entsprechend stärker gewählten Motor die Zugkraft in Abhängigkeit von seiner Brenngeschwindigkeit (kg/h) und Drehzahl bzw. Fahrgeschwindigkeit ableiten[10]) und über der Fahrstrecke in Form von Linien gleicher Brenngeschwindigkeit nach Abb. 8 für einen und zwei Motoren auftragen. Die größte Zugkraft ist durch den mittleren Kolbendruck von rd. 5,5 at entsprechend der Ausnutzung des Reibungsgewichtes der Lokomotive mit 200 kg/t = 12 000 kg begrenzt. Dabei ist die Ventilatorleistung für die Kühl- und Spülluft mit 9 vH und der zusätzliche Widerstand der doppelt gekuppelten Lokomotivtreibachsen beim Arbeiten unter Last mit 1 vH der Gesamtleistung berücksichtigt sowie der Widerstand der leerlaufenden Lokomotive nach der Strahlschen Formel mit $2{,}5 \cdot 66 + 7{,}3 \cdot 60 + 0{,}006 \cdot 10 \cdot (V + 12)^2$ voll eingesetzt worden.

Aus der Zugkraft-Kennlinie ergeben sich die Bahnkennlinien, Abb. 8, mit dem Wärmewirkungsgrad

für den 300 t schweren Wagenzug von 28,5 vH und
für den 600 t schweren Wagenzug von 28,2 vH.

Für die gleiche Diesellokomotive mit Abwärmeverwertung unter der Annahme, daß die Abgase mit rd. einem Drittel der Brennstoffwärme und einer Temperatur, wie sie der Viertaktmotor liefert, bis auf 180° ohne wesentlichen Rückdruck auf die Kolben des Motors zur Dampferzeugung ausgenutzt werden und der Dampf von 12 at und 320 °C bei 100° Speisewassertemperatur in einer Maschine mit 7 kg/PSh Dampfverbrauch verwertet wird, ergibt sich der Wärmewirkungsgrad für den 300 t schweren Wagenzug mit 31,9 vH und den 600 t schweren Wagenzug mit 32 vH.

Die Gewichte der verschiedenen Lokomotiven und ihre Leistungsverhältnisse auf der Strecke Stuttgart – Ulm sind in Zahlentafel 2 zusammengestellt. Beim Vergleich der Lokomotiven ist zu beachten, daß die Dampflokomotive mit dem 600 t schweren Wagenzug überlastet ist, ebenso die dieselelektrische Lokomotive, die auch im Gewicht etwas zu günstig dargestellt ist. Bei der elektrischen Lokomotive ist der Leerlaufwiderstand von Lokomotiven mit Parallelkurbelantrieb ohne Zahnräder und

[7]) Vergl. Anmerkung [3]).
[8]) BBC-Mitteilungen Bd. 9 (1922) S. 8, 12 u. 199.
[9]) Z. Bd. 64 (1920) S. 518.

[10]) Vergl. „Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens" Bd. 82 (1927) Tafel 9.

Seitenwind, also gegenüber den andern Lokomotiven zu niedrig eingesetzt, wodurch die Fahrzeit etwas zu kurz angegeben ist.

Zur Untersuchung der Wirtschaftlichkeit der Lokomotiven ergeben sich bei den heutigen Anschaffungs-, Verbrauchs- und Unterhaltungskosten die Betriebs- und Gestehungskosten auf die Nutzlasteinheit bezogen für eine neuzeitliche

Dampflokomotive
bei 500 km täglicher Fahrt und 300 Betriebstagen jährlich,

mit einem Wagenzug von	300 t	600 t
	ℳ	ℳ
Verzinsung des Anschaffungswertes 200 000 ℳ zu 6 vH . .	12 000	12 000
Tilgung des Anschaffungswertes 200 000 ℳ zu 4 vH	8 000	8 000
Lohn für Führer und Heizer bei doppelter Besatzung mit je 500 ℳ monatlich bei 54 Wochenstunden	10 000	10 000
Kohlen: Der Preis wurde mit 19,53 ℳ/t ab Zeche und die Kosten für Transport von Zeche bis Tender, einschließlich 400 km Fracht, mit 12,20 Mark/t angenommen. Der Verbrauch ist für die Bergfahrt mit 1,75 t, für die Talfahrt mit 1,17 ermittelt und für das Anheizen mit 0,44 t für die Gesamtstrecke von 188 km angenommen worden, also $(19{,}53 + 12{,}20)\,(1{,}75 + 1{,}17 + 0{,}44)\left(\frac{500 \cdot 300}{188}\right)$	85 200	—
Kohlen: Der Verbrauch ist für die Bergfahrt mit 2,70 t und für die Talfahrt mit 1,79 t ermittelt worden $(19{,}53 + 12{,}20)\,(2{,}70 + 1{,}79 + 0{,}44)\left(\frac{500 \cdot 300}{188}\right)$	—	125 200
Wasser: Der Preis ist mit 0,16 ℳ/t und der Verbrauch mit 0,01 t/PSh für die Leistung von 1500 PS bei Bergfahrt und 970 PS bei der Talfahrt angenommen worden $0{,}16 \cdot 0{,}01\,(1500 + 970)\,\frac{500 \cdot 300}{188}$	3 150	—
Wasser: Die Leistung beträgt 2130 PS bei der Bergfahrt und 1430 PS bei der Talfahrt, also $0{,}16 \cdot 0{,}01\,(2130 + 1430)\,\frac{500 \cdot 300}{188}$	—	4 550
Schmieröl für die Zylinder: Der Preis wurde mit 0,56 ℳ/kg ab Hafen und die Transportkosten mit 0,04 ℳ/kg angenommen. Der Verbrauch beträgt erfahrungsgemäß $^1/_6$ des Gesamtverbrauches der Lokomotive an Schmieröl von 0,022 kg/km, also $(0{,}56 + 0{,}04) \cdot {}^1/_6 \cdot 0{,}022 \cdot 500 \cdot 300$	330	330
Schmieröl für das Triebwerk: Der Preis wurde mit 0,243 ℳ/kg angenommen, also $(0{,}243 + 0{,}04) \cdot {}^5/_6 \cdot 0{,}022 \cdot 500 \cdot 300$	780	780
Unterhaltung: Die Kosten betragen erfahrungsgemäß etwa 260 ℳ, auf 1000 km Fahrt bezogen, also $260 \cdot \frac{500 \cdot 300}{1000}$ . . .	39 000	39 000
Jährliche Gestehungskosten . .	158 460	199 860
Gestehungskosten von 1000 tkm Nutzleistung	3,52	2,22

Für die unmittelbar angetriebene Diesellokomotive ohne Abwärmeverwertung ergibt sich bei 900 km täglicher Fahrt und 330 Betriebstagen jährlich

mit einem Wagenzug von	300 t	600 t
	ℳ	ℳ
Verzinsung des Anschaffungswertes 530 000 ℳ zu 6 vH . .	31 800	31 800
Tilgung des Anschaffungswertes 530 000 ℳ zu 6 vH	31 800	31 800
Lohn für Führer und Heizer bei doppelter Besatzung mit je 500 ℳ monatlich bei 54 Wochenstunden	11 000	11 000
Brennstoff: Der Preis wurde mit 0,1095 ℳ/kg und die Fracht mit 0,0138 ℳ/kg angenommen und der Verbrauch mit 340,3 kg für die Bergfahrt und mit 229,3 kg für die Talfahrt berechnet, also $(0{,}1095 + 0{,}0138)\,(340{,}3 + 229{,}3)\,\frac{900 \cdot 330}{188}$	111 000	—
Brennstoff: Der Verbrauch ist mit 508,2 kg für die Bergfahrt und mit 340 kg für die Talfahrt berechnet worden, also $(0{,}1095 + 0{,}0138)\,(508{,}2 + 340)\,\frac{900 \cdot 330}{188}$	—	165 000
Schmieröl für den Dieselmotor: Der Preis wurde mit 0,53 ℳ/kg, die Fracht mit 0,04 ℳ/kg und der Verbrauch mit 0,002 kg/PS angenommen. Die Leistung berechnet sich zu 1530 PS für die Bergfahrt und zu 935 PS für die Talfahrt, also $0{,}53 + 0{,}04\,(1530 + 935)\,(0{,}002)\,\frac{900 \cdot 330}{188}$	4 420	—
Schmieröl für den Dieselmotor: Die Leistung berechnet sich zu 2270 PS für die Bergfahrt und zu 1380 PS für die Talfahrt, also $0{,}53 + 0{,}04 \cdot 0{,}002\,(2270 + 1380)\,\frac{900 \cdot 330}{188}$	—	6 570
Schmieröl für das Laufwerk der Lokomotive: Der Preis wurde mit 0,243 ℳ/kg, die Fracht mit 0,04 ℳ/kg und der Verbrauch mit 0,017 kg/km angenommen. $(0{,}243 + 0{,}04)\ 0{,}017 \cdot 900 \cdot 330$.	1 430	1 430
Unterhaltung: Die Kosten sind ebenso hoch wie bei der Dampflokomotive mit 260 ℳ auf 1000 km Fahrt angenommen worden, also $260 \cdot \frac{900 \cdot 330}{1000}$ . .	77 000	77 000
Jährliche Gestehungskosten . .	268 450	324 600
Gestehungskosten von 1000 tkm Nutzleistung	3,01	1,82

Auch hier ist die Dampflokomotive mit dem 600 t-Wagenzug überlastet, da die Leistungsfähigkeit eines Heizers den Kohlenverbrauch von 2700 kg in 1,5 h oder 1760 kg/h nicht mehr zu decken vermag.

Aus dem Vergleich der Betriebskosten der beiden Lokomotiven geht hervor, daß die Diesellokomotive die Nutzlast um 15 bis 19 vH billiger befördert und ferner, daß die Diesellokomotive mit nahezu der doppelten Jahresleistung der Dampflokomotive den Brennstoff annähernd 2,8mal und mit der gleichen Jahresleistung annähernd 4mal besser ausnutzen muß als die Dampflokomotive, um deren Betriebskosten nicht zu überschreiten.

Hierbei ist zu berücksichtigen, daß einer hochentwickelten Dampflokomotive eine Diesellokomotive gegenübergestellt ist, die sowohl in der Fertigung als auch im Wirkungsgrad noch große Entwicklungsmöglichkeiten bietet.

Die Diesellokomotive weist ferner nicht nur die für die elektrische Lokomotive in Anspruch genommenen Vorteile auf, sondern bietet noch betriebliche Vorteile hinsichtlich größter Leistungsfähigkeit, kürzester Fahrzeit, unbeschränkter Fahrgeschwindigkeit bei Leerfahrt, hinsichtlich steter Betriebsbereitschaft, sowie auch wirtschaftlicher Vorteile durch geringeren Anschaffungswert gegenüber der elektrischen Lokomotive, größte Ausnutzung des Lokomotivgewichtes, bessere Ausnutzung von Bahnanlagen und geringsten Bedarf ausländischen Kupfers. Berücksichtigt man alle diese Umstände, so ist die Schlußfolgerung berechtigt, daß — auch bei ungünstigem Preisverhältnis der Brennstoffe, das für Deutschland durch die mittelbare oder unmittelbare Umsetzung von Kohle in Öl nahezu festliegt — die Diesellokomotive imstande sein wird, die Dampflokomotive und die elektrische Lokomotive mit Erfolg zu ersetzen. [B 2516]

A. Wichert †

Unerwartet verschied nach kurzem, schwerem Leiden im besten Mannesalter am 21. Oktober 1927 Direktor Dr.-Ing. A. Wichert, Leiter der Bahnabteilung von Brown, Boverie & Cie., A.-G., Mannheim. In dem Verstorbenen betrauern die Technik, insbesondere die dem elektrischen Lokomotivbau nahestehenden Kreise, und die Fachleute, die sich eingehend mit dem Gebiete der mechanischen Schwingungen beschäftigen, einen Menschen von äußerster Tatkraft, umfassendem Wissen und feinster Herzensbildung. Geboren am 2. November 1881 wandte er sich nach Beendigung seiner Studien an der Technischen Hochschule Hannover sogleich dem Bahngebiet zu und war vor dem Kriege für die Firmen Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft, H. Geist und Siemens-Schuckertwerke in Berechnung, Entwurf und Bau von Bahnmotoren und -anlagen im In- und Auslande tätig. Während des ganzen Krieges war er als Hauptmann und Gruppen-Nachrichtenkommandeur an der Westfront. Nach dem Kriege zunächst bei den SSW, wurde er im Jahre 1920 zur Leitung der Bahnabteilung der A.-G. Brown, Boveri & Cie. nach Mannheim berufen und hat dieser seine volle Kraft und sein umfangreiches Können bis zum letzten Tage mit äußerster Zähigkeit und größter Liebe zur Sache gewidmet.

Wichert war mit ganzem Herzen bei allen Fragen, die mit dem elektrischen Betrieb von Bahnen zusammenhängen. Dabei war sein Hauptziel die einheitliche Durchbildung elektrischer Lokomotiven und Triebwagen. Er hat als erster in diesen Fahrzeugen ein einheitliches Ganzes gesehen, worin alle Teile aufs feinste aufeinander abgestimmt sein müssen wie in einem gut eingespielten Orchester. Seine Lebensarbeit war, die elektrische Lokomotive zu einer abgeschlossenen Vollkommenheit zu entwickeln. Ausgedehnte Studienreisen in Europa dienten der Sammlung von Erfahrungen und Anregungen für die Verbesserung des Betriebes in Deutschland. Kein Gebiet der Technik gab es, dessen Neuerungen er nicht Beachtung geschenkt hätte, um sie in seinem Sonderfach nutzbringend zu verwerten. So entstammen zahlreiche neuere Konstruktionen auf dem Bahngebiet seinen Gedanken. Im kleinen und im großen strebte er, daß die Lokomotiven und Triebwagen, die er selbst von Anfang bis zum Ende vollkommen durcharbeitete, wie aus einem Guß erschienen. Daß er dabei über dem ganzen Fragenbereich stand, zeigen seine tiefschürfenden Untersuchungen über Leistungseigenschaften und über Reihenbildung elektrischer Lokomotiven als Grundlage der Vereinheitlichung. Die von ihm mit besonderer Liebe in Konstruktion, Bau und Betrieb überwachten Fahrzeuge, die 1 $D_0$1-Schnellzuglokomotiven, die 1 C 1-Personenzuglokomotiven, die Ferntriebwagen für die bayerischen Strecken und die Triebwagen der Hamburger Vorortbahn, sind Glanzleistungen deutscher Technik.

Neben dieser mehr praktischen Tätigkeit fand Wichert immer noch Zeit zu ausgedehnten wissenschaftlichen Untersuchungen. Vor allem beschäftigten ihn mechanische Schwingungen, Riffelbildungen an Schienen und Radsätzen als Reibschwingungen, Schüttelschwingungen an Lokomotiv-Triebwerken als pseudoharmonische Schwingungen, Schwingungen von Triebwagen-Drehgestellen usw. Ausgedehnte Untersuchungen über das Verhalten windschiefer Kettenfahrleitungen für elektrische Bahnen, über elektrische Kurzschlußbremsung mit Gleichstrom-Bahnmotoren und ähnliche Arbeiten wurden nach seinen Anweisungen durchgeführt.

Bei allem Interesse für den physikalischen Ursprung der Erscheinungen verlor er nie den praktischen Zweck aus den Augen, und so ergaben sich aus allen wissenschaftlichen Arbeiten neue Konstruktionen und Anordnungen, die sich nachher im praktischen Betrieb auf das Beste bewährt haben. Viele Erfindungen an Schnellschaltern, Ölschaltern, Schaltanordnungen für elektrische Fahrzeuge zeigen die gleiche Neigung, auffällige Erscheinungen zu ergründen und technisch zu verwerten.

Wie reich und vielseitig des Verstorbenen Gedankengänge waren, beweisen seine Veröffentlichungen, rd. 25 in 15 Jahren, von denen noch die Kriegzeit abzuziehen ist. Besonders erwähnt sei hier nur die umfassende Behandlung von Schüttelerscheinungen an elektrischen Lokomotiven, die als Doktordissertation von der Technischen Hochschule Hannover „mit Auszeichnung" beurteilt wurde[1]). Als der Wissenschaftliche Beirat des Vereines deutscher Ingenieure im Dezember 1924 einen Ausschuß von Fachleuten berief, um über dringende Forschungsarbeit auf dem Gebiete der mechanischen Schwingungen zu beraten, stellte sich Wichert von Anfang an in den Dienst dieser Sache. Er hat an den Arbeiten des Schwingungsausschusses stets lebhaften Anteil genommen, und sein Tod reißt auch hier eine empfindliche Lücke auf.

Die sich überstürzenden Ereignisse der Inflation drängten ihn, seine Gedanken und theoretischen Erwägungen über Wirtschaftsfragen, im Interesse seiner Firma angestellt, zum Wohle der Allgemeinheit bekanntzugeben[2]). Auch hier zeigt sich der ungewöhnlich klare und scharfe Verstand des Verstorbenen, der jedes Problem zu durchdringen und auf seine der technischen Mechanik entlehnte Weise zu lösen vermochte. Eine ganze Reihe von Fragen, die ihn lebhaft interessierte, konnte nicht mehr vollends untersucht werden, und so sind viele wertvolle Gedanken nicht mehr zur Reife gebracht worden. Daher bedeutet sein Tod einen schweren Verlust für die deutsche Ingenieurwelt.

Seine umfassende Bildung drückte sich in der entschiedenen Stellungnahme zu allen Lebensfragen aus. Sie zeigte sich auch in der Freude, mit der er junge Ingenieure in ihrem Beruf zu bilden und zu fördern suchte, wie und wo er nur Gelegenheit dazu fand. Unter seiner steten Arbeitsamkeit verbarg sich eine echte Liebe zum deutschen Volk und Vaterland. Er war eine Kämpfernatur, deren Streben nach Vollendung ging, und arbeitend bis zum letzten Augenblick ist er dahingegangen.

[1]) Forschungsarb., herausgeg. vom V. d. I., Heft 266; vergl. a. Bd 65 (1921) S. 971, Bd. 66 (1922) S. 1080.
[2]) Z. Bd. 67 (1923) S. 1078.

[P 1000]

Technische Fortschritte beim Rhön-Segelflugwettbewerb 1927

Von Dipl.-Ing. W. Hübner, Berlin-Adlershof

Stand der Entwicklung des Segelflugzeugbaues — Allgemeiner Überblick über den Rhön-Segelflugwettbewerb 1927 — Die Flugzeuge des Schulungs- und Übungs-Wettbewerbes — Leistungen und Eigenschaften der Schulungs- und Übungsflugzeuge — Die Flugzeuge des Leistungswettbewerbes — Der technische Wettbewerb

Stand der Entwicklung des Segelflugzeugbaues

Nach den ersten überraschenden Dauerflügen im Jahre 1922 ist die Anteilnahme der breiteren Öffentlichkeit am Segelflugwesen stark abgeflaut. Das große Publikum beachtet nur die sprunghafte Entwicklung, nicht aber die langwierige Kleinarbeit, die stets dann einsetzen muß, wenn eine technische Aufgabe zu einem gewissen sichtbaren Abschluß gelangt ist.

Auch die Entwicklung des Segelflugzeugs war im Jahre 1922 hinsichtlich des allgemeinen Aufbaues und der äußeren Formgebung abgeschlossen. Die Mehrheit der späteren Segelflugzeugbauten gleicht im wesentlichen den erfolgreichen Mustern jenes Jahres.

Die Fortentwicklung des Segelflugzeuges besteht seit diesem Zeitpunkt in mühevoller, schrittweiser Verbesserung des Erreichten hinsichtlich Luftwiderstand, Gewicht, Festigkeit und Steuerbarkeit. Die neuzeitlichen, für die Aufstellung von Höchstleistungen gebauten Muster unterscheiden sich äußerlich von ihren Vorgängern kaum. Bei näherer Betrachtung jedoch ist die Verwertung vieler mühsam erworbener Erfahrungen und Kenntnisse deutlich festzustellen.

Neben diesen Hochleistungsflugzeugen erscheinen seit einigen Jahren Muster, mit denen die Flugschüler schulen und üben. Während in früherer Zeit die Führer der Segelflugzeuge Kriegsflieger, also erfahrene Motorflugzeugführer waren, muß neuerdings der Segelflugzeugsport selbst für die Ausbildung des notwendigen Führerersatzes sorgen. Außerdem hat sich gezeigt, daß das Segelfliegen eine geeignete und vor allem sehr billige Vorschule für die Ausbildung des künftigen Motorfliegers ist

Die Anforderungen an Schul- und Übungsflugzeuge sind andre als die an die Leistungsflugzeuge. Dieser Umstand führte zur Entwicklung zweier neuen Flugzeugklassen, die mit wachsender Verbreitung des Segelflugsports in Deutschland an Bedeutung gewannen.

Die letzten Jahre brachten also außer einer schrittweisen Weiterentwicklung des Leistungsflugzeugs zwei neue Flugzeugklassen, von denen die eine der Anfangsschulung, die andere der Übung des Flugzeugführers dient.

Allgemeiner Überblick über den Rhön-Segelflugwettbewerb 1927

Wettbewerbe sind vergleichende Wertungen von Leistungen. Bei Flugwettbewerben sind die zu vergleichenden Leistungen abhängig von der Güte des Flugzeugs und von den Fähigkeiten des Flugzeugführers. Ein ungeübter Flugzeugführer kann auf einem hochwertigen Flugzeug keine erstklassigen Leistungen erreichen, ebensowenig leistet ein guter Flugzeugführer auf einem Flugzeug, das aerodynamisch nicht an erster Stelle steht, mehr als Mittelmäßiges. Bei Motorflugzeug-Wettbewerben tritt als dritter Punkt hierzu noch die Güte des Triebwerks.

Da alle Führer in ihrem Können voneinander verschieden sind, ist niemals unmittelbar, aus den Ergebnissen eines Wettbewerbes eindeutig auf die Güte des Flugzeugs zu schließen. Möglich ist indessen, die Fähigkeiten von Flugzeugführern zu vergleichen, wenn man ihnen gleichwertige Flugzeuge in die Hand gibt. Ein Wettbewerb mit vollkommen gleichwertigen Flugzeugen stellt die beste Lösung für eine rein sportliche Veranstaltung dar. Gewiß kann bei Motorflugzeugen der Unterschied in der Zuverlässigkeit der Triebwerke das Ergebnis fälschen. Bei Segelflugzeugen dagegen fällt dieser Unterschied vollkommen weg. Hier ist also der Vergleich von Leistungen der Führer einwandfrei möglich.

Infolge besonderer Umstände war die Mehrzahl der in diesem Jahre am Wettbewerb beteiligten Schul- und Übungsflugzeuge von gleichen oder gleichwertigen Mustern. Die Rhön-Rossitten-Gesellschaft hatte nämlich, um zu vermeiden, daß im Bau von Flugzeugen noch unerfahrene Bewerber aussichtslose Fehlkonstruktionen lieferten, durchgearbeitete Entwürfe bewährter Muster eines Schul- und eines Übungsflugzeuges zur Verfügung gestellt. Viele Bewerber hatten sich an diese Entwürfe gehalten. Aber auch die übrigen Schul- und Übungsflugzeuge ähnelten dem Vorbild der Rhön-Rossitten-Gesellschaft äußerlich und in bezug auf die Leistungen so, daß sie praktisch als gleichwertig bezeichnet werden konnten.

Dadurch nun, daß diese beiden Klassen in einem besonderen, als Schul- und Übungs-Wettbewerb bezeichneten Teil der Veranstaltung zusammengefaßt waren, war erreicht worden, daß wohl zum erstenmal bei einem deutschen Flugwettbewerb ein rein sportlicher Kampf mit nahezu gleichwertigen Mitteln durchgeführt werden konnte.

Höchstleistungen, die auch für Forschungszwecke von Bedeutung sind, waren mit den Flugzeugen des Schul- und Übungs-Wettbewerbes natürlich nicht zu erreichen. Zur Aufstellung solcher Leistungen war daher ein andrer Abschnitt der Ausschreibung vorgesehen, der als Leistungs-Wettbewerb bezeichnet war und mit hochwertigen Flugzeugen bestritten wurde.

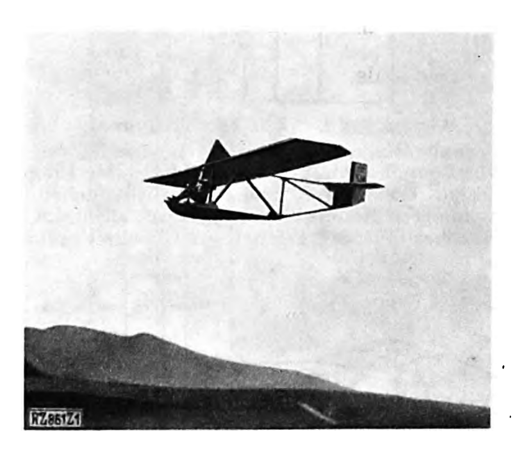
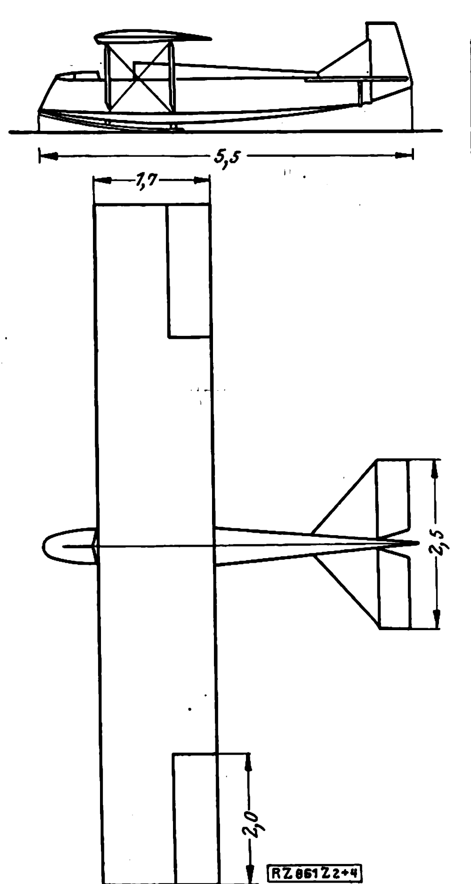


Abb. 1
Ein Schulflugzeug.
Mit Rücksicht auf bauliche Einfachheit und Billigkeit ist auf aerodynamische Güte verzichtet. Der Führersitz liegt gänzlich unverkleidet unter der Fläche, jegliches Strebenwerk vor dem Führer fehlt.

Der erste Teil des Wettbewerbes, an dem ziemlich gleichartige Flugzeuge teilnahmen, war nicht dazu berufen, technisch Neues zu bringen. Der zweite Teil, in dem hochwertige Segelflugzeuge gegeneinander eingesetzt waren, bot bezeichnenderweise gleichfalls keine ins Auge fallende Weiterentwicklung technischer Art. Die Erfahrungen der letzten Jahre haben nämlich das Segelflugzeug auf einen aerodynamisch wie baulich hervorragenden Stand gezüchtet, von dem aus sprunghafte Weiterbildung kaum zu erwarten ist.

Bei Beibehaltung des üblichen äußeren Aufbaues, der im wesentlichen dem des Motorflugzeugs entspricht, sind Fortschritte im Segelflugwesen nur infolge der zunehmenden Erfahrung der Führer und durch Ausbau der Strömungsforschung möglich.

Grundlegende Änderungen der Form des Segelflugzeugs sind denkbar. Ein dritter Wettbewerbteil diente der Förderung von Entwürfen, die geeignet schienen, dem Segelflugzeugbau neuartige Wege zu weisen. Technisch Bemerkenswertes war vor allem von diesem Abschnitt der Ausschreibung zu erwarten.



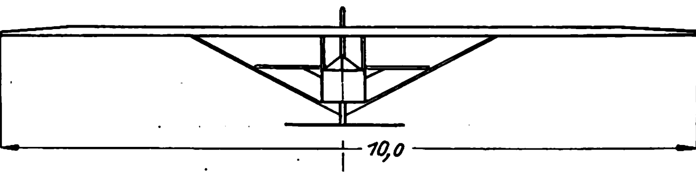


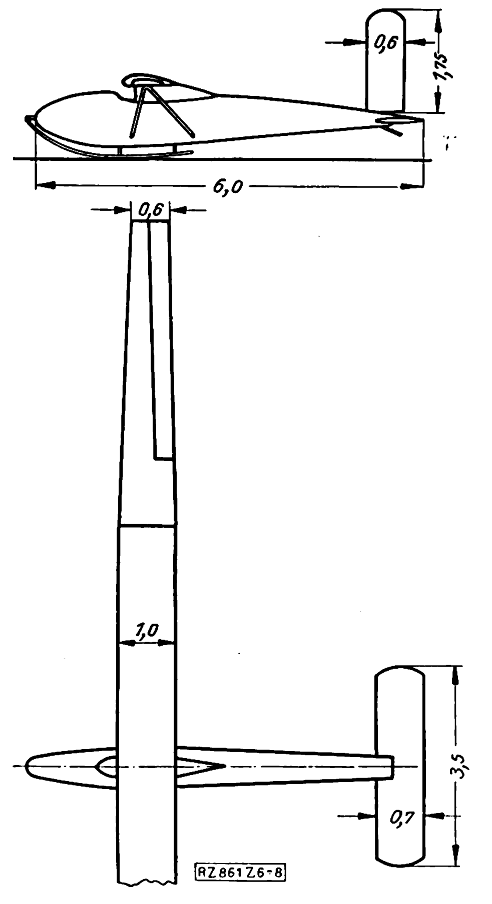
Abb. 2 bis 4. Ein Übungsflugzeug.
Zur Verminderung des Luftwiderstandes ist das Flugzeug als Rumpfhockdecker ausgebildet. Der Flügel hat rechteckige Umrißform und ermöglicht daher durch seine günstigen Stabilitätsverhältnisse auch im überzogenen Zustand gefahrloses Übungsfliegen.

Die Flugzeuge des Schulungs- und Übungswettbewerbes

Das Schulflugzeug, das der Anfangsausbildung des künftigen Segelfliegers dient, soll in erster Linie billig herzustellen und nach etwaigen Bruchlandungen leicht instand zu setzen sein. Zu Gunsten dieser Anforderungen wird auf aerodynamische Güte verzichtet. Es ist weniger ein Segel- als vielmehr ein Gleitflugzeug.

Beim diesjährigen Wettbewerb waren alle Schulflugzeuge dem Musterentwurf der Rhön-Rossiten-Gesellschaft gleich oder ähnlich. Es waren verspannte Hochdecker mit Gitterrumpf, Abb. 1. Der Führersitz lag oft gänzlich unverkleidet unter der Fläche. In vielen Fällen hatte man absichtlich jegliches Strebenwerk vor dem Führer fortgelassen. Da der Schüler hierbei keinerlei sichtbaren Anhalt für die Lage des Flugzeugs zum Horizont hat, muß er von Anfang an nach Gefühl fliegen lernen. Ein Ausbildungsgang auf einem solchen Flugzeug wäre allen Motorfliegern zu wünschen, die ohne Meßgeräte nicht mehr in der Lage sind, ihr Flugzeug zu beherrschen. Außerdem vermindert die erwähnte Führersitzanordnung bei Bruch die Möglichkeit der Verletzung durch Holzsplitter.

Das Übungsflugzeug, Abb. 2 bis 4, soll dem Flugschüler die Ausführung und Übung längerer Segelflüge möglich machen. Es ist daher hinsichtlich seiner Formgebung aerodynamisch besser durchgebildet als das Schulflugzeug. Um den Luftwiderstand zu verringern, hat man statt der Drahtverspannung eine abgestrebte Flügelbauart gewählt und den offenen Führersitz durch einen Rumpf ersetzt. Trotzdem können diese Flugzeuge noch nicht als aerodynamisch hochwertig bezeichnet werden, vor allem, weil sie aus Gründen der Einfachheit eine recht geringe Spannweite haben. Sie beträgt nur rd. das Sechsfache der Flügeltiefe.



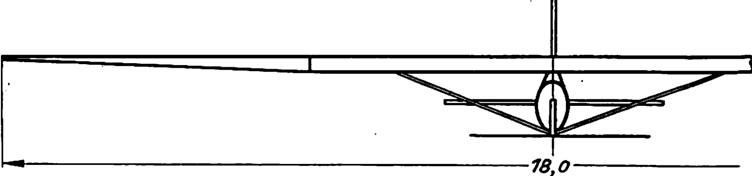


Abb. 6 bis 8. Das Flugzeug „Oberschlesien".
Dieses hochwertige Leistungsflugzeug, dessen Spannweite das 20fache der Flügeltiefe beträgt, zeigte neben sehr guten Flugleistungen trotz seiner Abmessungen noch günstige Steuerbarkeit.

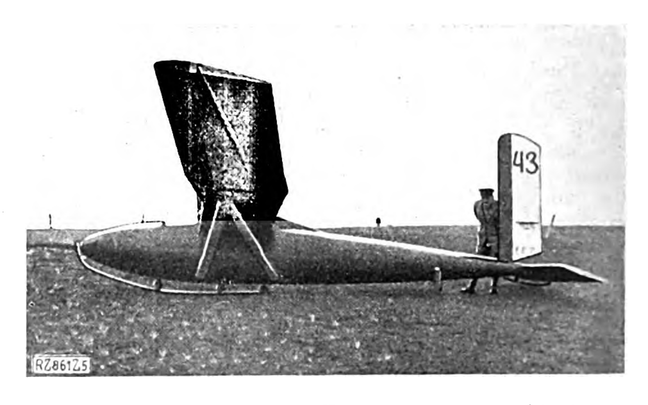


Abb. 5. Seitenansicht des Flugzeuges „Oberschlesien".
Die äußere Form entspricht der der Leistungsflugzeuge früherer Jahre.

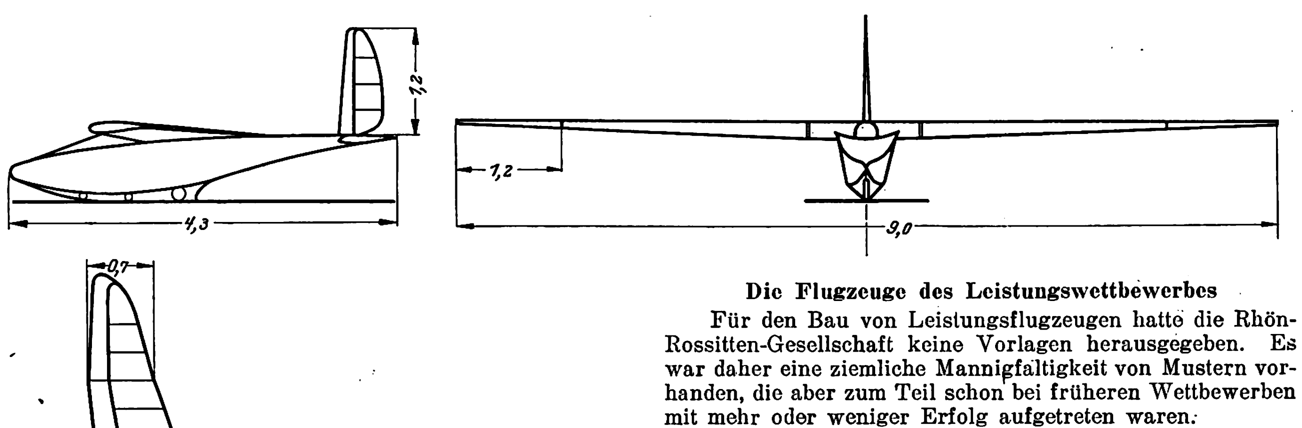


Abb. 12 bis 14
Das Flugzeug „La Pruvo“

Leistungen und Eigenschaften der Schul- und Übungsflugzeuge

Trotz ihres einfachen Aufbaues zeigten die Schul- und Übungsflugzeuge recht gute Flugleistungen. Längere Segelflüge konnten von geschickteren Führern auch mit dem Schulflugzeug, selbst bei Windstärken von weniger als 6 m/s, ausgeführt werden. Vor allem aber zeigten die Flugzeuge beider Klassen eine Steuerbarkeit, die vielen älteren Leistungsflugzeugen überlegen war. Dies ist umso bemerkenswerter, als befriedigende Ruderwirkung bei so kleinen Geschwindigkeiten, wie sie die gering belasteten Flugzeuge dieser Klassen aufweisen, erfahrungsgemäß durchaus nicht leicht zu erreichen ist.

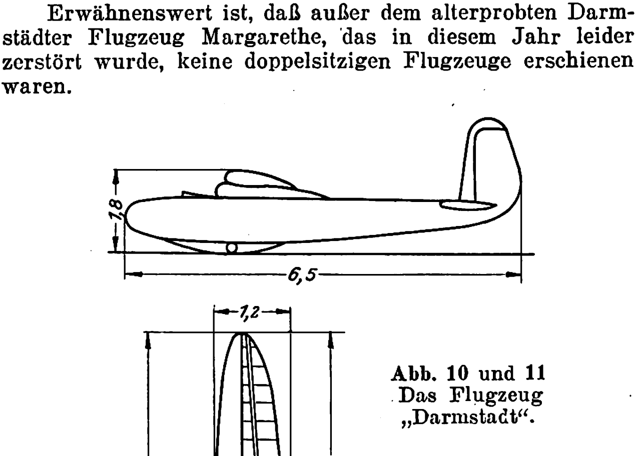
Im überzogenen Flugzustand, der von ungeübten Führern vor allem im Kurvenflug oft unfreiwillig erreicht wurde, war bei den genannten Flugzeugen noch ausgezeichnete Querstabilität vorhanden. Sie neigten also nicht zu Drehungen um die Längsachse oder zum Trudeln. Diese die Gefahr des Übungsfliegens stark vermindernde Eigenschaft ist eine Folge der rechteckigen Umrißform ihrer Tragflächen. Die Flügelenden solcher Flächen werden unter kleinerem induzierten Anstellwinkel angeblasen als der mittlere Flügelteil[1]). Die Profile der Enden erreichen also ihren Höchstauftrieb erst bei größerem Anstellwinkel als die der Flügelmitte. Sie dämpfen somit Drehungen um die Längsachse auch dann noch, wenn der Höchstauftrieb des gesamten Flügels überschritten ist und das Flugzeug sichtbar an Höhe verliert. Der Führer ist in der Lage, seine Steuerfehler zu erkennen und zu verbessern, ehe kritische Flugzustände erreicht sind.

[1]) Handbuch d. Flugzeugkunde Bd. II: Fuchs und Hopf, Aerodynamik, Berlin 1922, S. 123.

Die Flugzeuge des Leistungswettbewerbes

Für den Bau von Leistungsflugzeugen hatte die Rhön-Rossitten-Gesellschaft keine Vorlagen herausgegeben. Es war daher eine ziemliche Mannigfaltigkeit von Mustern vorhanden, die aber zum Teil schon bei früheren Wettbewerben mit mehr oder weniger Erfolg aufgetreten waren.

Erwähnenswert ist, daß außer dem alterprobten Darmstädter Flugzeug Margarethe, das in diesem Jahr leider zerstört wurde, keine doppelsitzigen Flugzeuge erschienen waren.



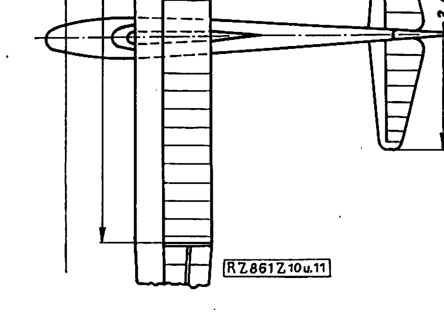


Abb. 10 und 11
Das Flugzeug „Darmstadt“.

Das Siegerflugzeug des diesjährigen Wettbewerbes stellt in baulicher Durchführung und Werkstattarbeit eine Höchstleistung dar.

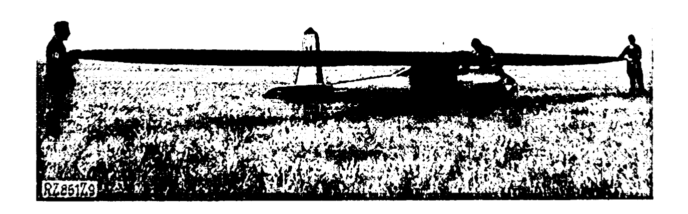


Abb. 9
Ansicht des Flugzeuges „Darmstadt“.
Die äußere Ähnlichkeit mit älteren Mustern ist auch bei diesem Flugzeug auffallend.

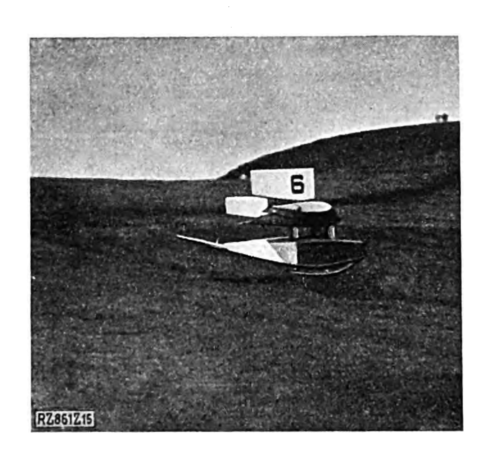


Abb. 15
Seitenansicht des „Zaunkönig".
Die Seitensteuerflächen auf den Flügelenden sind zu erkennen. Das Flugzeug wäre auch ohne das an dem auffallend kurzen Rumpf angebrachte Höhenruder längsstabil.

Alle Flugzeuge, bis auf eines, das auch als Doppeldecker zu verwenden war, waren Hochdecker, die je nach Spannweite abgestrebte oder freitragend angeordnete Flächen hatten. Aus den Abbildungen der beiden wohl aerodynamisch besten Leistungsflugzeuge Oberschlesien, Abb. 5 bis 8 und Darmstadt, Abb. 9 bis 11, ist zu ersehen, daß äußere Abweichungen von der üblichen Form der letzten Jahre nicht vorhanden sind. Die Oberschlesien, Abb. 5 bis 8, deren Spannweite das Zwanzigfache der Flügeltiefe beträgt, dürfte damit wohl das äußerste Seitenverhältnis aufweisen, bei dem hinreichende Wendigkeit noch zu ermöglichen ist. Jedenfalls erfüllte die Oberschlesien unter Führung eines verhältnismäßig jungen Führers glänzend alle auf sie gesetzten Hoffnungen.

Die Leistungen der Darmstadt, Abb. 9 bis 11, unter Nehrings bewährter Führung waren der Gipfelpunkt des Wettbewerbes. Trotz des hohen Leergewichtes von 150 kg war sie hervorragend segelfähig. Baulich und werkstattechnisch muß die Darmstadt als vorbildlich bezeichnet werden.

Das einzige ausländische Flugzeug Le Vautour von Auger, fiel gegenüber den deutschen Bewerbern stark ab. Auffallend an diesem Muster war die starke V-Form der Flächen, die eine so große Stabilität um die Längsachse zur Folge hatte, daß die Querruder augenscheinlich wirkungslos waren.

Der technische Wettbewerb

Der technische Wettbewerb brachte manches Unfertige und manches Abwegige. Bemerkenswert wurde er durch zwei Flugzeuge, durch den La Pruvo von Kirchner, Abb. 12 bis 14, und den Zaunkönig von Nihm, Abb. 15 bis 21.

Kirchner hatte beabsichtigt, durch mustergültige Werkstattarbeit geringstes Leergewicht und damit geringste Abmessungen zu erreichen. Wenn auch am La Pruvo einige Mängel besonders in der Beschlagsbauart und Lastigkeit wegen fehlender Erfahrung untergelaufen waren, so stellt doch der Bau eines flugfähigen Leistungsflugzeuges mit einem Leergewicht von nur 35 kg eine Glanzleistung dar.

Da das Fluggewicht des La Pruvo nur rd. 100 kg beträgt, sind seine Abmessungen nur klein. Kleine Flugzeuge haben aber für das Segelfliegen besondere Wichtigkeit. In der Atmosphäre kommen nämlich vielfach thermische Aufströme vor, deren Ausdehnung gering ist. Dieser Art sind z. B. die Aufströme unter Cumulus-Wolken, die auch in der Ebene an vielen Sommertagen vorhanden sind. Ein Ansteigen unter einem Cumulus mit anschließendem Gleitflug zum nächsten kann vielleicht längere Streckenflüge auch fern vom Gebirgsaufwind möglich machen, Abb. 22. Die Ausnutzung solcher beschränkter Aufwindzonen wird voraussichtlich nur mit Flugzeugen von so kleinen Abmessungen, wie sie der La Pruvo hat, möglich sein.

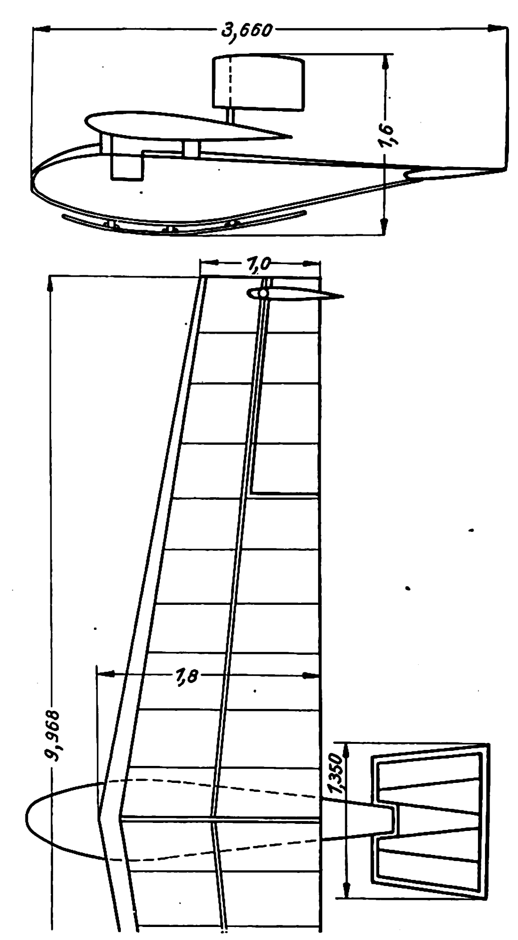


Abb. 16 und 17. Das Flugzeug „Zaunkönig".

Die Einzelheiten des La Pruvo zeigen kaum Neues. Die Quersteuerung durch Drehung der Flügelenden um eine senkrecht zur Flugrichtung liegende wagerechte Achse ist schon von Blériot ausgeführt worden; freilich nicht mit so gutem Erfolg wie hier.

Neu ist lediglich die Kufenabfederung durch mehrere Ringpaare aus Stahldraht, die leicht und windschnittig verkleidet ist. Sie bewährte sich gut.

Trotz allem war Kirchners Flugzeug nichts grundlegend Neues; denn das wesentliche des La Pruvo, der Leichtbau, ist das Bestreben aller Flugzeugkonstrukteure.

Wirklich neue Gedanken brachte Nihm mit seinem Zaunkönig zur Ausführung, Abb. 16 und 17. Er wandte zum erstenmal das symmetrische Flügelprofil für die Tragfläche eines bemannten Segelflugzeugs an. Symmetrische Flügelschnitte haben die Eigenschaft, daß das Druckmittel der Luftkräfte zum Unterschied vom gewölbten Flügelschnitt nicht wandert, sondern im normalen Flugbereich bei allen Anstellwinkeln in 25 vH der Flügeltiefe von der Eintrittskante entfernt liegt. Symmetrische Flügel sind daher bei Tieflage des Schwerpunktes auch ohne Leitwerk längsstabil. Sie können für die schwanzlose Bauart von Flugzeugen verwendet werden. Außerdem treten, da das Druckmittel nicht wandert, keinerlei Verdrehkräfte im Tragwerk auf, das man infolgedessen entsprechend leichter bauen kann.

Der Nachteil der symmetrischen Profile ist ihr geringer Höchstauftrieb, der um rd. 20 vH kleiner als der von guten gewölbten Flügelschnitten ist. Dieser Nachteil nimmt mit zunehmender Flügeltiefe und Fluggeschwindigkeit ab.

Nihm hat sein Flugzeug, zur Vermeidung von Übergangsschwierigkeiten, noch mit einem kurzen Rumpf und mit Höhenruder gebaut. Ebenso ist der Flügel noch nicht frei von Verdrehkräften, da die Quersteuerung durch Verwindungsklappen erfolgt. Trotzdem betrug das Leergewicht des Zaunkönig nur 45 kg. Der geringe Wert kann bei vollständiger Ausnutzung der Vorteile des symmetrischen Flügelschnitts sicher noch erheblich vermindert werden.

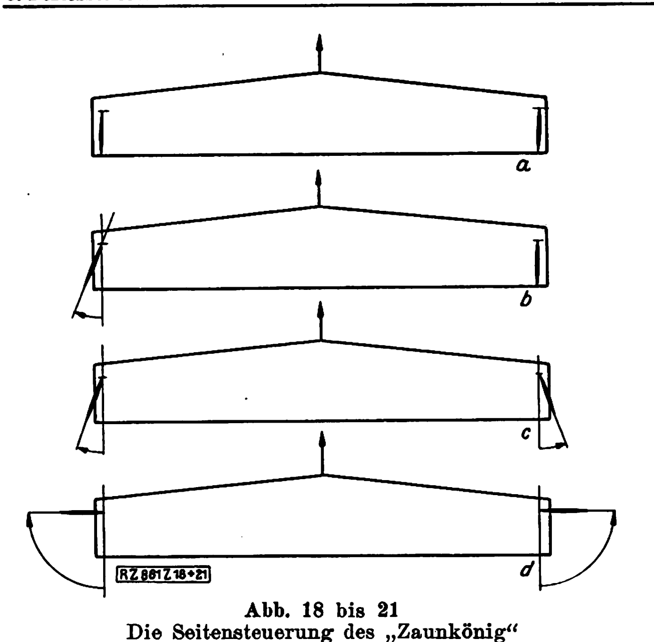


Abb. 18 bis 21
Die Seitensteuerung des „Zaunkönig"

Der Gedanke, symmetrische Flügelschnitte zu verwenden, stammt von der Rhön-Rossiten-Gesellschaft, die schon zahlreiche wohlgelungene Modellversuche zur Erprobung solcher Flugzeuge ausgeführt hat. Überhaupt ist Nihms Flugzeug in engster Zusammenarbeit mit der Rhön-Rossiten-Gesellschaft entstanden.

Die Seitensteuerung des Zaunkönig erfolgt durch Ruder, die auf der Oberseite beider Flügelenden angebracht sind und um senkrechte Achsen gedreht werden, Abb. 18 bis 21. Wird eine der Klappen, z. B. die linke, ausgeschlagen, so dreht das Flugzeug infolge der Widerstanderhöhung auf dieser Seite nach links. Werden beide



Abb. 22
Der Segelflug unter Cumulus-Wolken

Klappen gleichmäßig unter einem spitzen Winkel ausgeschlagen, so daß die Verlängerungen ihrer Mittellinien einander vor dem Flugzeug schneiden), so vergrößert sich die Stabilität um die Hochachse. Ausschlag beider Klappen um 90° hat starke symmetrische Widerstandvermehrung zur Folge und wird zum Verkürzen des Anlaufs angewandt. Die Klappen werden, der normalen Seitensteuerung entsprechend, durch Fußhebel (Pedale) betätigt.

Die Steuerung hat sich sehr gut bewährt. Sie ist gleichfalls von der Rhön-Rossiten-Gesellschaft seit längerer Zeit entwickelt und an der Ente der Rhön-Rossiten-Gesellschaft mit Erfolg erprobt worden.

Zusammenfassung

Der diesjährige Wettbewerb brachte technische Fortschritte im wesentlichen nur durch verbesserte Durchkonstruktion und Werkstattarbeit. In einem besonderen technischen Wettbewerb, der an die Veranstaltung angegliedert war, wurde ein Flugzeug gezeigt, das durch sein geringes Leergewicht von 35 kg bemerkenswert war. Außerdem wurde in diesem Wettbewerbteil zum erstenmal ein Flugzeug mit symmetrischem Flügelschnitt vorgeführt. Die symmetrischen Flügelschnitte bieten gegenüber den gewölbten Vorteile, die die Entwicklung des Segel- wie auch des Motorflugzeuges richtunggebend beeinflussen können. [B 861]

Diesel-elektrisch angetriebene Verschiebelokomotive

Die Pennsylvania-Eisenbahn erbaut zur Zeit in ihren Werkstätten in Altoona einige diesel-elektrisch angetriebene Verschiebelokomotiven mit der Achsfolge B und rd. 59 t Dienstgewicht. Die ganze Länge der Maschine über die Mittelpufferkupplung gemessen beträgt 8,1 m, der Raddurchmesser 1270 mm und der feste Radstand 3 m. Der bei 800 Uml./min 500 PS leistende Dieselmotor wiegt 9,1 t. Der Stromerzeuger leistet 330 kW bei 800 Uml./min und 550 bis 600 V Spannung. Die Anfahrzugkraft beträgt 18 000 kg, die Zugkraft bei 30 km/h Fahrgeschwindigkeit 3750 kg. Infolge der geringen Größe und Länge der Lokomotive erschien es ausreichend, einen Führerstand nur an einem Ende vorzusehen. Da die Lokomotive insbesondere für Verschiebedienst bestimmt ist, so hat sie kleine Räder bei einem verhältnismäßig starken Motor, und wegen der geringen erforderlichen Geschwindigkeit hat sie keine Laufachse erhalten, so daß das gesamte Gewicht als Reibungsgewicht ausgenutzt werden kann. Dennoch muß, wenn man die Leistung des Motors beim Anfahren voll ausnutzen will, beim Anfahren reichlich gesandet werden.

Nahezu die ganze Dachfläche wird von 10 großen Röhrenkühlern eingenommen; auf eine künstliche Unterstützung der Luftbewegung im Kühler konnte wegen der verhältnismäßig großen Kühlfläche verzichtet werden. Nur die Strömungsenergie der Auspuffgase im Auspuffschlot wird zum Ansaugen von Kühlluft benutzt. Außerdem ist es durch Regeln der Wassermenge und der Umlaufgeschwindigkeit möglich, die Kühlwassertemperatur unabhängig von der Motorbelastung sowie der Außentemperatur auf der dem Motor zuträglichsten Höhe zu halten. Der von der Bessemer Gas Engine Co. gelieferte achtzylindrige V-Dieselmotor arbeitet im Viertakt mit Druckeinspritzung des Brennstoffes; er hat 6,3 at mittleren nutzbaren Arbeitsdruck. Die Zylinderbohrung beträgt 212, der Hub 300 mm. Der Motor wird mit Druckluft angelassen, die dem Hauptluftbehälter der Westinghouse-Bremse entnommen wird. Besondere Anlaßluftbehälter sind infolgedessen nicht vorgesehen. Damit man aber auch, wenn die Maschine längere Zeit abgestellt gewesen ist, den Motor mit Sicherheit jederzeit anlassen kann, ist noch eine besondere kleine Druckluftpumpe vorhanden, die ein Einzylinder-Benzinmotor antreibt.

Der Brennstoff für den Dieselmotor wird in drei Behältern mit je 325 l Inhalt unter dem Führerstand mitgeführt, von denen aus er mittels einer elektrischen Zahnradpumpe einem hochliegenden Behälter zugeleitet wird. Außer dem unmittelbar angetriebenen Hauptstromerzeuger ist noch ein kleiner Hilfsstromerzeuger vorhanden von 16 kW und 100 V bei 400 und 20 kW und 125 V bei 800 Uml./min, dessen Spannung bei den Drehzahlschwankungen zwischen Leerlauf und Vollast durch einen Schnellregler in den angegebenen Grenzen gehalten wird. Die verhältnismäßig hohe Leistung dieses Hilfsstromerzeugers bei Leerlauf des Hauptmotors wird durch die von ihm bediente elektrische Hilfsausrüstung bedingt: den Bremsluftverdichter, der auch bei Leerlauf des Motors schon seine volle Leistung entwickeln muß, die Brennstoffpumpen, die Beleuchtungsstromkreise, die elektrische Steuerung und die Ladung einer Batterie mit 6 V Spannung für die Notbeleuchtung sowie die Zündung des Antriebmotors für den Hilfsluftverdichter.

Zum Antrieb dienen zwei normale Tatzenlagermotoren von je rd. 200 kW Stundenleistung. Der Dieselmotor vermag kurzzeitig bei absichtlicher Ausschaltung des Drehzahlreglers und bei Steigerung der Drehzahl auf 1000 Uml./min rd. 600 PS zu leisten, und hierauf ist auch die gesamte elektrische Ausrüstung eingerichtet. Die Steuerung arbeitet folgendermaßen: Nachdem der Dieselmotor durch vom Hilfsluftverdichter erzeugte Druckluft angelassen worden ist, gibt der Hilfsstromerzeuger bei Leerlauf des Dieselmotors die erforderliche Spannung zur Betätigung der elektrisch gesteuerten Druckluftventile, die dann entsprechend der Stellung des Fahrschalters den Regler und durch diesen die Brennstoffpumpen des Dieselmotors je nach der verlangten Leistung beeinflussen. („Railway Age" Bd. 83 (1927) S. 1939) [N 754] Günther

Der piezoelektrische Quarz in der Hochfrequenztechnik

Von Dipl.-Ing. Max Zorn, Spandau

Geschichte der Piezoelektrizität — Piezoelektrische Erscheinungen am Quarzkristall — Verhalten bei Hochfrequenz: Eigenschwingungszahl, Resonanz, elektrische Eigenschaften — Verwendung in der Hochfrequenztechnik: Wellenkontrolle, Wellenkonstanz, Kurzwellensender, Unterwasserschallgerät

Die im Jahre 1703 von holländischen Juwelieren gemachte Beobachtung, daß Turmalinkristalle beim Erwärmen leichte Körper anzogen und wieder abstießen, wurde 1756 von Aepinus als eine Erscheinung elektrischer Natur gedeutet. Aepinus zeigte, daß ein prismatischer Stab dieses Kristalls während des Erwärmens an seinen beiden Enden entgegengesetzte elektrische Polaritäten erhielt, die beim Erkalten ihr Vorzeichen umkehrten. Im Jahre 1880 entdeckten I. und P. Curie ebenfalls am Turmalin, daß dieselben elektrischen Zustände auch durch Zug und Druck hervorgerufen werden können. Jene Erscheinung nannte man Pyro-(Wärme-), diese Piezo-(Druck-)Elektrizität. Beiden jedoch liegt dieselbe Ursache zugrunde, nämlich die Veränderung der gegenseitigen Lage der permanent polarisierten Teilchen des Kristalls, und zwar bei Druck und Abkühlung Zusammenziehung, bei Zug und Erwärmung Ausdehnung. Auch die Umkehrung dieser Wirkung wurde bald von den Curies gefunden. Wird der Kristallstab in bestimmter Richtung in ein elektrisches Feld gebracht, so rufen die Belegungen seiner Flächen Ausdehnung oder Zusammenziehung hervor.

Von den zahlreichen piezoelektrischen Kristallen soll im folgenden nur der Quarz und seine Verwendung in der Hochfrequenztechnik besprochen werden. Der Quarz kristallisiert in der in Abb. 1 und 2 dargestellten hexagonal-rhomboedrischen Form. Sein Kristall hat eine optische Achse (O) und drei dazu senkrecht stehende, gegeneinander um 120° geneigte elektrische Achsen (E_1, E_2, E_3). Nur die elektrischen Achsen sind piezoelektrisch wirksam, das heißt, bei Druck oder Zug werden zwei senkrecht dazu stehende Flächen elektrisch aufgeladen. Eine mechanische Beanspruchung in Richtung der optischen Achse dagegen ruft keine Aufladung irgendeiner Fläche hervor.

Aus dem Kristall sei parallel zur optischen und senkrecht zur elektrischen Achse E_1 eine Platte von der Dicke δ, der Länge l und der Breite b nach Abb. 3 herausgeschnitten. Erhitzt man diese Platte und bestäubt sie während der Abkühlung durch ein feines Sieb hindurch mit einem Gemisch von Mennige und Schwefelpulver, so lagert sich das durch die Reibung an den Schwefelteilchen oder Siebfäden positiv geladene Mennigepulver an der negativen (z. B. *EFGH*), der negativ elektrisierte Schwefel an der positiven Fläche (z. B. *ABCD*) ab.

Über die piezoelektrischen Wirkungen in Richtung E_1 (für die beiden anderen elektrischen Achsen E_2 und E_3 gilt Entsprechendes) sei untenstehende Übersicht gegeben.

Wird die Quarzplatte mit ihren Flächen *ABCD* und *EFGH* an die Elektroden einer Wechselspannung gelegt, so gerät sie in mechanische Schwingungen. Bei Übereinstimmung der Eigenschwingungszahl in Richtung der elektrischen Achse oder senkrecht dazu mit der Frequenz der an-

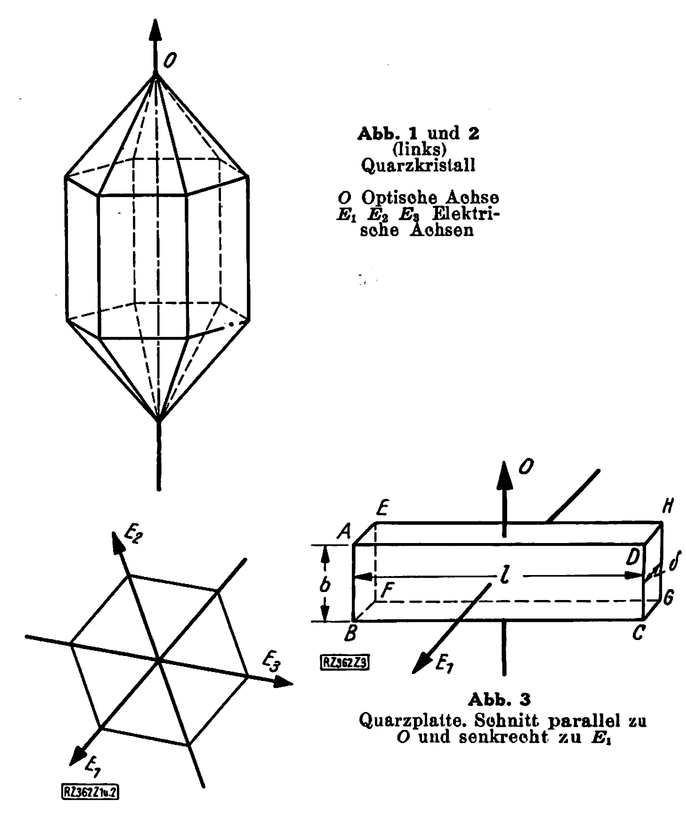


Abb. 1 und 2 (links) Quarzkristall

O Optische Achse
E_1 E_2 E_3 Elektrische Achsen

Abb. 3 Quarzplatte. Schnitt parallel zu O und senkrecht zu E_1

gelegten Wechselspannung werden die Eigenschwingungen zu stehenden Longitudinalschwingungen (Resonanz). Zwischen Eigenschwingungszahl n, Druckfortpflanzungsgeschwindigkeit c in cm/s und Länge der Quarzplatte in der Schwingungsrichtung l in cm besteht die Beziehung $n = \frac{c}{2\,l}\,s^{-1}$. Aus spezifischem Gewicht $\gamma = 2{,}65\ \frac{g}{cm^3}$ und Elastizitätsmodul (in Dyn) $E \approx 8\cdot10^{11}\,\frac{g}{cm\ s^2}$ ergibt sich für den Quarz $c = \sqrt{\frac{8\cdot10^{11}}{2{,}65}} = 5{,}45\cdot10^5$ cm/s und eine Eigenschwingungszahl $n = \frac{2{,}725}{l}\cdot10^5\,s^{-1}$.

Zwei einfache Schaltungen zur Bestimmung der Kristallresonanz sind in Abb. 4 und 5 gegeben. Wird die auf die Spule a induzierte Senderfrequenz stetig geändert, so gibt der zwischen den Elektroden b angeordnete Quarz c im Resonanzfalle die größte Energie an den Detektor d ab, was an dem Ausschlag des Strommessers e festgestellt werden kann. Der Resonanzbereich zeigt sich außerordentlich scharf. Nach Abb. 5 wird an Stelle des Detektors und des

	Ursache		Wirkung		
	Druck	Zug	(Aufladung) +	–	
a	ABCD EFGH	—	ABCD	EFGH	Druck in Richtung der elektrischen Achse oder Zug senkrecht dazu lädt die beiden Flächen senkrecht zur elektrischen Achse elektrisch auf
	—	ABFE DCGH	ABCD	EFGH	
	ABFE DCGH	—	EFGH	ABCD	Zug in Richtung der elektrischen Achse oder Druck senkrecht dazu lädt die beiden Flächen senkrecht zur elektrischen Achse entgegengesetzt auf
	—	ABCD EFGH	EFGH	ABCD	
	(Aufladung) +	–	Zusammenziehung	Ausdehnung	
b	ABCD	EFGH	—	ABCD EFGH	Ein elektrisches Feld in Richtung der elektrischen Achse bewirkt Ausdehnung in dieser Richtung und Zusammenziehung in senkrechter Richtung dazu
	ABCD	EFGH	ABFE DCGH	—	
	EFGH	ABCD	ABCD EFGH	—	Ein entgegengesetzt gerichtetes Feld in Richtung der elektrischen Achse bewirkt Zusammenziehung in dieser Richtung und Ausdehnung in senkrechter Richtung dazu
	EFGH	ABCD	—	ABFE DCGH	

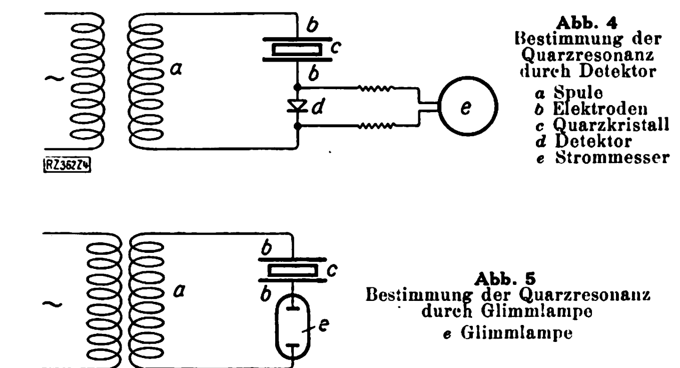


Abb. 4 Bestimmung der Quarzresonanz durch Detektor
a Spule
b Elektroden
c Quarzkristall
d Detektor
e Strommesser

Abb. 5 Bestimmung der Quarzresonanz durch Glimmlampe
e Glimmlampe

Strommessers eine Glimmlampe *e* verwendet, die bei Resonanz hell aufleuchtet.

Cady[1]) untersuchte den Resonanzfall in der Schaltung nach Abb. 6. Die auf den aus der Spule *a* und dem Kondensator c_2 gebildeten Schwingungskreis induzierte Frequenz wurde verändert. Abb. 7 zeigt das Ergebnis: Der durch c_2 fließende Strom wird bei Resonanz fast null; der gesamte Strom fließt über den parallelgeschalteten Quarzkondensator c_1, dessen elektrostatische Kapazität von $4{,}5 \cdot 10^{-6}$ Mikrofarad in der Nähe der Eigenschwingungszahl Werte zwischen $+42 \cdot 10^{-6}$ und $-32 \cdot 10^{-6}$ Mikrofarad annimmt.

Die Frequenz *f* eines Schwingungskreises nach Abb. 6 ist durch die Selbstinduktion *L* der Spule *a* und die Summe der Kapazitäten $C_1 + C_2$ der beiden Kondensatoren c_1 und c_2 aus der Beziehung $f = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{\sqrt{L(C_1 + C_2)}}$ gegeben. Verkleinerung von C_2 bewirkt Frequenzerhöhung. Anderseits hat Frequenzerhöhung in der Nähe des Resonanzpunktes, Abb. 7, Vergrößerung der Quarzkapazität C_1 zur Folge. Für Vergrößerung von C_2 gilt das Umgekehrte. Die Quarzkapazität ändert sich also gegenüber C_2 im entgegengesetzten Sinne und gleicht daher in der Nähe der Resonanz eine Änderung der Kapazität oder eine entsprechende Änderung der Induktivität des Schwingungskreises bis zu einem gewissen Betrage aus. Ohne Quarzkondensator ändert sich die Frequenz nach der gestrichelten Linie, mit Quarzkristallsteuerung nach der ausgezogenen Linie, Abb. 8. Steigt oberhalb der Resonanz die Kapazität C_2 über C_2' hinaus oder sinkt sie unterhalb der Resonanz unter C''_2, so geht die Frequenz sprunghaft auf einen Wert über, der für gleiches C_2 dem andern Kurvenast angehört. Die Frequenz des Schwingungskreises und die Eigenschwingungszahl des Quarzes dürfen daher nicht zu nahe beieinander liegen, wenn dieser labile Schwingungszustand vermieden werden soll. Bemerkt sei noch, daß die Größe der Frequenzschwankungen durch die Quarzkristallsteuerung bis zu etwa $^1/_{500}$ verkleinert wird, was der Deutlichkeit halber in Abb. 8 nicht im richtigen Verhältnis gezeichnet werden konnte.

Wegen seiner piezoelektrischen Schwingfähigkeit wird der Quarz seit einigen Jahren in der Hochfrequenztechnik zur Prüfung und Gleichhaltung der Wellenlänge benutzt. Die ersten Patente hierüber wurden in Amerika von Cady angemeldet. Die der Quarzresonanz *n* entsprechende Wellenlänge $\lambda^{\mathrm{cm}} = \frac{300 \cdot 10^6}{n}$ oder $\lambda^{\mathrm{m}} \approx 110\, l^{\mathrm{mm}}$ ist von der Plattenabmessung in der Schwingungsrichtung abhängig. Aus praktischen Gründen verwendet man nur Platten von 1 bis 10 mm Dicke und benutzt für Wellenlängen von 100 bis 1000 m die Dicken-, für größere die Längsschwingungen der Quarzplatte. Für kürzere Wellen sondert man entweder eine Oberschwingung der 1 mm dicken Platte aus oder erregt den Kristall nach Abb. 9 und 10 zu Dickenoberschwingungen. Die Quarzplatte wird hierbei mit einem Elektrodenpaar *b b* von einer Länge gleich höchstens der halben entsprechenden mechanischen Wellenlänge $\left(\frac{\lambda'}{2}\right)$ an der Stelle eines Schwingungsbauches erregt und schwingt dadurch mit einem Vielfachen ihrer Grunddickenschwingung.

Abb. 11 zeigt eine Senderschaltung mit dem Quarz als Taktgeber der Frequenz. Der Quarz *c* liegt am Gitter der Senderröhre *f*, parallel zu einer Drossel *g*. Besonders erforderlich ist die Kristallsteuerung bei Kurzwellensen-

[1]) Vergl. W. G. Cady, Proceedings of the Institute of Radio and Radio Engineers Bd. 10 (1922) S. 88 und Journal of the Optical Society of America and Review of Scientific Instruments Bd. 7 (1925) S. 475.

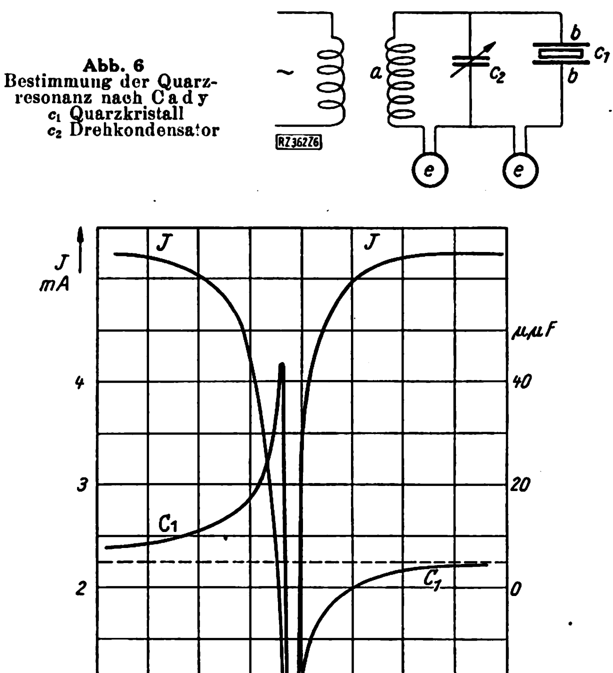


Abb. 6 Bestimmung der Quarzresonanz nach Cady
c_1 Quarzkristall
c_2 Drehkondensator

Abb. 7 Änderung der Kapazität des Quarzes in der Nähe der Resonanz und Stromverlauf im Drehkondensator c_2
J Strom durch den Drehkondensator C_1 Kapazität des Quarzes *f* Frequenz

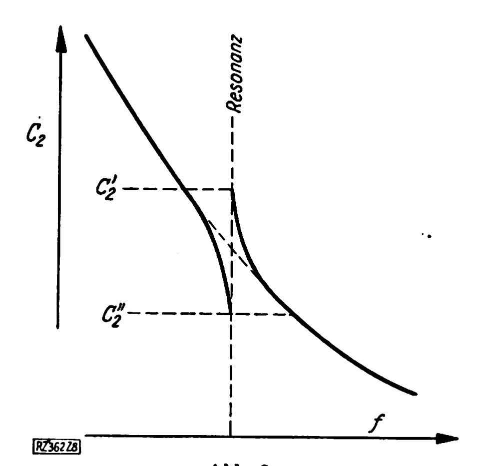


Abb. 8 Frequenzänderung bei Kapazitätsschwankungen des Schwingungskreises mit und ohne Quarzkondensator
C_2 Kapazität des Schwingungskreises *f* Frequenz

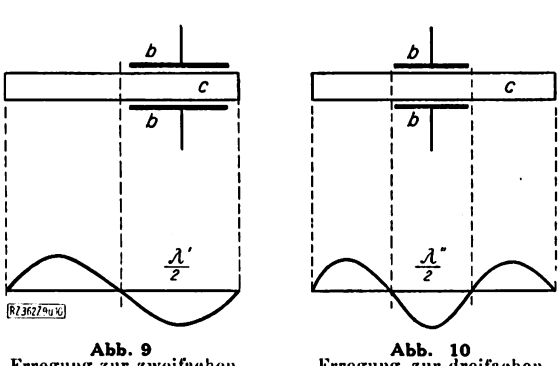


Abb. 9 Erregung zur zweifachen Grundschwingung

Abb. 10 Erregung zur dreifachen Grundschwingung

c Quarz *b b* Elektroden

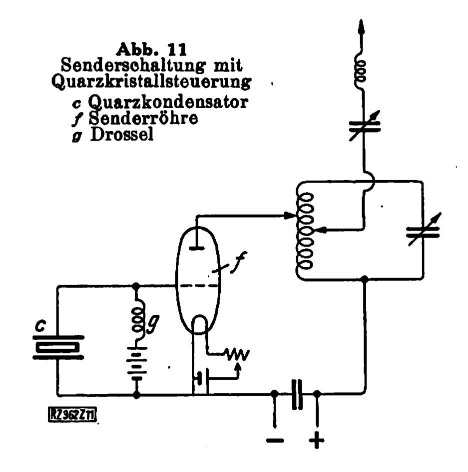


Abb. 11 Senderschaltung mit Quarzkristallsteuerung
c Quarzkondensator
f Senderröhre
g Drossel

dern. In Abb. 12 ist die schematische Schaltung der beiden Nauener Kurzwellensender wiedergegeben[2]). Der Kristall c hat eine Eigenschwingungszahl, die einer Wellenlänge von 100 m entspricht. Die Energie der ersten Röhre, etwa 1 bis 2 W, wird mittels zweier Röhren verstärkt, dann die Frequenz vervierfacht ($\lambda = 25$ m) und die Energie mittels dreier weiterer Röhren auf 20 kW verstärkt.

Erwähnt sei noch das im Jahre 1917 von Langevin gebaute Unterwasser-Schallgerät zur Echolotung. Es besteht aus zwei 3 cm dicken Stahlplatten, zwischen denen eine 100 cm² große Quarzplatte von einigen mm Dicke befestigt ist. Die durch eine hohe elektrische Wechselspannung erregte Quarzplatte sendet im Resonanzfalle starke mechanische Wellen aus. Zur Ausstrahlung von 1 W Druckenergie je 1 cm² Oberfläche sind 2500 V erforderlich. Umgekehrt kann das Gerät auch als Empfänger dienen, in dem die von außen wirkenden Drücke gleicher Frequenz an den Quarzflächen Wechselspannungen hervorrufen. [M 362]

[2]) Vergl. Meißner, Zeitschr. f. techn. Physik Bd. 7 (1926) S. 585.

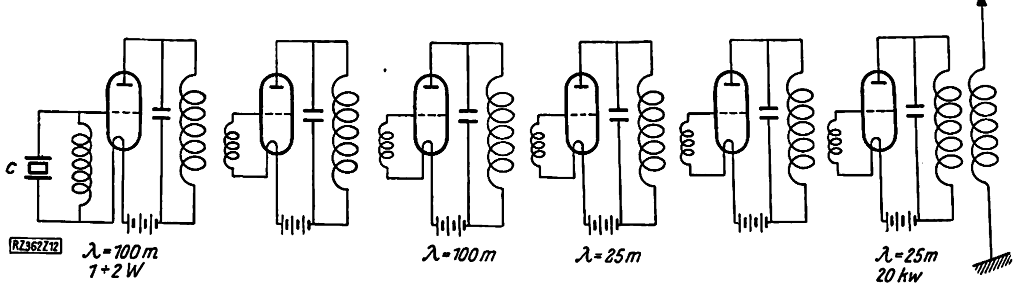


Abb. 12 Schaltung des Nauener Kurzwellensenders

Gußeisen mit Nickel- und Chromgehalt

Der Verbrauch an Chrom und Nickel ist in deutschen Gießereien recht gering. Wie P. Oberhoffer und E. Piwowarsky[1]) bei einem längeren Aufenthalt in den Vereinigten Staaten von Amerika feststellten, werden dort dagegen, seitdem man den verbessernden Einfluß beider Metalle auf die Eigenschaften von Gußeisen durch umfangreiche praktisch-wissenschaftliche Arbeiten der International Nickel Co. erwiesen hat, beträchtliche Mengen Chrom und Nickel zur Veredelung des Gußeisens benutzt. Aus den amerikanischen Untersuchungen, denen von Guillet und auch von Piwowarsky ergab sich: Nickel vermindert etwas den Gesamtkohlenstoffgehalt des Eisens, begünstigt mäßig den Karbidzerfall, neigt auch dazu, den Perlitanteil im Gefüge etwas herabzusetzen, und ist bestrebt, die perlitische Grundmasse mehr und mehr in Sorbit und in Martensit zu überführen. Nickel erhöht also die Härte des Gußeisens nennenswert, obgleich es den Gehalt an gebundenem Kohlenstoff etwas verringert. Siliziumzusatz zum Gußeisen vermindert ebenfalls die Menge gebundenen Kohlenstoffes und dagegen auch die Brinell-Härte, allerdings nur in größeren Wanddicken, während ein Zusatz von Chrom genau das Gegenteil bewirkt. Bei sehr kohlenstoffreichen Legierungen scheint Nickel die Menge gebundenen Kohlenstoffes anfangs herabzusetzen und dann wieder etwas zu erhöhen.

Übereinstimmend mit der International Nickel Co. fand Piwowarsky schon früher, daß bei kohlenstoffreichen, siliziumärmeren Legierungen der Einfluß des Nickels sehr deutlich erkennbar ist und in Mengen bis etwa 1 vH, jedoch nicht in größeren, die Zugfestigkeit von Grauguß steigert. Siliziumreichere Legierungen zeigen dagegen bei bis zu 5 vH Nickel ein Ansteigen der Zugfestigkeit. O. Smalley und auch W. G. Merton fanden, abweichend von Piwowarsky, daß Nickelzusatz beachtliche Graphitverfeinerung bewirkt. Bei größeren Nickelzusätzen empfiehlt es sich, weniger Silizium zu verwenden, weil Nickel die Graphit-Bildung ähnlich wie Silizium beeinflußt, damit man völlig graues, gut bearbeitbares und dennoch festes Eisen erzielt. Es ergab sich, daß sich Si und Ni bei gleichbleibendem Gesamtkohlenstoff im Gußeisen im Verhältnis von 1 Si : 2 Ni ergänzen.

Die Zähigkeit von Gußeisen wird durch Nickelzusatz stark erhöht. Besonders bei Gußstücken mit verschiedenen Wanddicken macht Nickel das Gefüge gleichmäßig. An Würfeln von 100 mm Kantenlänge aus Grauguß beobachteten die amerikanischen Forscher, wie zunehmender Nickelgehalt zur Gleichmäßigkeit des Gefüges und der Härte beiträgt. Nickel macht den Eisenguß auch dichter, und seine Neigung, poröse Stellen zu bilden, nimmt ab. Daher eignet sich Nickelgußeisen besonders für Kolben, Zylinder und für Kompressorenbau.

[1]) „Gießerei" Bd. 14 (1927) S. 585.

Will man neben dem günstigen Einfluß des Nickels durch gleichzeitigen Chromzusatz größere Festigkeit und erweiterte Verfeinerung der metallischen Grundmasse erreichen, ohne daß die härtende Wirkung des Chroms sich unangenehm bemerkbar macht, so wählt man ein Verhältnis von Nickel zu Chrom von mindestens 1 : 2,5. Nickel verringert auch die Empfindlichkeit des Gefüges von Gußeisen gegen Abschreckung. Schon bei 0,75 vH Ni bilden sich nicht mehr harte Stellen. Für dünnwandige Herde, Öfen, Spinnereimaschinen u. a. werden auch in Deutschland wenigstens 0,5 vH Ni angewendet und man erhält weichen, biegsamen, elastischen und gut bearbeitbaren Guß von gleichmäßigem Gefüge. Gußspannungen werden durch Nickelzusatz vermieden, eine Tatsache, die wichtig für den Radiatorenguß ist. Nickelhaltiges Gußeisen von 250 Brinell-Härte ist außerordentlich gut bearbeitbar. Dagegen macht nickelfreies von etwas über 210 Brinell schon Schwierigkeiten.

Piwowarsky fand, daß auch höchstwertige Gußeisensorten durch Nickel und Chrom noch um 10 bis 30 vH höhere Festigkeitseigenschaften erhalten. Solcher Werkstoff ließ sich bei Biegefestigkeiten von etwa 90 bis 130 kg/mm² und bei Zugfestigkeiten bis etwa 75 kg/mm² und bei Härten von 200 bis 300 Brinell mit gewöhnlichen Drehstählen mindestens ebenso gut bearbeiten wie unlegierter guter Grauguß.

Für Hartguß ist der Zusatz von Chrom und Nickel wichtig. Chrom steigert die Oberflächenhärte, verfeinert das Korn, und gleichzeitig vorhandenes Nickel mildert den Einfluß des Chroms auf die Empfindlichkeit gegen Stoß und Fall.

In Amerika wendet man bisweilen Nickelgehalte von 2,5 bis 6 vH bei 0,5 bis 1,5 vH Chrom an, um Oberflächenhärten von 550 bis 700 Brinell zu erhalten. Für besonders hohe Oberflächenhärte empfehlen die Amerikaner 0,25 bis 1 vH Nickel und 0,5 bis 1,5 vH Chrom. Durch Steigerung des Siliziumgehaltes (bis etwa 2 vH) wird dann der Einfluß erhöhten Chromgehaltes ausgeglichen. Solche Legierungen, als Adamite patentiert, werden für Hartgußwalzen, Kammräder, Kaltwalzen, Seilrollen, Ziehringe, Zahnritzel usw. benutzt; sie lassen sich schmieden.

Oberhoffer und Piwowarsky veröffentlichen in ihrer Arbeit eine umfangreiche Übersichtstafel über die wichtigsten Verwendungsgebiete von Nickelgußeisen mit Angaben über die chemischen Zusammensetzungen. [N 848]

Berlin Dr.-Ing. Martin W. Neufeld

RUNDSCHAU

Schiffbau

Hauptversammlung der Schiffbautechnischen Gesellschaft

Die diesjährige, achtundzwanzigste ordentliche Hauptversammlung fand vom 17. bis 19. November in Berlin statt. Der Vorsitzende, Geheimrat Busley, überreichte dem früheren Schiffbaudirektor Schwarz, Hamburg, die silberne Denkmünze des Vereines als Anerkennung für die von ihm gehaltenen Vorträge. An Stelle des erkrankten Prof. Laas verlas Obering. Buchsbaum dessen Vortrag

Sechzig Jahre Bauvorschriften des Germanischen Lloyd.

Nach einem Überblick über die Entwicklung der äußeren Form und des Inhaltes der Vorschriften geht der Vortrag auf ihren Sinn und ihr Entstehen ein. Ihren Hauptinhalt bilden noch die Bestimmungen über die Hauptteile des Verbandes. Im Bilde wurde gezeigt, wie sich die Zusammensetzung der Leitzahlen aus den Hauptabmessungen für die wichtigeren Bauteile geändert hat. Die Gewährung eines Mindestfreibords auf Grund einer internationalen Festigkeitsnorm würde die Bauvorschriften aller Länder einander weiter annähern. Im Gegensatz zu früher bezieht man heute auch kurze Aufbauten mit in die oberste Gurtung.

Wesentlich ist die sorgfältige Nietung. Der Germanische Lloyd verfolgt die Bestrebungen, die Nietung durch Schweißung zu ersetzen; in der Genehmigung müßte er aber vorerst sehr vorsichtig sein. Die Vorschriften für die Prüfung der Werkstoffe sowie für Maschinen und Kesselanlagen entstanden erst um 1890. Die Vorschriften über Maschinen und Kessel sind weniger Vorschriften für den Bau, als solche zur Verhütung von Unfällen. Es hat sich erwiesen, daß die Verluste ganzer Schiffe der deutschen Handelsflotte vor dem Krieg unter dem Gesamtdurchschnitt und unter den Verlusten der englischen Handelsflotte lagen.

Anschließend sprach Prof. Lienau, Danzig, über

Versuchseinrichtungen und -ergebnisse des Instituts für Schiffsfestigkeit an der Technischen Hochschule Danzig.

Frühere Versuche an Schiffen und Einzelbauteilen und Meßfahrten im Seegang haben noch keine einwandfreien Schlüsse über den Gesamtverlauf der Spannungen ergeben, so daß es notwendig sei, die wissenschaftlichen Grundlagen für künftige Versuche im großen durch Versuche an Modellen zu schaffen. Unterstützt durch Vereine und die dortige Industrie verfügt die Technische Hochschule Danzigs nunmehr über eine Versuchsanlage, die sich für die besondern Anforderungen der schiffbautechnischen Forschung eignet.

Verdrehungsversuche an geschlossenen Versuchskörpern ergaben gute Übereinstimmung mit dem Hookeschen Gesetz und den Formeln von Bredt und Lorenz. Drei jeweils an einem Punkt angesetzte Dehnungsmesser ergaben den Verlauf der Spannungsellipse. Lukeneinschnitte vergrößern den Gesamtverdrehungswinkel und verringern die Drehfestigkeit. Die Schubspannungen an den Lukenenden steigen auf das 1,7- bis 4fache, und neben den Luken treten auch erhebliche Zug- und Druckspannungen auf.

Biegeversuche zeigten, daß man die Spannungen theoretisch mittels der Airyschen Spannungsfunktion genügend genau berechnen kann. Die Spannung im Steg verläuft gegen die Auflager hin nicht mehr geradlinig. Die neutrale Achse senkte sich nach den Auflagern hin, was wohl daran liegt, daß die mittragende Breite im Zuggurt stark abnimmt und der Druckgurt erheblich besser mitträgt. Nach Ausknicken des Druckgurtes würden sich die Verhältnisse ändern, doch würde neben der Plattendicke das Seitenverhältnis eine erhebliche Rolle spielen.

In der Aussprache bezweifelte Dr. Dahlmann, Hamburg, die Möglichkeit, die Versuchsergebnisse auf die Verhältnisse in der Natur zu übertragen. Dr. Wrobbel, Hamburg, begrüßte die grundlegenden Versuche und wies auf die Schwierigkeit der Messungen an Bord von Schiffen hin, Dr. Schnadel, Berlin, betonte die Notwendigkeit der Theorie neben dem Versuch, Dr. Siemann, Bremen, empfahl, gleichzeitig die Schiffsbewegungen bei Meßfahrten aufzuzeichnen. Im Schlußwort forderte der Vortragende, daß man vom grundlegenden Versuch an Modellen zur Meßfahrt an Bord schrittweise vorgehe.

Am Nachmittag folgte der Vortrag von Obermarinebaurat Lottmann, Wilhelmshaven, über

Erfahrungen bei der Anwendung elektrischer Lichtbogenschweißung im Schiffbau.

Die Marinewerft hat eine Schweißanlage errichtet, in der der Schweißstrom den Hellingen von einer Hauptstelle aus zugeführt wird. Da das Verhältnis der Schweißzeit zur Leerlaufzeit für jede Arbeitstelle 0,26 bis 0,29 beträgt, und der Leerlaufverbrauch der Einzelumformer bedeutend ist, so verbraucht eine solche Anlage im Vergleich zu 30 Einzelumformern weniger Strom. Für die Elektroden werden zumeist mittelharte Drähte verwendet. Nackte Elektroden sind aus wirtschaftlichen und arbeitstechnischen Gründen den umhüllten vorzuziehen. Den Ausschlag für gute Schweißungen geben die Schweißer selbst.

Zahlreiche Zerreißproben haben gezeigt, daß Stumpfschweißungen die gleiche Fließgrenze wie ungeteilte Stäbe hatten und das Fließen außerhalb der Schweiße eintrat. Längsverbindungen haben bei hartem Blech teils etwas niedrigere, bei weichem Blech teils etwas höhere Fließgrenze. Die Schweiße brach ein, sobald das Fließen begann. Stoßverbindungen hatten 78 bis 82 vH Bruchfestigkeit des ungeteilten Stabes, d. h. um rd. 20 bis 25 vH mehr als Nietverbindungen. Längsverbindungen ergaben 76 bis 90 vH. Scherbeanspruchungen hält die V-Schweißung mindestens ebenso gut wie die zweireihig überlappte Nietung aus. Das Verhalten gegen Stoßbelastungen zeigten Sprengversuche an zwei Kästen. Der geschweißte beulte sich ein, ohne zu reißen, der genietete riß an einer Versteifung auf.

Beim Zusammenbau größerer Stücke stört, daß besonders bei Naht- und fortlaufenden Kehlschweißungen, weniger bei unterbrochenen Kehlschweißungen quer zur Schweißraupe beträchtliche Schrumpfungen auftreten. Bei weicheren Blechen läßt sich das durch Hämmern der Schweißung in kaltem Zustand ausgleichen. Bei härteren Blechen ist das Vorheften der Teile, möglichst abwechselnd mit dem Fertigschweißen vorzuziehen, obwohl der Ausgleich nicht so gut ist. Ein 14 m langes Boot ergab, auf diese Art geschweißt, 2 bis 14 mm Abweichung vom Lehrgerüst. Auch ein 160 m langer Neubau, bei dem nur die inneren Verbände in größerem Umfang geschweißt wurden, schrumpfte um mehrere Zentimeter.

Bei einem elektrisch geschweißten Schott wurden 14,7 vH an Gewicht gespart. Ferner ermöglicht die Schweißung, bei kleinen, leicht gebauten Schiffen die Längsspantenbauart anzuwenden. Die Wirtschaftlichkeit hängt vom Umfang der Schweißungen ab. Werden z. B. Schotte und ganze Decks geschweißt, so nähern sich die Herstellkosten wegen der Nacharbeiten denen der Nietung.

Obering. Danz, Berlin, berechnet bei der angegebenen Ausnutzung für die Anwendung von Einzelumformern und einer Hauptanlage den gleichen Stromverbrauch. Dr. Strelow machte für das Versagen von Schweißungen weniger die Schweißer als die Betriebsleitung verantwortlich, Malisius, Kiel, meinte, daß man das Arbeiten der Schiffsteile ruhig zulassen könne, Allardt, Hamburg, wies auf die Kurse zur Ausbildung von Schweißern vom Verband für autogene Metallbearbeitung hin, und Dir. Vaas, Berlin, betonte, daß die Ersparnis durch Zeitgewinn bei umhüllten Elektroden mehr ausmache als die Mehrkosten.

Danach sprach Dir. Salge, Berlin, über

die Lentz-Einheitsschiffsmaschine.

Als Anwendungsbereich sind Leistungen von 500 bis 5000 PS_i bei 70 bis 125 Uml./min vorgesehen. Zur Vereinfachung des Aufbaues ist die Oberflächenkondensation abgetrennt worden. Die Erfolge der deutschen Motorenindustrie waren der Anlaß, eine Schiffsdampfmaschine zu entwerfen, die in weiten Grenzen bei guter Wirtschaftlichkeit mit wenig Modellen weitgehend anwendbar war. Überhitzung und Dampfdrücke mußten die neue Entwicklung berücksichtigen. Nach diesen Gesichtspunkten ist die Lentz-Einheitsschiffsmaschine als Zwillings-Verbundmaschine mit Ventilsteuerung ohne Aufnehmer für 14 at Überdruck und 325° Überhitzung an der Maschine durchgebildet. Die bis jetzt ausgeführten Größen bis zu 3400 PS_i haben Handumsteuerung. Durch Wärmebehandlung werden die Ventile von Gußspannungen befreit. Besondere Ausgleicher ermöglichen, die Ventilspindeln im Betrieb nachzustellen.

Versuche an Anlagen im Betrieb ergaben einschließlich aller Hilfsmaschinen einen Kohlenverbrauch von 0,48 bis 0,55 kg/PS_ih, bei Kohle von 7300 kcal/kg mittlerem unterem Heizwert. Die Vorzüge der Maschine liegen zunächst in der Anwendung von Ventilen für Heißdampf; wärmetechnisch vorteilhaft ist auch die Ausführung als Zwillings-Verbundmaschine Woolfscher Bauart ohne Aufnehmer.

In der Erörterung zeigte Christiansen, Harburg, die von ihm entwickelte Zwillings-Verbundmaschine mit Schiebersteuerung und Gleichstrom-Niederdruckzylindern.



Dir. Hartmann, Kassel, erläuterte die neueren Bestrebungen, die Überhitzung auf 400° zu erhöhen. Außer Rauchrohrüberhitzern wendet er Überhitzer in hochliegenden Flammrohren an, die beim Anfahren abgeschaltet werden. Dir. Joos, Hamburg, ging auf die Schmierung bei Heißdampf und auf den Fortschritt im Zusammenhang mit der Entwicklung der Dieselmotoren ein. Er empfahl, die Zylinderwand und nicht den Dampf zu schmieren. Prof. Stumpf, Berlin, berichtete über seine Zwillingsverbund-Gleichstromdampfmaschine.

Am Freitag sprach Marinedirektor Schwarz, Hamburg, über

die Lukenverschlüsse und die Sicherheit der Schiffe.

Nach den Schiffsunfällen in den letzten Jahren scheint die gebräuchliche Lukeneindeckung den Beanspruchungen nicht gewachsen zu sein. Auch die jetzt für große Luken vorgeschriebenen hohen Luksülle wirken nachteilig, da sie bei Belastung durch Wasserdruck und Seeschlag einwärts federn und die Deckel heraussprengen. Diese Gefahren lassen sich nur durch niedrige Sülle und eiserne, wasserdicht verschraubte Lukendeckel beseitigen.

Zu beachten ist der Einfluß der Betriebstabilität auf die Hebelarmlinie. Durch Winddruck, Wasser auf dem Wetterdeck, besonders bei hohem, festem Schanzkleid und Übergehen der Ladung kann der Gesamtschwerpunkt so verschoben werden, daß schon das Eindringen geringer Wassermengen durch Luken das Schiff zum Kentern bringen kann.

Von den vorgeschlagenen Verbesserungen und ausgeführten eisernen Lukendeckeln behandelte der Redner ausführlich einen von ihm herrührenden eisernen Lukendeckel, der auf Rollen verschiebbar ist und am Luksüll wasserdicht festgeschraubt wird. Er empfahl, gleichzeitig einen geschlossenen Verkehrsgang unmittelbar unter Deck in der Mitte des Schiffes anzuordnen. Die Ausbreitung von Feuer würde durch eiserne Lukendeckel verhindert und Brände könnten bequem durch Gas erstickt werden. Dr. Rieß, Berlin, legte die Schwierigkeiten bei der internationalen Regelung solcher Fragen dar, Ziv.-Ing. Benjamin, Hamburg, die unzulänglichen Stabilitätsverhältnisse. Obering. Winter, Hamburg, übte Kritik an der Unfallstatistik des Vortrages. Obering. Buchsbaum, Berlin, hielt die vorgeschriebenen Luksülle für genügend.

Dr.-Ing. Saß, Berlin, sprach dann über

Doppeltwirkende kompressorlose Zweitakt-Dieselmotoren für Schiffstrieb.

Vor dem Bau des doppeltwirkenden Einzylinder-Versuchsmotors (Bauart Hesselman) für 1000 PS hat die AEG Sonderversuche ausgeführt. Die Untersuchung der Spülluftvorgänge in einem Glaszylinder führten dazu, die Schlitze axial und tangential unter bestimmtem Winkel anzuordnen, wodurch der Spülluft eine schraubenförmige Bewegung erteilt wird. Der Brennraum von Hesselman mit hochgezogenem Kolbenboden wurde auch beim Zweitakt beibehalten. Das obere Brennstoffventil hat einen Kranz von 12 Düsen mit je einer Bohrung. Das hat die Strahllänge auf rd. 21 cm verkleinert, was mit Rücksicht auf die begrenzte Durchschlagkraft der Brennstoffstrahlen vorteilhaft ist. Auf der unteren Seite ist diese Länge schon wegen der Kolbenstange begrenzt. so daß ein Kolbenkragen fehlt. Hier sind 10 Ventile um die Kolbenstange herum angeordnet.

Die Membranfeder gewährleistet durch ihre große Kraft und geringe bewegte Masse ein äußerst rasches Schließen des Brennstoffventils, da der Hub selbst bei Vollast nur 0,1 bis 0,15 mm beträgt. Da sich die Membranspindel im Betrieb nicht bewegt, dichtet die Stopfbüchse besonders gut ab. Bei dem erforderlichen Öldruck treten Druckwellen in der Brennstoffleitung auf. Durch geeignete Abstimmung der Membranspannung, von Länge und Durchmesser der Leitung und der Form der Brennstoffnocken kann man diese Druckwellen auf ein zulässiges Maß vermindern. Die Brennstoffpumpe unterscheidet sich nicht wesentlich von bekannten.

Der geteilte Zylinderrahmen ermöglicht ein bequemes Ausbauen der Laufbüchsen mit den Kühlmänteln und dem Zylindermittelstück, das die Spülluft- und Abgasführungskanäle enthält. Dieses Mittelstück ist von den Verbrennungsdrücken völlig entlastet. Die Laufbüchsen aus geschmiedetem Stahl nach der neuesten Ausführung haben einen normalen Flansch. Sie werden durch die Deckel gehalten, die selbst mit den am Zylinderrahmen befestigten Stahlgußringen verbunden sind.

Die Kolbenkappen sind ebenfalls aus Stahl geschmiedet. Um zu vermeiden, daß Stahl auf Stahl läuft, führt man den Kolben in den Laufbüchsen mittels eines geteilten gußeisernen Mantels. Die Kolbenstange gleitet in Huhnscher Stopfbüchse mit zwei Federringen und geteiltem Dichtungsring.

Da die Anfahrventile mit Druckluft betätigt werden, hat die Maschine kein Gestänge. Ebenso verschiebt ein Druckluftkolben die Nockenwelle, so daß nur ein Steuerhebel vorhanden ist und das Manövrieren sehr einfach wird.

Bei den Versuchen an der Maschine von 680 mm Zyl.-Dmr. und 1200 mm Hub wurde als mittlerer Kolbendruck für 1000 PS_e und 120 Uml./min nur 4,56 at erreicht. Der mechanische Wirkungsgrad betrug 88 vH und der Brennstoffverbrauch 160 g/PS_eh. Das Baugewicht einer Sechszylindermaschine für 6000 PS bei 120 Uml./min würde 440 t betragen gegenüber 356 t von ausgeführten einfachwirkenden Viertaktmotoren mit acht Zylindern für 2825 PS_e bei 125 Uml./min. An Baulänge würden rd. 4,5 m gespart.

Ing. Brose, Hamburg, berichtete, daß die Vulkanwerft keine schmiedeisernen Laufbüchsen mehr verwende, weil Schwierigkeiten der Schmierung dabei auftraten. Dr. Immich, Kiel, berichtete über Spülversuche der Deutschen Werke und den dort entwickelten doppeltwirkenden Zweitaktmotor. Dr. Eichelberg, Zürich, gab auf Grund dynamischer Spülversuche von Gebr. Sulzer an, wie z. B. Luftmangel durch längeres Offenhalten der Auspuffschlitze nachgewiesen werden kann. Im Schlußwort erwähnte der Vortragende, daß die AEG jetzt Perlitguß für die Laufbüchsen verwende, der sich bewährt habe.

Dir. Schönian, Sarstedt, sprach über

moderne technische Einrichtungen in Schiffsküchen.

In verhältnismäßig engen Räumen müssen große Mengen von Speisen, auf Fahrgastdampfern auch Speisen verschiedener Art, schnell zubereitet werden. Die Küche soll möglichst wenig Bedienung verlangen. Trotz hoher Beanspruchung dürfen die Kocher keine Störung erleiden und sollen vielseitig verwendbar sein.

Die Kocher werden mit Kohle, Öl, Dampf oder Elektrizität geheizt. Einfache Kohlenfeuerung trägt viel Schmutz in die Küche; Ölfeuerung ist sauberer und läßt sich besser regeln, sie bedingt aber ebenfalls einen Rauchabzug und besondere Einrichtungen. Die Dampfheizung in Heizschlangen ist vorteilhaft, wenn die Kochtemperatur nicht hoch liegt und die Wärme längere Zeit auf das Kochgut wirken soll. Sauberen Betrieb, leichte Reglung, große Gleichmäßigkeit und Einfachheit in der Bedienung bietet die elektrische Heizung, nur sind ihre Einrichtungen und der Betrieb teuer.

Die wichtigste Kücheneinrichtung ist der Herd. Bei den elektrischen Herden liegen die Heizwiderstände unmittelbar unter der Platte und unter den Bratöfen. Bei den Grillöfen wirkt die Feuerung mittels Holzkohle oder Koks unter einem Rost oder die elektrische Heizwicklung oberhalb unmittelbar durch Strahlung auf das Röstgut. Sie sind ganz geschlossen und haben oft einen durch Uhrwerk oder Elektromotor angetriebenen Spieß für den Braten. Die Backöfen werden ebenfalls verschieden beheizt. Die Temperatur in den Backräumen beträgt 200 bis 350°. Je nach der Heizart ist ein Dampferzeuger für den zum Backen erforderlichen Dampf vorhanden. Schutz gegen Wärmeverluste ist vorgesehen.

Die Dampfkochkessel sind doppelwandig und werden unmittelbar durch den Dampf des Wasserbades geheizt, das auf eine der genannten Arten erwärmt wird. Sie sind mit luftdicht schließenden Deckeln versehen, so daß die Speisen bei 0,3 bis 0,5 at, entsprechend 105 bis 108°, gekocht werden. Auch die Gemüse dämpft man mittels eines Wasserbades.

Von den Hilfsmaschinen sind die Kartoffelschälmaschinen zu erwähnen, bei denen ein raschlaufender Drehkörper mit rauher Oberfläche die Schale der aufgeschütteten Kartoffeln abreibt. Ferner werden Teigknet- und andere Maschinen verwendet. Die Herde und die Dampfkochkessel sind für den Handelsschiffbau genormt. Bei den Kriegsschiffen weichen die Einrichtungen wenig ab, nur strebt man noch mehr nach Platz- und Gewichtersparnis.

Zum Schluß sprach Jaeger, Stuttgart, über

Fortschritte der Anstreichtechnik.

Das für Ölfarben verwendete Leinöl trocknet sehr langsam infolge Sauerstoffaufnahme aus der Luft. Dabei nimmt sein Volumen zu, so daß, wenn die Grundschichten arbeiten, die Deckschichten oft noch nach Jahren reißen und abplatzen. Während früher die Ölfarben einfach übereinandergestrichen wurden, wendet man jetzt ölfreie Grund- und Zwischenschichten an, die jahrelang unverändert bleiben. Rostbildung verursacht starke Veränderungen. Sehr elastische Ölfarben und gut abdichtende Anstreichmittel aus Nitrozellulose verbessern den einfachsten wie den feinsten Anstrich erheblich. Nur auf diese Weise erzielt man wasserdichte Anstriche, was mit Ölfarben allein nicht möglich ist.

Beim Überstreichen von alten Ölfarbschichten kann man durch Anwendung von Harzzellulose-Esterlösungen die alten Schichten etwas auflösen. Die Haltbarkeit der Anstriche steht in engem Zusammenhang mit dem Aufbau der Farben und der Schmiegsamkeit und Dichtheit der schützenden Farbschicht. [N 994] Luchsinger



Aus dem Ausland

Baumaschinen

Amerikanische Kabelbagger

Die Kabelbagger sind bereits vor etwa 15 bis 20 Jahren in den Vereinigten Staaten von Amerika erstmalig ausgeführt worden[1]). In den letzten Jahren sind die Kabelbagger auch in Deutschland durch Ausführungen der Firma Ad. Bleichert, A.-G., bekannt geworden.

Die amerikanischen Kabelbagger weichen in ihrer Gesamtanordnung voneinander nur verhältnismäßig wenig ab und werden in der Regel nach Kübelgrößen und Spannweiten auf Normalbauarten gebracht, die vielfach zum Bestand des Maschinenparkes der Bauunternehmer gehören.

Bauarten und Arbeitsweise

Die Arbeitsweise und Bedienung der Kabelbagger ähnelt der der Kabelkrane. Im wesentlichen bestehen die Kabelbagger aus dem verhältnismäßig hohen Maschinenturm mit gemeinschaftlichem Winden- und Führerhaus am Turmfuß und dem niedrigen Gegenblock am andern Ende des Tragseiles, Abb. 1 und 2. Die Höhe des Maschinenturmes richtet sich nach der Spannweite der Anlage sowie etwa vorhandenen Geländeunebenheiten. Eine Mindesthöhe ist auch deshalb erforderlich, damit die Laufkatze mit leerem Kübel ohne Strom, d. h. von selbst bergab zur Schürfstelle laufen kann. Hierzu ist unter normalen Verhältnissen eine Neigung von etwa 15 vH, bezogen auf die Tragseilendbefestigungen, nötig.

Zuweilen, wenn das Baggergut durch Schmalspurwagen oder andre Fördermittel weiterbefördert werden soll, wird der Maschinenturm zweckmäßig mit einem Überladebunker ausgestattet, in den das Fördergut nach Entleerung des Kübels gelangt. Eine andre Entlademöglichkeit ist das Abstürzen auf die Halde.

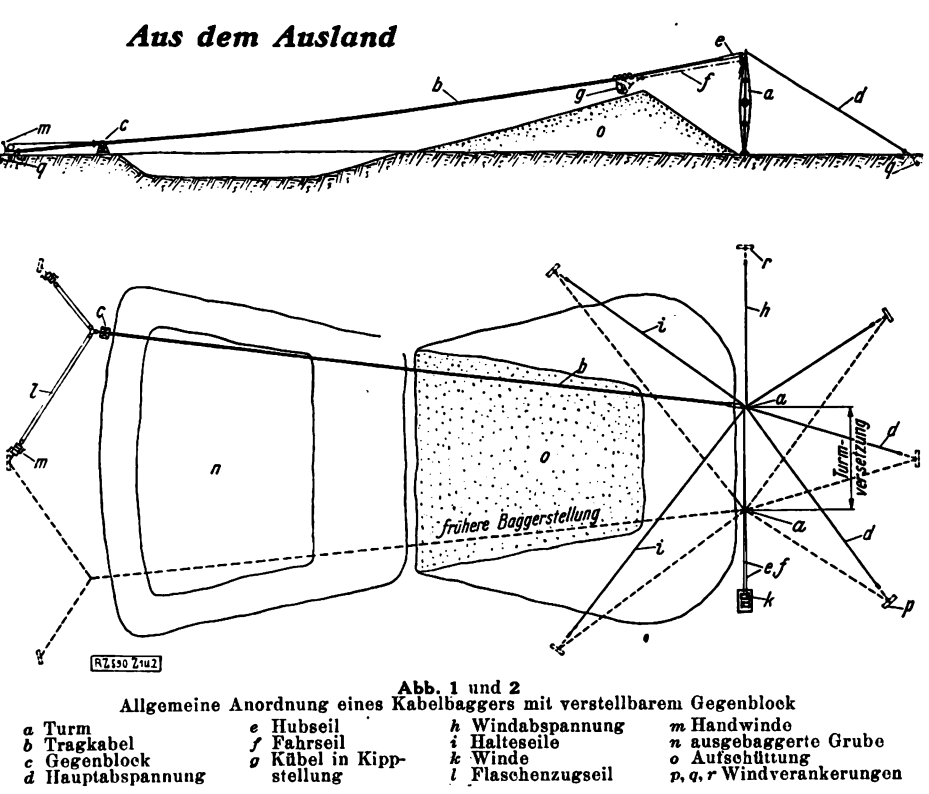


Abb. 1 und 2
Allgemeine Anordnung eines Kabelbaggers mit verstellbarem Gegenblock

a Turm
b Tragkabel
c Gegenblock
d Hauptabspannung
e Hubseil
f Fahrseil
g Kübel in Kippstellung
h Windabspannung
i Halteseile
k Winde
l Flaschenzugseil
m Handwinde
n ausgebaggerte Grube
o Aufschüttung
p, q, r Windverankerungen

Abb. 3
Seilschema des Sauerman-Kabelbaggers

a Tragseil *b* Hubseil *c* Fahrseil *d* Hubtrommel *e* Fahrtrommel
f Flaschenzug zum Tragkabelheben *g* Endbefestigung des Tragkabels

Meist ist der Maschinenturm als einfacher Holzmast ausgebildet, der zur Erhöhung der Knicksicherheit mit Eisenbewehrung verspannt ist, seltener sind Eisentürme in Gitterkonstruktion anzutreffen. Häufig findet man in Amerika Kabelbagger, bei denen der Gegenblock durch Flaschenzüge in beschränktem Maße seitlich verschiebbar ist, Abb. 1 und 2.

[1]) Buhle: Über Kabelbaggerkrane und Schürfbagger, „Bautechnik" Bd. 1 (1923) Heft 1.

Abb. 4
Schürfkübel mit Kettenzaum

a Laufkatze
b Schürfkübel
c Kettenzaum
d Kippkette
e Zaumrolle
f Kippanschlag
g Kippblock
h Schneidezähne

Bei fahrbaren Anlagen werden der Maschinenturm und der Gegenblock durch Betätigung einfacher Handwinden fortbewegt.

Zum Antrieb des Baggers selbst dient eine Zweitrommelwinde, die durch Dampfmaschine oder Elektromotor in Bewegung gesetzt wird. Auf die eine Trommel wickelt sich das Schürf- (auch Fahr-)Seil auf, das die Fahrbewegung der Laufkatze übermittelt. Die zweite Trommel steht mit einem mehrfachen Flaschenzug am Turmkopf in Verbindung, der am Tragkabelende befestigt ist, Abb. 3. Durch entsprechende Drehung dieser Trommel wird das Tragseil, und zwar gleichzeitig, während die Katze selbsttätig bergab fährt, gesenkt, bis der an der Laufkatze angehängte Schürfkübel, Abb. 4, den Grund der Baugrube erreicht hat. Sobald dies geschehen ist, wird die Abwärtsfahrt der Katze durch den Führer gebremst, ebenso die Absenkung des Tragkabels stillgesetzt.

Durch Umsteuern der Antriebmaschine wird die Fahrtrommel in umgekehrte Drehrichtung versetzt, worauf sich die Laufkatze nebst Kübel nach dem Maschinenturm bewegt. Hierbei wird der Schürfkübel angefüllt, die hierzu erforderlichen Steuerbewegungen werden vom Baggerführer geleitet. Nach Beendigung dieses Vorganges wird die Hubtrommel ebenfalls eingeschaltet, so daß sich das Tragkabel mit der Laufkatze und dem gefüllten Kübel anhebt, und zwar während der andauernden Vorwärtsbewegung der Katze.

Über der Entladestelle ist auf dem Tragseil ein Anschlag befestigt, der bei Haldenschüttung auch verstellbar sein kann. Die Laufkatze wird bei ihrer Aufwärtsbewegung

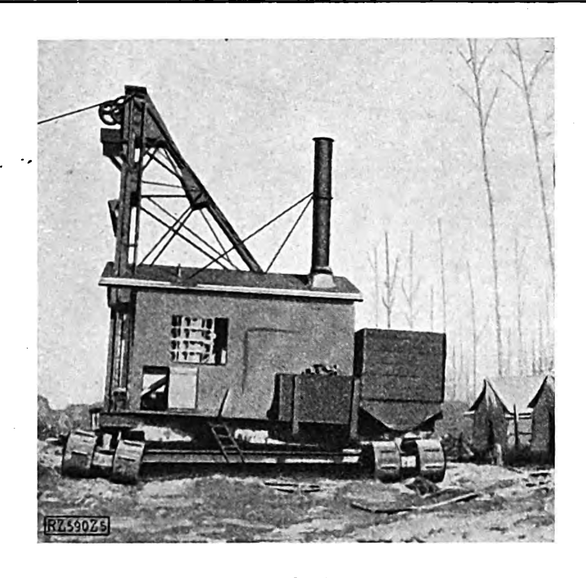


Abb. 5
Auf Raupenbändern laufender Kabelbaggerturm von Bucyrus

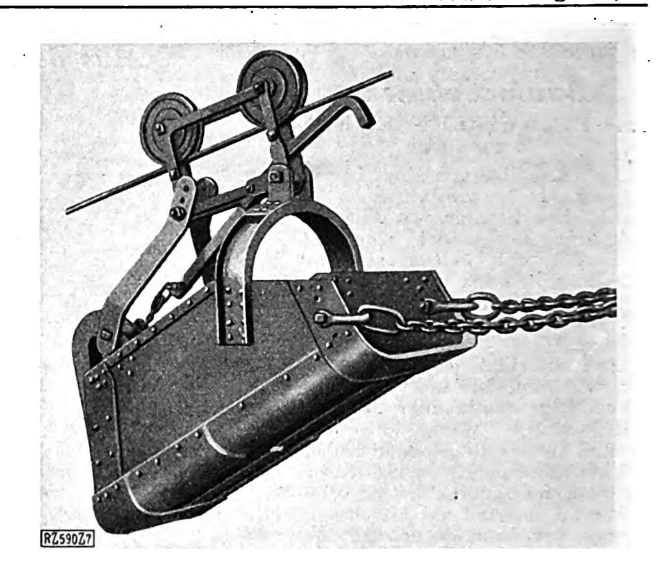


Abb. 7
Schürfkübel „Pioneer" (rückwärts entleerend)

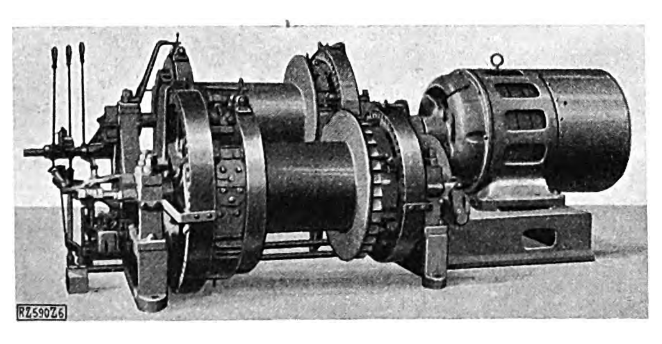


Abb. 6. Antriebwinde eines Kabelbaggers mit Drehstrommotor für zwei Geschwindigkeiten (z. B. 1200/400 Uml./min)

durch diesen Anschlag festgehalten, und der durch den Kettenzaum an der Laufkatze befestigte Kübel wird durch die Kippvorrichtung entleert. Nach diesem Vorgang wird zunächst die Fahrtrommel umgesteuert, der Kübel kehrt wieder in seine Ausgangslage zurück, und die Laufkatze fährt selbsttätig abwärts zur jeweiligen Schürfstelle.

Zur Einleitung der verschiedenen Steuerbewegungen ist ein einziger Kranführer nötig, der in der Regel unmittelbar neben der Antriebwinde seinen Platz hat und auf diese Weise auch die Antriebmaschine und die Winde überwachen kann. Die Firma Bucyrus hat auf Raupenbändern laufende Kabelbaggertürme, Abb. 5, gebaut und den Führerstand auf dem Maschinenturm erhöht angeordnet, so daß der Führer jederzeit den Arbeitsvorgang des Kübels im Auge behalten kann.

Neuerdings wird ein in den Vereinigten Staaten häufig angewandter Drehstrommotor mit mehreren Geschwindigkeitsstufen benutzt, Abb. 6, so daß die sonst üblichen Zahnrädervorgelege vermieden werden. Diese polumschaltbaren Zwei- oder Mehrgeschwindigkeitsmotoren, Sonderbauarten der General Electric und der Lincoln Electric Co., können mit einem Geschwindigkeitsunterschied bis zu etwa 1 : 6 gebaut werden und tragen auch bei den Kabelbaggern zur Steigerung der Förderleistung wesentlich bei.

Konstruktionseigenheiten weisen die K ü b e l b a u a r t e n nebst Kippvorrichtungen auf. Bei den Baggern der Firma Sauerman, die bei weitem die meisten Kabelbagger hergestellt hat, wird das Fördergut wieder nach vorn über die Schneidezähne gekippt, wobei der hintere Teil des Kübels durch die Aufhängeketten hochgehoben wird. Bei andern Bauarten wird dagegen der Kübel nach rückwärts entleert, und zwar ist z. B. der Pioneer-Kübel ähnlich ausgebildet wie der Löffel eines Löffelbaggers, Abb. 7. Der unter dem Tragseil befindliche und mit der Entleervorrichtung verbundene hakenartige Schwinghebel gelangt an der Kippstelle unter einen entsprechend ausgebildeten schrägen Ansatz, der auf dem Tragkabel befestigt ist, so daß durch die Hebelübertragung der hintere Kübelverschluß geöffnet wird.

Bei dem Schürfkübel nach Link-Belt, Abb. 8, wird in ähnlicher Weise wie beim Pioneer-Kübel die segmentartig ausgebildete hintere Kübelwand aufgeklappt, nachdem die vor der Katze herlaufende Rolle den Kippanschlag auf dem Tragseil berührt hat. Die beiden zuletzt erwähnten nach rückwärts arbeitenden Kübelentleerungen bieten den Vorteil, daß der Kraftaufwand beim Kippen geringer ist als beim Kippen nach vorn, da der Kübel vor der Entleerung nach hinten überhängt.

Wenn das Fördergut in der Nähe des Gegenblockes aufgeschüttet werden soll, wird von der Firma Sauerman eine Kippvorrichtung hinter der Laufkatze eingebaut, Abb. 9. Auch doppelte Kippvorrichtungen, die wahlweise eine Kübelentleerung am Maschinenturm oder am Gegenblock gestatten, sind wiederholt ausgeführt worden.

Die Mehrzahl der amerikanischen Kabelbagger sind meist nur behelfsmäßig durchgebildet und erwecken einen

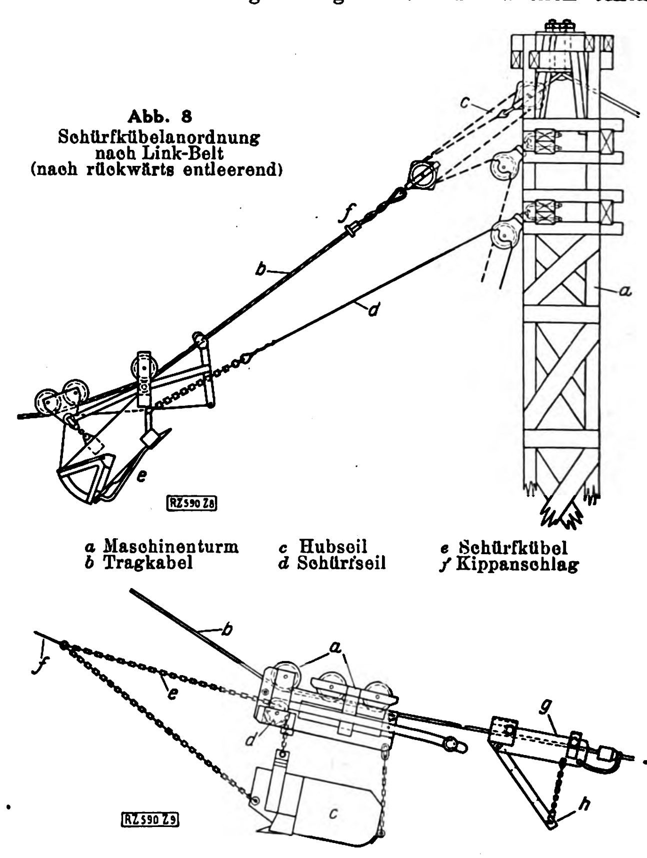


Abb. 8
Schürfkübelanordnung nach Link-Belt (nach rückwärts entleerend)

a Maschinenturm *b* Tragkabel *c* Hubseil *d* Schürfseil *e* Schürfkübel *f* Kippanschlag

Abb. 9
Katze mit Schürfkübel (Anordnung Sauermann) für Kübelentleerung am Gegenblock

a Laufkatze *b* Tragseil *c* Schürfkübel *d* Kettenumführung mit Sperrad *e* Kippkette *f* Fahrseil *g* beweglicher Kippanschlag *h* Anschlagshebel



unfertigen Eindruck. Dies betrifft besonders den hölzernen Maschinenturm und Gegenblock nebst den zugehörigen Abspannungen und Verankerungen, auch sind meist ungenügende Fundamente vorgesehen. Dies ist zum Teil darin begründet, daß die Anlagen nicht dauernd auf derselben Baustelle bleiben, sondern nach Beendigung der Baggerarbeiten in der Regel zum nächsten Arbeitsplatze geschafft werden. Wegen der hohen amerikanischen Löhne müssen auch die Aufbauarbeiten des Baggers schnell erledigt werden, da sonst die Wirtschaftlichkeit der Anlage in Frage gestellt werden kann.

Verwendungszweck

Die Verwendung der amerikanischen Kabelbagger erstreckt sich hauptsächlich auf Abtragen von Sand- oder Kieshalden, Lehm- und Tongruben, ferner zum Ausbaggern von Flußläufen und Kanälen, Ausheben von Gruben für Gründungen, Herstellung von Böschungen. Die Firma Link-Belt baut die Kabelbagger in Verbindung mit Kies- oder Sandaufbereitungsanlagen und liefert Brech- und Siebanlagen und alle erforderlichen Fördereinrichtungen usw. als geschlossenes Ganze mit. Die Spannweiten der amerikanischen Kabelbagger schwanken zwischen 100 und etwa 250 m, die Fassungsvermögen der Schürfkübel im Durchschnitt zwischen 0,5 und 2,5 bis 3 m³. Bucyrus hat für Kanalisationszwecke 14 Kabelbagger nach dem Mississippi geliefert, die mit Kübeln von 4 bis 6 m³ ausgerüstet waren.

Die bei Kabelbaggern zu erreichende Schürftiefe kann bis etwa zu einem Drittel der Spannweite getrieben werden, und das Profil der ausgebaggerten Erde schmiegt sich der Lastweglinie des Tragseiles an. Auch unter Wasser kann der Schürfkübel arbeiten, um z. B. Kies- oder Sandbänke abzutragen, und der Gegenblock wird mitunter auf Pfählen im Wasser verankert. Beim Abtragen von Tongruben wird das Baggergut spanartig abgeschält, beim Entleeren wird häufig der ganze Kübelinhalt mit einem Mal abgestürzt.

Förderleistungen

Der von mir im Hafengebiete von Baltimore besichtigte, für die Arundel Corp. aufgestellte Kabelbagger, Bauart Sauerman, hatte eine Tagesleistung von 2500 bis 3000 t Sand und Kies. Die Spannweite dieser Anlage betrug fast 200 m, das Fassungsvermögen des Kübels etwa 3 m³. Bei einem durchschnittlichen Förderwege von etwa 120 m dauerte ein Förderspiel, bestehend aus Schürfen und Anfüllen des Kübels, Heben des Kübel und Fahren (gleichzeitig), Entleeren des Kübels, Rückfahrt des leeren Kübels, Zeit für Betätigung der Steuerorgane usw., etwa 55 bis 60 s, wobei zu berücksichtigen ist, daß der Kies unter Wasser ausgebaggert wurde und es der Geschicklichkeit des Führers überlassen war, eine genügende Kübelfüllung beim Schürfen zu erreichen.

Auch die übrigen amerikanischen Kabelbagger weisen nach Maßgabe des Kübelinhaltes ähnliche Leistungszahlen auf. Die Fahrgeschwindigkeiten betragen bei kleineren Spannweiten bis etwa 200 m/min, bei größeren etwa 300 bis 400 m/min, die Schürfgeschwindigkeiten in der Regel ein Drittel dieser Zahlen. Die Verwirklichung der hohen Förderleistungen bedingt eine sehr geschickte Bedienungsmannschaft; bei größeren Anlagen benutzt man für Kupplungen und Bremsen die Druckluftsteuerung, um den Führer von der körperlichen Betätigung der Steuerorgane zu entlasten. Auch die Verwendung der vorher erwähnten Zweigeschwindigkeitsmotoren für den Windenantrieb trägt zur Leistungssteigerung nicht unwesentlich bei. Die amerikanischen Kabelbagger sind also für bautechnische Förderzwecke sehr praktisch in der Anwendung und können bei den für deutsche Begriffe hohen Förderleistungen bei der Abtragung größerer Geländestücke wertvolle Dienste leisten und ohne besondere Schwierigkeiten von Zeit zu Zeit die Baustelle wechseln.

Der Vollständigkeit halber seien hier die in ähnlicher Weise arbeitenden „Seilkratzer“[2]) angeführt, die auf Kohlen- oder Sandlagerplätzen häufiger anzutreffen sind. Bei diesem Fördermittel ist kein besonderes Tragkabel vorhanden, hingegen ist das Fahrseil endlos und wird am Ende des Lagers über eine Umführrolle umgelenkt. Das Schürfgerät ist halbkreisförmig, ohne Boden ausgebildet und arbeitet ähnlich wie der Kübel des Kabelbaggers. [M 590]

Dresden Dr.-Ing. W. Franke

[2]) Z. Bl. 70 (1926) S. 1331.

Kraftanlagen

Die Stromversorgung Moskaus und des Moskauer Industriegebietes

Die Entwicklung der Industrie und die Stromversorgung der Siedlungen in den Vororten und auf dem Lande stellen erhöhte Anforderungen an die Kraftwerke der „Moskauer Vereinigung der Staatszentralen“ (Moges), die Moskau und Umgebung mit Elektrizität versorgen[1]).

In der Zahlentafel 1 sind die Leistungsfähigkeit der „Moges“-Kraftwerke, die höchsten Belastungen und die Arbeitsabgabe in den Jahren 1921/22 bis 1926/27 zusammengestellt.

Die geringe Zunahme der Höchstbelastung 1926/27 gegenüber 1925/26 (12,2 vH) wurde durch künstliche Maßnahmen herbeigeführt, indem man vorschrieb, daß in den Fabriken die Uhr um eine Stunde vorgerückt wurde, damit die Lichtstromspitze nicht mehr mit der Kraftstromspitze zusammenfiel, außerdem war einzelnen Kraftstrombeziehern verboten, ihre Motoren zur Zeit der Höchstbelastung an das Netz anzuschließen. Hätte man diese Maßnahmen nicht getroffen, so hätte die Höchstbelastung die Leistungsfähigkeit der „Moges“-Kraftwerke überschritten.

Unter Berücksichtigung der voraussichtlichen Steigerung des Strombedarfes in den nächsten fünf Jahren ist folgender Erweiterungsplan für die Kraftwerke aufgestellt worden, Zahlentafel 2.

[1]) Nach „Elektritschestwo“ 1927 S. 205.

Zahlentafel 1. Betriebzahlen der Moskauer Elektrizitätswerke für 1921 bis 1927

	1921/22	1922/23	1923/24	1924/25	1925/26	1926/27
Leistungsfähigkeit der „Moges“-Kraftwerke . . . . . 1000 kW	97,6	109,6	118	119	151,6	157
Höchste Belastungen . . . . „ „	50,1	64,7	69,1	88,4	124	139,1
Zuwachs an Belastung gegenüber dem Vorjahr . . . . . . vH	—	29,1	6,8	27,9	40,3	12,2
Arbeitsabgabe . . . . Mill. kWh	201,1	231,6	253,7	343,8	466,7	585*)
Zuwachs an Arbeitsabgabe gegenüber dem Vorjahr . . . . vH	—	15,2	9,5	35,5	35,7	25,3

*) Geschätzt.

Zahlentafel 2. Erweiterungsplan für die Moskauer Elektrizitätswerke

Leistung der Kraftwerke	1926/27	1927/28	1928/29	1929/30	1930/31	1931/32
Erstes Moskauer Staatskraftwerk Smidowitsch . . . 1000 kW	66	58	93	107,5	107,5	107,5
Moskauer Straßenbahn-Kraftwerk . . . . „ „	18	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5
Überlandwerk Lenin in Schatura . . . . „ „	27	48	92	136	136	136
Staatskraftwerk Klasson in Bogorodsk . . . . . . „ „	30	36	36	51	58,5	58,5
Überlandwerk Kaschira . . . . „ „	12	12	34	78	122	122
Kleine Kraftwerke . . . . „ „	4	7	—	—	—	—
Neues Kraftwerk . . . . „ „	—	—	—	—	40	120
Gesamtleistung aller Kraftwerke . . . . „ „	157	199,5	293,5	411	502,5	582,5
Höchstbelastung normal . . . . „ „	172	222	280	337	416	500
„ bei künstlicher Verminderung (s. o.) „ „	139,1	190	250	—	—	—
Zuwachs der normalen Höchstbelastung gegenüber dem Vorjahr vH	38,7	29,1	26,1	20,4	23,4	20,2
Leistungsvorrat der Kraftwerke, bezogen auf die verminderte Höchstbelastung . . . . „	12,9	5	17,4	22	20,8	16,5
Voraussichtliche Arbeitsabgabe . . . . Mill. kWh	585	740	1060	1300	1600	1900

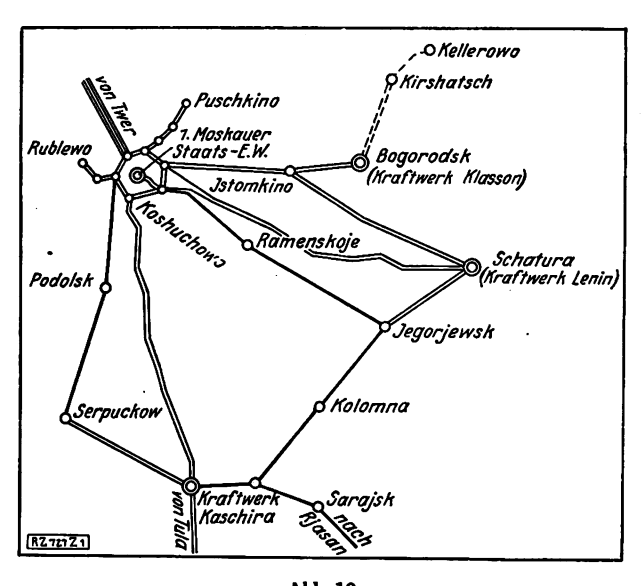


Abb. 10
Hochspannungsleitungen des Moskauer Gebietes nach dem geplanten Ausbau 1931/32.

Die in Zahlentafel 2 ausgedrückten Erweiterungsarbeiten sehen für die einzelnen Kraftwerke folgende vor:

Erstes Moskauer Staatskraftwerk Smidowitsch: Im Laufe des Jahres 1927 werden drei Turbodynamos abgebaut, wodurch die Leistungsfähigkeit auf 58 000 kW sinkt; sie wird dann durch neue Turbosätze bis auf 107 500 kW erhöht.

Das Moskauer Straßenbahn-Kraftwerk wird durch Aufstellung eines neuen Turbosatzes und Wiederherstellung eines alten für eine Leistung von 38 500 kW erweitert; es ist zum Ausgleich der Spitzenbelastung bestimmt. Seine weitere Vergrößerung hängt von der Höchstbelastung und von der Leistungsfähigkeit der Überlandwerke ab.

Im Überlandwerk Lenin in Schatura werden neue, bereits bestellte Turbosätze für eine Höchstleistung von 136 000 kW eingebaut.

Überlandwerk Klasson in Bogorodsk unweit Moskau (ehem. „Elektroperedatscha"): Durch neue Kessel und Turbosätze soll die Leistung allmählich auf 58 500 kW erhöht werden.

Überlandwerk Kaschira: Bis 1930/31 werden jedes Jahr neue Turbosätze bis 122 000 kW Gesamtleistung aufgestellt. Die Kesselanlage wird schon jetzt für Kohlenstaubfeuerung eingerichtet. Als Brennstoff wird minderwertige Kohle des Moskauer Bezirkes benutzt.

Ein neues Kraftwerk, mit einer Leistung von 40 000 kW, später 120 000 kW, wird auf den Torffeldern „Orschinski Moch", unweit Twer, erbaut. Die meisten Kraftwerke der Moskauer Vereinigung werden für örtliche Brennstoffe, hauptsächlich für Torf, eingerichtet.

Das Erste Moskauer Staatskraftwerk verfeuert Naphtha, das Straßenbahn-Kraftwerk Steinkohle; für die nächste Zukunft ist auch hier ausschließlich Kohlenstaubfeuerung vorgesehen.

Die Erweiterung der Überlandwerke, die Torf als Brennstoff benutzen, stellt erhöhte Forderungen an die Technik der Torfgewinnung[2]). In Zahlentafel 3 ist die Torfgewinnung bis einschließlich 1932 für die Überlandwerke Klasson und Lenin und für das neue Kraftwerk bei Twer zusammengestellt.

Wie aus Zahlentafel 3 ersichtlich ist, bleibt in den letzten Jahren die Torfgewinnung für das Überlandwerk Klasson unverändert 360 360 t; dies erklärt sich aus der beschränkten Ergiebigkeit des örtlichen Torffeldes, das eine Leistungserhöhung des Kraftwerks über 58 500 kW nicht gestatten würde. Wie sehr die Torfgewinnung steigt, ersieht man aus einem Vergleich mit den Zahlen aus den Vorkriegsjahren. Nur dank der Entwicklung der Torfgewinnungstechnik, besonders des Hydrotorfs[3]), um

[2]) Vergl. Z. Bd. 68 (1924) S. 585.

Zahlentafel 3
Die Torfgewinnung für die Moskauer Kraftwerke von 1921 bis 1931

Jahr	Überlandwerk Klasson t	Überlandwerk Lenin t	Neues Überlandwerk bei Twer t	Insgesamt t
1921	144 960	—	—	144 960
1922	152 670	—	—	152 670
1923	217 525	—	—	217 525
1924	315 150	—	—	315 150
1925	243 570	—	—	243 570
1926	270 270	303 030	—	573 300
1927	343 980	442 260	—	786 240
1928	360 360	671 580	—	1 031 940
1929	360 360	819 000	—	1 179 360
1930	360 360	819 000	98 280	1 277 640
1931	360 360	819 000	327 600	1 506 960
1932	360 360	819 000	720 720	1 900 030

die sich der verstorbene Dipl.-Ing. Klasson große Verdienste erworben hat, wird es möglich sein, den neuen großen Bedarf an Torf zu decken.

Die Hochspannungsleitungen des Moskauer Gebietes

Entsprechend der Erweiterung der Kraftwerke wird auch das Hochspannungsleitungsnetz ausgebaut. Abb. 1 zeigt die Hochspannungsleitungen des Moskauer Gebietes nach dem geplanten vollen Ausbau in den Jahren 1931/32. Das Klasson-Kraftwerk ist mit Moskau durch eine Doppelleitung für 115 kV statt wie bis jetzt 70 kV verbunden. Das Kraftwerk Lenin wird mit Moskau durch eine Doppelleitung für 115 kV und eine dritte Leitung über Jegorjewsk – Ramenskoje verbunden. Mit einer Doppelleitung derselben Spannung wird das Überlandwerk Lenin in Schatura über das Unterwerk Istomkino auch mit dem Klasson-Werk verbunden. Eine Leitung über Kolomna, den Sitz der Metallindustrie, verbindet die Überlandwerke Schatura und Kaschira untereinander. Das Überlandwerk Kaschira wird durch eine Doppelleitung unmittelbar mit dem Moskauer Unterwerk Koshuchowo und über die Industriestädte Serpuchow und Podolsk mit dem Moskauer Leitungsring verbunden. Die Leitungen von Kaschira nach Rjasan und Tula werden für 115 kV statt nur bisher 33 kV umgebaut. Vom Klassonwerk führen dann nördlich Leitungen für 70 kV nach Kirshatsch, dem Sitz großer Textilfabriken, und Kellerowo, wo Kupferwalzwerke sind. Von dem auf den Torffeldern bei Twer geplanten neuen Kraftwerk werden zwei Doppelleitungen für 115 kV nach Moskau führen. Die übrigen Leitungen im Moskauer Gebiet werden für 30 kV gebaut.

Bei der Planung des Leitungsnetzes ist darauf Rücksicht genommen worden, daß die Verbraucher den Strom durch Doppelleitungen oder von zwei Seiten erhalten.

Von besonderer Bedeutung ist die zuverlässige Stromversorgung Moskaus. Um die Stadt wird ein Doppelleitungsring für 115 kV gebaut, dem in verschiedenen Punkten der Strom von den Überlandwerken zugeführt wird. In fünf Punkten werden Freiluft-Unterwerke errichtet als Verteilpunkte für die Ringleitung und als Unterwerke zur Speisung der Luftleitungen und Kabel niedrigerer Spannung. Zu diesem Zwecke werden in jedem Unterwerk Transformatoren mit drei Wicklungen für 115 000/30 000/6600 V aufgestellt, so daß die Stromversorgung der Verbraucher innerhalb und außerhalb des Leitungsringes mit 30 000 und 6600 V möglich sein wird.

Der Ausbau der Kraftwerke und Leitungsnetze setzt den Anschluß der im Moskauer Gebiete befindlichen industriellen Unternehmungen voraus, die zum großen Teil eigene Kraftwerke besitzen und die wirtschaftlichen Vorteile des Strombezuges von großen Kraftwerken nicht recht einsehen wollen. Nur durch wesentlich billigere Strompreise der großen Werke und durch zuverlässige Stromlieferung kann ihr Anschluß erreicht werden.

An der Lieferung der Kraftmaschinen, Transformatoren und Schaltanlagen ist die deutsche elektrotechnische Industrie in großem Umfange beteiligt. [M 727]

Wien — A. Brauner

[3]) Vergl. Z. Bd. 68 (1924) S. 601

Kleine Mitteilungen

Amerikanische Aussichtswagen

Acht von der Pullmann Car and Manufacturing Corporation gebaute Aussichtswagen sind jetzt bei der Union Pacific-Bahn in Dienst gestellt worden. Untergestell und Gerippe dieser 25 m langen Wagen bestehen aus Stahl. Das Gewicht mit Einschluß der ganzen Einrichtung beträgt 70 t. Jeder Wagen hat 26 Sitzplätze. Ferner haben zwei Abteile obere Betten. Eine Rasierstube, je ein Schreib-, Rauch- und Badeabteil dienen der Bequemlichkeit der Reisenden. Der Wagen wird elektrisch beleuchtet und durch Dampf geheizt. Auf die Innenausstattung ist besondere Sorgfalt gelegt. („Railway Age" 12. November 1927 S. 933*)
[N 999 a] Krs.

Ein neues Gerät für Luftheizungen

Die Firma Musgrave & Co., Ltd., Belfast, hat eine neuartige Luftheizanlage auf den Markt gebracht, die wegen ihrer geringen Anschaffungs- und Anlagekosten, wegen der sehr einfachen Anpassung an etwaige Erweiterungen oder Veränderungen der Räume, wegen des sehr geringen Platzbedarfes und wegen der Möglichkeit, jederzeit auch die Lüftung durch Ansaugen von Frischluft zu regeln, für industrielle Anlagen Beachtung verdient. Das Gerät, das an irgendeiner Stelle der Wand, für kleinere Räume auch an Säulen oder Stützen, angebracht werden kann, arbeitet so, daß Frischluft oder Raumluft von diesem Lüfter angesaugt, im Innern durch dampfbeheizte Rohre erwärmt und dann mit mäßiger Geschwindigkeit in breitem Strahl wieder ausgestoßen wird. Eine kleinere Bauart arbeitet mit einem, die größere mit zwei Lüftern. Die kleinere Anlage gibt rd. 25 000 kcal in 1 h ab. („The Engineer" 18. November 1927 S. 568) [N 999 b] Pt.

Schaben oder Schleifen?

Die Führungsflächen, insbesondere an Werkzeugmaschinen, werden heute noch zum größten Teil durch Schaben mit der Hand fertig bearbeitet; erst ganz allmählich beginnt das Schleifen sich für diese Arbeit durchzusetzen. Die Bullard Machine Tool Co., eine der führenden amerikanischen Werkzeugmaschinenfabriken, hat jetzt mit Verwendung einer von der Chemnitzer Firma Schmirgelwerk Dr. R. Schönherr gebauten Führungsbahnen-Schleifmaschine[1]) gute Erfahrungen gemacht. Die Maschine erfüllt zur vollen Zufriedenheit die beiden Hauptforderungen des Abnehmers: Genaue Führung und mechanische Zustellung des Werkzeuges einerseits und Unveränderlichkeit der Form des Werkzeuges anderseits. Die Ölhaltigkeit der geschliffenen Flächen ist nach dem erwähnten amerikanischen Bericht nicht nur der von geschabten Flächen gleichwertig, sondern überlegen. Die Verringerung der Bearbeitungskosten beträgt in vielen Fällen 75 vH und mehr. („American Machinist" 12. November 1927 S. 535) [N 999 c] Hä.

[1]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) Nr. 23 S. 817.

Rauchbekämpfung in Amerika

Oberflächliche Schätzungen haben ergeben, daß in den Vereinigten Staaten jährlich etwa 60 Mill. t Brennstoff in Qualm und Rauch verwandelt werden. In St. Louis, das besonders unter der Rauchplage zu leiden hat, sind die industriellen Kreise, insbesondere Großkesselbesitzer und Besitzer andrer Feuerungsanlagen, zur Einleitung eines „Rauchbekämpfungs-Feldzuges" geschritten. Die Haupttätigkeit liegt in erzieherischer und unterweisender Richtung. Um den Gedanken der Rauchbekämpfung in weitere Kreise zu tragen, ist eine besondere Feuerungsschule mit praktischen und theoretischen Vorführungen gegründet worden. Von Zeit zu Zeit wird auch die Presse mit geeigneten Aufklärungsaufsätzen versehen. Die Stadt ist in Bezirke geteilt, von denen jeder unter der Aufsicht eines Obmannes steht, der ständig die Feuerungsanlagen zu überwachen hat. („Mech. Engineering" November 1927 S. 1216)
[N 999 d] Th.

Farbspritzen ohne Farbdunstbelästigung

Für die Firma Fisher Body Corp, Detroit, ist von der Firma R. C. Mahon Co., Detroit, eine neuartige Lackieranstalt der Tunnelbauart für fließende Fertigung von Kraftwagenteilen gebaut worden. Der rund 21 m lange Tunnel hat sieben Dunsthauben, von denen jede in einen Schornstein von rund 1 m Dmr. ausläuft, durch den die Farbdünste von Lüftern (Leistung 280 m³/min) abgesaugt werden. Beleuchtet wird der Tunnel mit 28 außerhalb des Tunnels angebrachten 1000-W-Lampen. An den Lackiertunnel ist ein Tieftemperatur-Tunneltrockenofen angeschlossen, in den durch gewundene Röhren warme Druckluft eingeblasen wird. Unmittelbar neben dem Tunnel, der in den übrigen Fabrikräumen liegt, können andere Arbeiten durchgeführt werden, ohne daß die Arbeiter von den Farbdünsten belästigt werden.

Ist ein mehrmaliger Anstrich notwendig, so wird man mehrere solcher Anlagen, bestehend aus Spritzlackiertunnel und Trockenofentunnel, hintereinanderschalten.
(„The Iron Age" 10. November 1927 S. 1309*)
[N 999 f] Gw.

Brücken mit eigenartiger Stützung der Rampen

Die beiden Brücken über den Arthur-Kill-Fluß zwischen Staten Island und New Yersey, die gegenwärtig im Bau sind, unterscheiden sich besonders dadurch von andern Brücken gleicher Größe, daß infolge der Ungunst der Bodenverhältnisse die Rampen auf beiden Ufern durch eine große Zahl verhältnismäßig nahe beieinander stehender Pfeiler aus Eisenbeton gestützt werden. Jeder dieser Pfeiler besteht aus zwei Säulen, die durch ein die Rampe tragendes Bogenstück miteinander verbunden sind. Die höchsten dieser Säulen sind rd. 40 m hoch.

Bei der größeren der beiden Brücken kommen auf eine Rampe von rd. 1430 m Länge insgesamt 51 Pfeiler, während die andre von rd. 580 m Länge 21 solcher Pfeiler aufweist. Die Rampen der andern Brücke haben 35 und 36 Stützen. Beide Brücken sind als Kragträgerbrücken ausgeführt. Die eine Brücke von 640 m Länge ruht auf 6 Stützen, die mittlere Öffnung hat rd. 230 m Spannweite. Die kleinere Brücke mit vier Stützen ist insgesamt 355 m lang, die Hauptöffnung hat rd. 205 m Spannweite. Bei beiden Brücken beträgt die lichte Höhe der Hauptöffnung über dem Wasserspiegel rd. 47 m. („Engineering News-Record", 10. November 1927 S. 744*) [N 999 e] Sd.

BÜCHERSCHAU

Handbuch der Kokerei. Herausgeg. von Wilhelm Gluud. Verf. von G. Schneider und H. Winter. 1. Bd. Halle a. d. S. 1927, Wilhelm Knapp. 302 S. m. 155 Abb. Preis 29 ℳ.

Das Vorwort hebt mit Recht hervor, daß ein umfassendes Handbuch der Kokerei sich trotz mancher Arbeiten auf diesem Gebiet als Bedürfnis herausgestellt hat. Die Herausgabe eines solchen Handbuches kann also des Dankes der beteiligten Fachkreise gewiß sein.

Der vorliegende 1. Teil, der dem Kokereibetrieb im engeren Sinne gewidmet ist, — der 2. und letzte Band soll sich mit den Erzeugnissen des Kokereibetriebes und ihrer Weiterverarbeitung befassen — behandelt in einem allgemeinen, im wesentlichen von Dr. Winter bearbeiteten Teile die wissenschaftliche Grundlage der Kohlenchemie und Kokerei und geht sodann in einem besonderen Teile, den Dr. Schneider übernommen hat, auf den Gang der Kohle vom Schacht zum Koksofen und durch diesen hindurch ein.

Der allgemeine Teil erörtert die Entstehung und den chemischen Aufbau der Steinkohle, ihr Vorkommen in den verschiedenen Ländern, ihre Elementarzusammensetzung, ihr Verhalten im Koksofen, ihre Verwitterung, Selbstentzündung und physikalischen Eigenschaften und sodann die Arten und Begleiterscheinungen der Destillation.

Im besonderen Teil wird zunächst die Auswahl und Beschaffenheit der Kokskohle und ihre Vorbereitung zur Verkokung (d. h. die Aufbereitung, Trocknung usw.) besprochen und sodann auch die Brikettierung kurz gewürdigt; daran schließt sich die Behandlung der Anlagen und Einrichtungen zwischen Aufbereitung und Koksofen und eine eingehende Darstellung des Koksofens in seinem geschichtlichen Werdegang und seiner verschiedenartigen Ausgestaltung. Am Schlusse wird noch ein Überblick über die Dampferzeugung auf Kokereien gegeben.

Von den beiden im Vorwort genannten Zielen — einerseits Führung und Beratung für alle, die sich dem Kokereiwesen widmen wollen, anderseits Vertiefung und Anregung für die bereits darin tätigen Fachleute — kommt vorzugsweise das zweite zur Geltung, da die Darstellung für den erstgenannten Zweck nicht straff und klar genug gehalten

ist; die Verfasser treten im allgemeinen stark hinter den mit außerordentlichem Fleiß und großer Sachkenntnis zusammengetragenen Arbeiten der verschiedenen Forscher zurück, so daß das Buch mehr Fundgrube als Leitfaden geworden ist; auch die auf den einzelnen Gebieten erteilten Patente sind ausgiebig berücksichtigt.

[E 947] Fr. Herbst

Die deutsche Braunkohlenindustrie, 3. Bd.: **Die Chemie der Braunkohle.** Herausgeg. von E. Erdmann und M. Dolch. 2. Aufl. Halle a. d. S. 1927, Wilhelm Knapp. 321 S. m. 191 Abb. Preis 42 *M*.

Ein neues Buch, ein höchst wertvolles Werk, die Enzyklopädie der Chemie und der chemischen Verwertung der Braunkohle, und dennoch mit einem Geburtsfehler behaftet, den der Herausgeber selbst kennt und erwähnt: „Die letzten Fortschritte auf technischem Gebiet erscheinen daher beim Hinausgehen des Werkes nicht mehr berücksichtigt.“ War dem wirklich nicht abzuhelfen, selbst auf die Gefahr, daß sich dadurch die Herausgabe des Werkes um einige Wochen verzögert? Denn gerade in der letzten Zeit sind auf diesem Gebiet der chemischen Nutzbarmachung der Braunkohle wie ihrer Destillationsstoffe so große Fortschritte gemacht worden, daß ihre Erwähnung durch ein etwas späteres Erscheinen des Buches nicht zu teuer erkauft wäre.

So vermißt man, um ein Beispiel anzuführen, die auf dem Gebiete der Schwelerei umwälzend wirkenden Öfen der Kohlenveredlungs A.-G., die schon auf eine mehrjährige Betriebsdauer zurückblicken können. Dafür ist ein längerer Abschnitt den Schweldrehöfen gewidmet, die sich bisher überhaupt noch nicht in die Braunkohlen-Teerindustrie einzuführen vermochten. Aber abgesehen davon schließt sich das Buch würdig den andern beiden Bänden über die deutsche Braunkohlenindustrie an.

Die ersten Fachleute auf dem Gebiete, wie Erdmann und Dolch und im technischen Teile Thau, Metzger, Bube, Heinze und der verstorbene Trenkler, haben das Werk zum unentbehrlichen Führer und Nachschlagwerk gemacht. Es behandelt Entstehung, Eigenschaft der Braunkohle und ihr Verhalten gegenüber den verschiedenen chemischen und physikalischen Einwirkungen. Im technischen Teile wird geschildert: die Schwelung der Kohle, die Verarbeitung des Teers, die Vergasung und schließlich die Gewinnung des Braunkohlenbitumens (Montanwachs). Besonders der letzte Abschnitt behandelt das Thema in einer Ausführlichkeit, wie sie bis jetzt noch nicht geboten wurde. Sehr erwünscht ist der reichhaltige Literaturnachweis. Die Ausstattung des Buches ist vorzüglich. Eine besondere Empfehlung des Werkes erübrigt sich, da es sich jeder Fachmann so wie so anschaffen wird. [E 962] Graefe

Der metallische Werkstoff, 3. Bd.: **Modernes elektrolytisches Überziehen.** Von W. E. Hughes. Übersetzt von M. Keinert. Leipzig 1927, Akademische Verlagsgesellschaft. 229 S. Preis 15 *M*.

Unter den im deutschen Schrifttum vorhandenen Werken über Galvanotechnik nimmt das Buch insofern eine Sonderstellung ein, als sich sein Inhalt fast ausschließlich an den auf diesem Fachgebiet tätigen Chemiker und Elektrochemiker wendet. Daher werden rein praktische Arbeiten, z. B. die mehr oder weniger rein handwerksmäßigen Arbeiten des Vorbehandelns und Nachbehandelns der Werkstücke beim Galvanisieren (Entfetten, Dekapieren, Polieren, Mattieren und dergl.) nur auszugweise behandelt; ferner wird der Aufbau der galvanischen Bäder und die Einrichtung galvanischer Anstalten mit allen ihren Zubehörteilen nur ganz flüchtig gestreift.

Der Hauptwert des Buches liegt darin, daß es dem deutschen Leser die wichtigeren, in englischer Sprache erschienenen neueren galvanotechnischen Arbeiten in Form einer guten und zusammenhängenden, wenn auch stellenweise etwas breit geratenen Darstellung nahebringt. Hierbei wird keine Behandlung aller Arten von Galvanisierungen angestrebt, z. B. auf die Beschreibung der Versilberung, der Vergoldung, der Vermessingung sowie der elektrolytischen Metallfärbungen verzichtet, und es werden nur die Überzüge von Eisen, Nickel, Zink, Blei, Zinn, Kupfer, Kadmium sowie die ersten ausländischen und deutschen Arbeiten über das Verchromen erwähnt. Neben den wichtigen Bädern werden die Niederschlagbedingungen der einzelnen Metalle behandelt und zwar im Sinne der neuzeitlichen Metallkunde unter ausgiebiger Verwendung guter Gefügebilder elektrolytischer Metallniederschläge und unter ausführlicher Darstellung der mechanischen und chemischen Verfahren zur Prüfung der Niederschläge.

Die Übersetzung schließt sich an das englische Original absichtlich möglichst wortgetreu an. Sie dürfte an Wert gewonnen haben, wenn an einzelnen Stellen die dem deutschen Praktiker geläufigen Fachausdrücke gewählt worden wären.

Für den auf dem galvanischen Fachgebiete mehr oder weniger wissenschaftlich arbeitenden Chemiker oder Ingenieur dürfte das vorliegende Buch in seinen Sonderdarstellungen eine Bereicherung des vorhandenen Schrifttums bilden. Das Buch wird auch dem deutschen Fachmann manche wertvolle Anregung bieten.

[E 935] Dr.-Ing. Georg Eger

Die Ölfeuerungstechnik. Von O. A. Essich. 3. Aufl. Berlin 1927, Julius Springer. 128 S. m. 253 Abb. Preis 8 *M*.

Distillation des combustibles à basse température. R. Courau und Henri Besson. Paris 1928, Gaston Doin & Cie. 356 S. m. 75 Abb. Preis 40 Fr.

Neue Tabellen und Diagramme für Wasserdampf. Von Richard Mollier. 5. Aufl. Berlin 1927, Julius Springer. 28 S. m. 2 Taf. Preis 2,70 *M*.

Mitteilungen aus dem Materialprüfungsamt und dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Metallforschung zu Berlin-Dahlem. Sonderheft Nr. 3. Berlin 1927, Julius Springer. 243 S. m. 434 Abb. Preis 24 *M*.

Einzelkonstruktionen aus dem Maschinenbau, 1. H.: **Die Zylinder ortfester Dampfmaschinen.** Von H. Frey. 2. Aufl. Berlin 1927, Julius Springer. 42 S. m. 131 Abb. Preis 3 *M*.

Werkstattbücher, 4. H.: **Wechselräderberechnung für Drehbänke.** Von Georg Knappe. 2. Aufl. Berlin 1927, Julius Springer. 65 S. m. 13 Abb. Preis 1,80 *M*.

Werkstattbücher, 9. H.: **Rezepte für die Werkstatt.** Von Fritz Spitzer. 2. Aufl. Berlin 1927, Julius Springer. 72 S. Preis 1,80 *M*.

Sammlung Göschen, 799. Bd.: **Die Elektromotoren. Ihre Arbeitsweise und Verwendungsmöglichkeit.** Von F. Niethammer. 2. T. 2. Aufl. Berlin und Leipzig 1927, Walter de Gruyter & Co. 88 S. m. 62 Abb. Preis 1,50 *M*.

Quantitative Analyse durch Elektrolyse. Begründet von Alexander Classen. 7. Aufl. von A. Classen und Heinrich Danneel. Berlin 1927, Julius Springer. 399 S. m. 78 Abb. Preis 24 *M*.

Die Fermente und ihre Wirkungen. 3. Bd.: **Die Methodik der Fermente.** Herausgeg. von Carl Oppenheimer und Ludwig Pincussen. 1. Lfg. Leipzig 1927, Georg Thieme. 320 S. m. 181 Abb. Preis 28 *M*.

Einführung in die höhere Mathematik. Von Fritz Wicke. 1. u. 2. Bd. Berlin 1927, Julius Springer. 921 S. m. 404 Abb. Preis je Bd. 24 *M*.

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß. In Vertr. K. Meyer. Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7



ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

Bd. 71 SONNABEND, 10 DEZEMBER 1927 Nr. 50

Das zehnte internationale Seeflugzeugrennen um die Schneider-Trophäe in Venedig

Von Dipl.-Ing. F. Goßlau, Charlottenburg

(Hierzu Textblatt 23 bis 26)

Vorgeschichte und technische Entwicklung — Flugzeuge und Motoren des Rennens 1926 — Wettbewerb in Venedig 1927: Kirkham-Doppeldecker mit 24zylindrigem Packard-X-Motor von 1250 PS; Doppeldecker, Bauart Gloster III und IV, mit 12zylindrigem Napier-Lion-Motor von 900 PS; Tiefdecker, Bauart Supermarine S 4 und S 5; Short-Bristol-Crusader mit luftgekühltem 9 zylindrigem Bristol-Merkur-Motor von 8.0 PS; Tiefdecker, Bauart Macchi 52, mit 12zylindrigem Fiat-Motor AS 3 von 1000 PS — Verlauf des Rennens

Am 25. September 1927 fand in Venedig, Abb. 1, zum zehnten Male das heute schon als klassisch anzusprechende internationale Rennen der Seeflugzeuge um die Schneider-Trophäe statt. Dieses Ereignis, auf das jedesmal die Augen aller fliegenden Nationen mit größtem Interesse gerichtet sind, hat heute eine bereits vierzehnjährige Geschichte und darf es für sich in Anspruch nehmen, die Entwicklung des schnellen Seeflugzeuges mächtig gefördert zu haben.

Vorgeschichte

Im Jahre 1913 stiftete Jacques Schneider, der Teilhaber der bekannten französischen Waffenfabriken Schneider-Creuzot, als begeisterter Anhänger der Fliegerei jenen Geschwindigkeitspreis, um den seither die Seeflugzeuge der Nationen mit wechselndem Erfolge gekämpft haben.

Jedes Land kann sich der Ausschreibung gemäß an dem Wettbewerb mit höchstens drei Flugzeugen beteiligen und den Preis endgültig gewinnen, wenn es innerhalb von fünf Rennen dreimal siegreich bleibt.

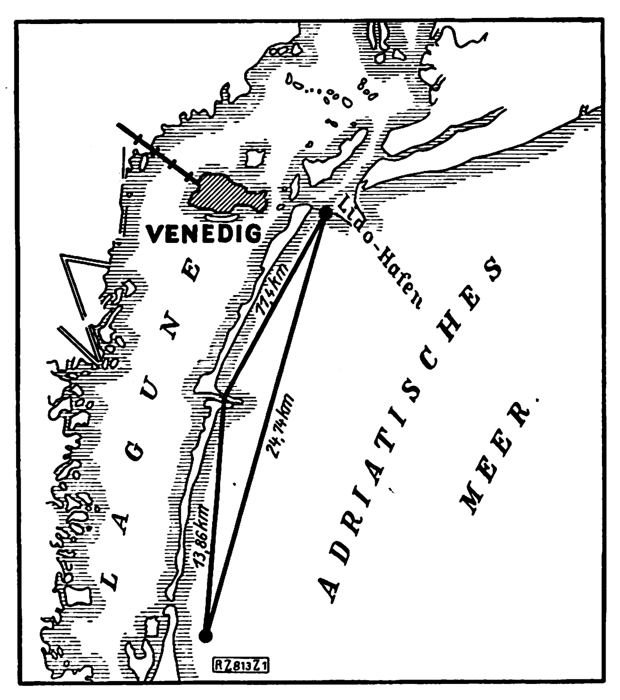


Abb. 1
Rennstrecke des internationalen Geschwindigkeits-Wettbewerbs der Seeflugzeuge, Venedig, September 1927. 7 Runden von je 50 km Länge.

Der erste Wettbewerb fand 1913 in Monaco statt, Abb. 2, ging über 178 km und wurde von Prévost auf einem Déperdussin-Eindecker mit 150 PS Gnôme-Umlaufmotor gewonnen. Die mittlere Geschwindigkeit wurde damals zu 72,08 km/h festgestellt.

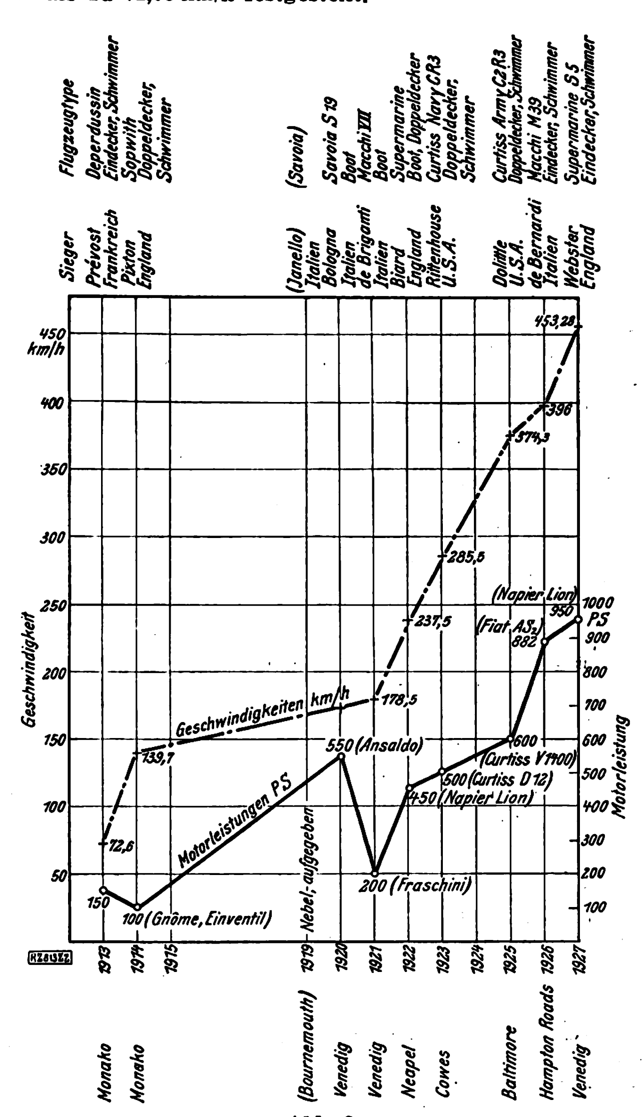
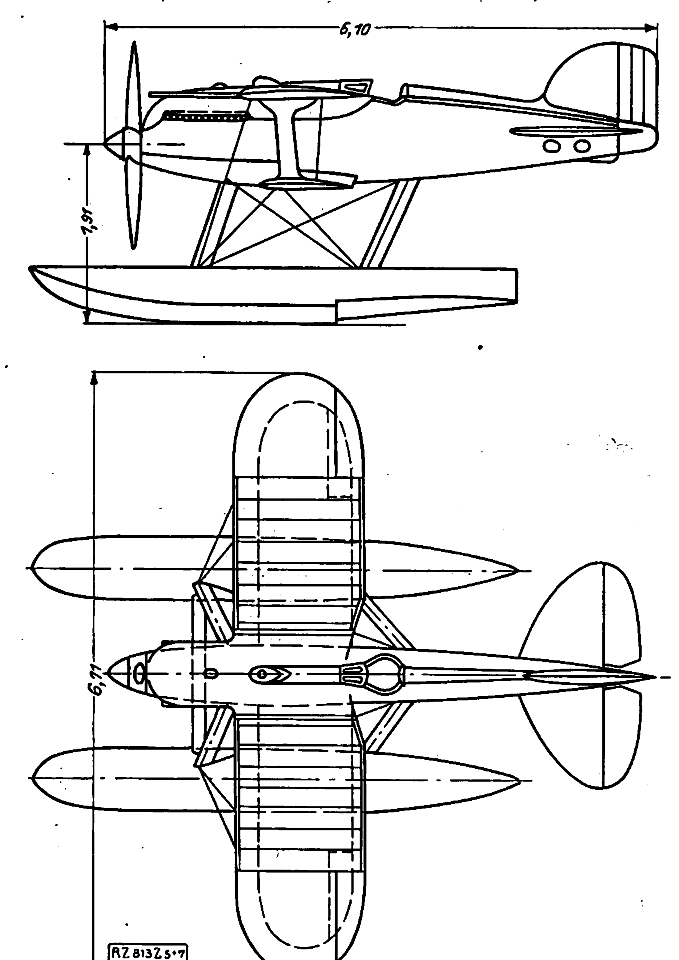


Abb. 2
Steigerung der Fluggeschwindigkeiten und Motorleistungen gelegentlich der Schneider-Seeflugwettbewerbe 1913 bis 1927



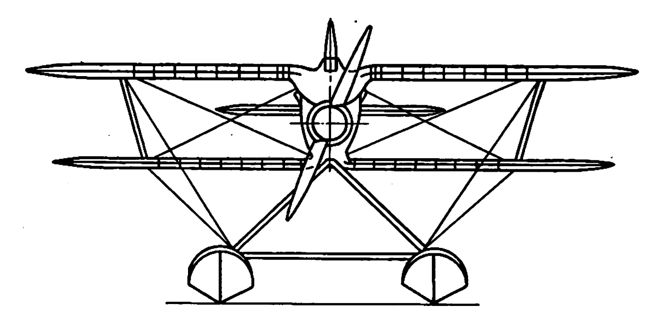


Abb. 5 bis 7
Curtiss-Doppeldecker R 3 C 2 mit 600 PS-Curtiss-Motor, Bauart 1925

Ein Jahr später war die Rennstrecke in Monaco auf 280 km verlängert worden, und England konnte dank der Geschwindigkeit von 139,7 km/h, die das von Pixton geführte Sopwith-Flugzeug erreichte, den Preis an sich bringen.

Das erste Seeflugzeug-Rennen um den Schneiderpreis nach dem Kriege, das bei Bournemouth (England) abgehalten werden sollte, stand im Zeichen des englischen Nebels, der so dick war, daß alle Wettbewerber auf den Austrag des Rennens verzichteten, bis auf den Italiener Janello, der sein Savoia-Doppeldecker-Flugboot in der erforderlichen Anzahl von Runden über die Strecke führte. Da er aber an den Wendemarken nicht gesehen werden konnte, so war eine Entscheidung über das Rennergebnis sehr schwierig. Man einigte sich schließlich dahin, das Rennen für ungültig zu erklären, den Preis selbst noch in England zu belassen, aber als Anerkennung für die tüchtige Leistung des Piloten die Organisation des nächsten Rennens an Italien zu übertragen, eine Aufgabe, die sonst nur dem siegenden Lande zukommt.

Das Jahr 1920 sah also Venedig zum erstenmal als Schauplatz des Schneider-Seeflugzeugrennens. Frankreich, England und Italien waren vertreten, und es gelang dem Savoia-Doppeldecker, mit einer Stundengeschwindigkeit von 172,48 km führend durchs Ziel zu gehen.

Zweimal noch, 1921 und 1922, fand das Rennen in Italien statt. In Venedig schlug das Flugzeug Macchi-Savoia mit 178,5 km/h wiederum alle Wettbewerber; aber 1922 in Neapel mußte Italien den Preis an England abgeben, das in dem Supermarine-Flugboot einen Doppeldecker ins Treffen führte, der mit 237,5 km/h die Flugleistungen gegenüber den Vorjahren sprunghaft verbesserte, Abb. 2.

1923 finden sich auch die Amerikaner zum erstenmal ein und gewinnen das Schneider-Rennen bei der Insel Wight. Ihr Curtiss-Doppelschwimmer-Doppeldecker, Baumuster CR 3, Abb. 3[1]), der bereits deutlich das Streben nach hoher Geschwindigkeit erkennen läßt, erreichte eine Geschwindigkeit von 285,43 km/h.

Bis zum nächsten Rennen vergehen nunmehr zwei Jahre; aber diese beiden Jahre sehen sämtliche Wett-

[1]) Abb. 3, 4, 8, 14, 28, 29 auf Textblatt 23, Abb. 16, 24, 41, 48, 58 auf Textblatt 24, Abb. 15, 17 bis 19 21, 23, 52 auf Textblatt 25, Abb. 33 bis 37 auf Textblatt 26.

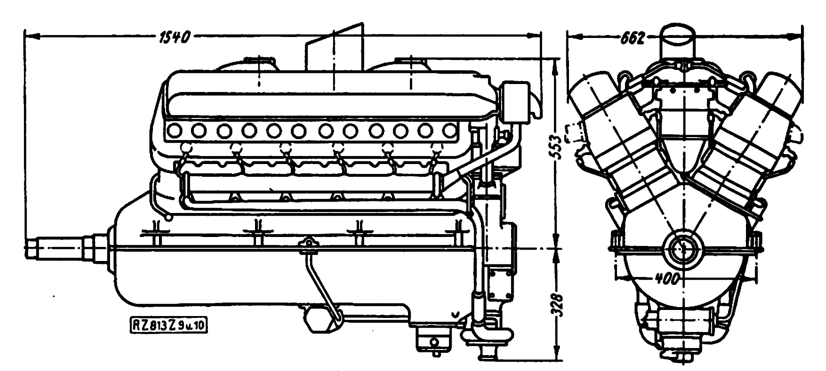


Abb. 9 und 10
700 PS-Curtiss-Motor V 1500, eingebaut beim Rennen 1926; Vergaser zwischen den Zylinder-Blöcken.

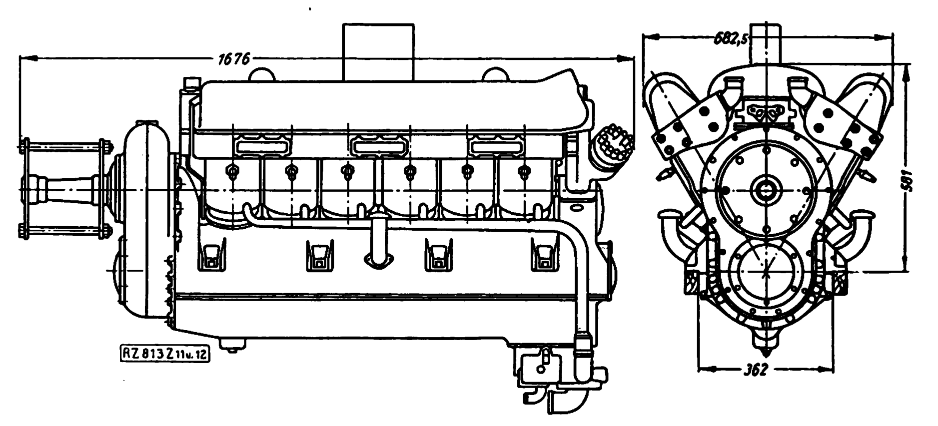


Abb. 11 und 12
700 PS-Packard V 1500 mit Getriebe; 12 wassergekühlte Zylinder in V-Form; je 4 Auslaßventile zweier benachbarter Zylinder mit gemeinsamem Auspuffstutzen.

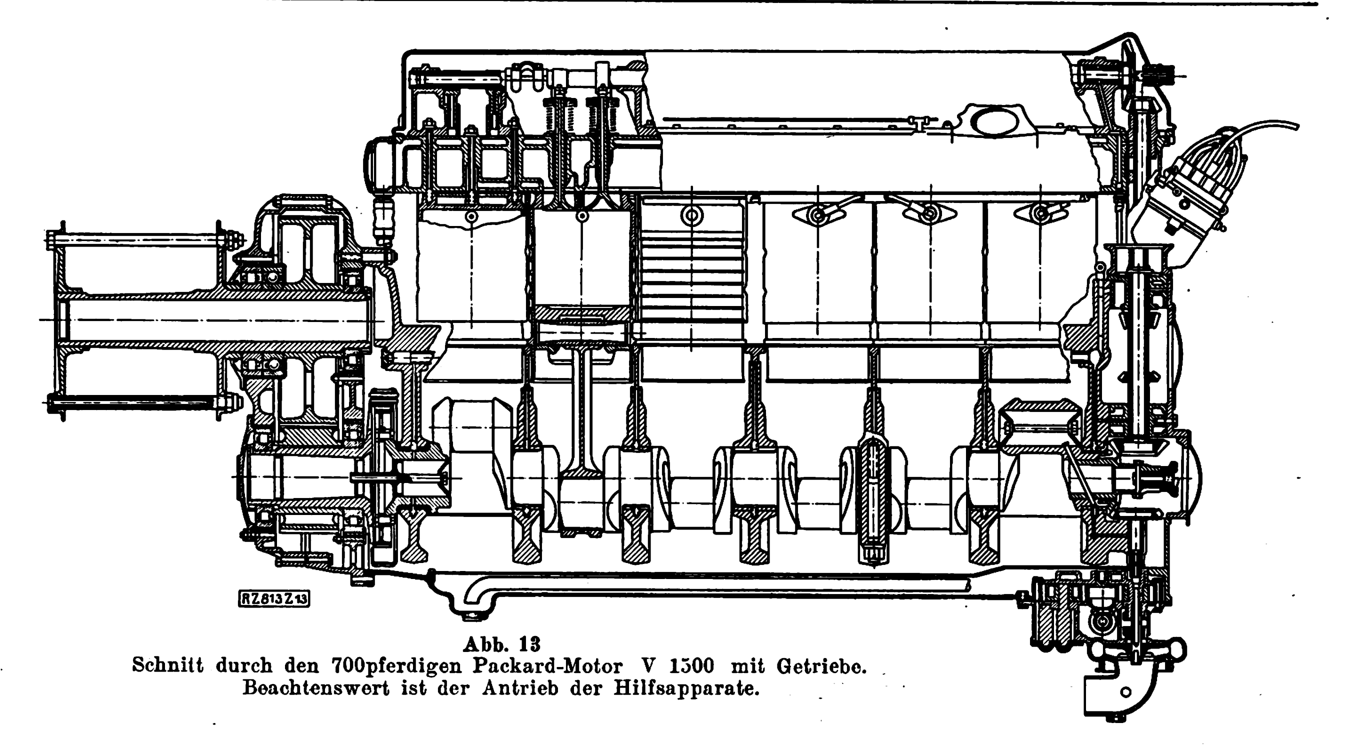


Abb. 13
Schnitt durch den 700pferdigen Packard-Motor V 1500 mit Getriebe. Beachtenswert ist der Antrieb der Hilfsapparate.

bewerber in eifrigen Vorbereitungen. Mit großer Spannung erwartet man das technische Ergebnis des Kampfes 1925 in Baltimore, der ein überraschend sicherer Erfolg für Amerika wird. Der 600 PS-Motor, Curtiss V 1400, sehr geschickt eingebaut in den rassigen Doppeldecker, Curtiss R 3 C 2, Abb. 4 bis 7, schlägt mit 374,5 km/h den folgenden Gegner um nicht weniger als 52,5 km/h und damit gleichzeitig den Geschwindigkeits-Weltrekord für Seeflugzeuge.

Das Rennen 1926 in Amerika

Zweimal hintereinander hatte Amerika die Schneider-Trophäe gewonnen. Sein Vorsprung war groß; England machte für 1926 die größten Anstrengungen. Das Luftfahrtministerium gab drei Rennflugzeuge in Auftrag; aber da die Motoren nicht fertig wurden, sah sich England gezwungen, auf die Beschickung des Rennens zu verzichten, das nun allein zwischen Amerika und Italien am 13. November 1926 in der Bai von Hampton-Roads (Virginia) ausgetragen wurde.

Amerika war mit drei Curtiss-Renndoppeldeckern R 3 C, Abb. 8, vertreten, wie sie auch am Wettbewerb des Vorjahres (1925) teilgenommen und von denen zwei auch das Pulitzer-Rennen, als Landflugzeuge mit Fahrgestell versehen, mitgeflogen hatten. Während die Zellen selbst gegen das Vorjahr kaum geändert waren, hatte man neue, vom Naval-Bureau of Aeronautics entworfene Schwimmer angebaut, deren Nase eine mehr abgerundete Form und deren senkrechter Längsschnitt an Stelle der geraden Kanten der früheren Bauart geschwungene Stromlinien zeigte; aber die Schwimmer der Italiener erwiesen sich doch noch als zweckmäßiger. Die steilere Hohlkielung der Macchi-Schwimmer ergab weicheren und kürzeren Abflug und selbst in kurzer und harter See geringeres Spritzwasser.

Zwei der amerikanischen Flugzeuge hatten die n e u e s t e n M o t o r e n bekommen, eine den 700 PS-Curtiss V 1500, Abb. 9 und 10, das andre den 700 PS-Packard V 1500, Abb. 11 bis 13, mit Getriebe. Das dritte Flugzeug, der Curtiss R 3 C 2 von 1925, blieb im Triebwerk unverändert und behielt den 600pferdigen Curtiss-Motor V 1400.

Sieger des Rennens wurde der italienische Capitain B e r n a r d i auf dem Tiefdecker Macchi 39 mit 880 PS-Fiat-Motor. Er rundete die Wendemarken auffällig weit, aber seine Geschwindigkeit betrug schließlich im Mittel 393,15 km/h.

Das siegreiche italienische Flugzeug, Abb. 14, ähnelte dem englischen Supermarine S 4, Abb. 39 bis 41, und war von C a s t o l d i entworfen worden. Es war ein Tiefdecker, dessen Flügel oben zwei, unten drei Kabel aufwiesen. Der Rumpf ruhte auf vier Streben über den Schwimmern, die in nur zwei Knotenpunkten an ihm eingriffen.

Diese Lösung ist offenbar recht geschickt, und sie findet sich auch bei den englischen Wettbewerbflugzeugen dieses Jahres. Die Wasserkühler lagen im Flügel, die Ölkühler vorn an der Unterseite des Rumpfes. Die Abmessungen des Flugzeuges sind in Zahlentafel 1 zusammengestellt.

Der ausgezeichnete Fiat-Motor AS 2, Abb. 15, Entwurf des Ingenieurs Z e r b i, war mit zwei Marcelli-

Zahlentafel 1
Flugzeuge der Schneider-Seeflugzeug-Wettbewerbe 1925 bis 1927

Wettbewerb	1925				1926		1927		
Flugzeugbauart	Gloster III	Supermarine S 4	Curtiss R 3 C 2	Macchi 33	Curtiss R 3 C–3	Macchi 39	Gloster IV	Supermarine S 5	Crusader
Spannweite m	6,09	10,64	6,68	—	6,6	9,26	7,0	9,0	8,4
Länge „	9,18	8,2	8,75	—	6,0	6,74	7,5	8,1	7,8
Höhe „	3,17	4,03	4,08	—	3,15	3,06	2,65	3,75	2,73
Tragfläche m²	14,1	12,65	13,4	—	13,4	14,5	13,6	15,1	13,5
Motor	Napier Lion	Napier Lion	Curtiss	Curtiss	Packard, Curtiss	Fiat	Napier Lion	Napier Lion	Bristol Merkur
Leistung PS	700	700	600	450	700	882	860	860	870
Gesamtgewicht des Flugzeuges kg	1200	1425	1240	—	1245	1300	1360	1430	1270
Flächenbelastung kg/m²	85	112,5	92,5	—	93	90	100	94,5	94
Leistungsbelastung kg/PS	1,72	2,04	2,06	—	1,78	1,48	1,58	1,66	1,46
Geschwindigkeit km/h	343	360	375	350	370,7	393,15	439,4	453,3	—
Flächenleistung PS/m²	49,6	55,3	44,8	—	52,5	60,8	63,3	57	64,4

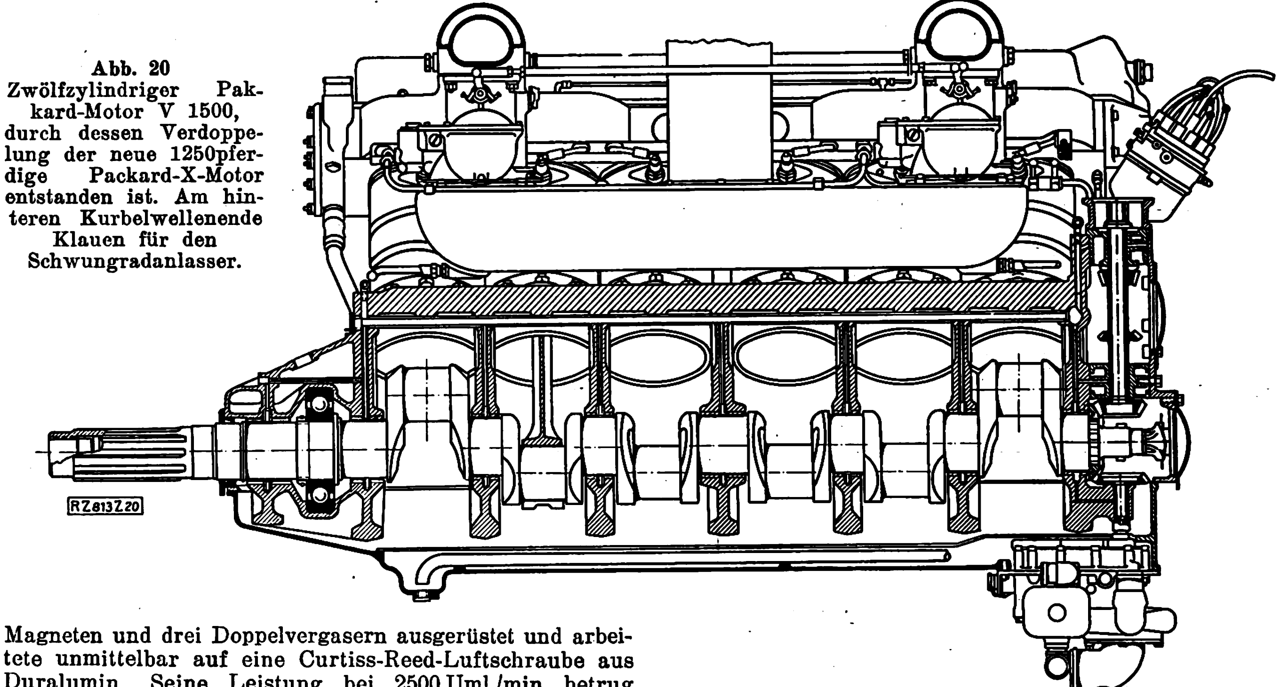


Abb. 20
Zwölfzylindriger Packard-Motor V 1500, durch dessen Verdoppelung der neue 1250pferdige Packard-X-Motor entstanden ist. Am hinteren Kurbelwellenende Klauen für den Schwungradanlasser.

Magneten und drei Doppelvergasern ausgerüstet und arbeitete unmittelbar auf eine Curtiss-Reed-Luftschraube aus Duralumin. Seine Leistung bei 2500 Uml./min betrug 880 PS, sein Einheitsgewicht nicht mehr als 0,467 kg/PS.

Das Rennen 1927 in Venedig

Bei der Tagung der Fédération Aéronautique Internationale in Rom im Oktober 1926 war angeregt worden, den Schneider-Wettbewerb in Zukunft nur noch alle zwei Jahre abzuhalten, weil sich die Fachleute darüber einig waren, daß ein solcher Zeitraum notwendig sei, um wirkliche Fortschritte aller Teilnehmer zwischen den einzelnen Veranstaltungen zu ermöglichen. Es ist nicht bekannt, weswegen trotzdem bereits in diesem Jahre wieder der Kampf ausgetragen wurde, zumal da Amerika amtlich um Verschiebung gebeten und mitgeteilt hatte, es könne zu dem angesetzten Zeitpunkt mit seinem Flugzeug nicht fertig werden.

Das amerikanische Flugzeug

Es ist inzwischen einiges über das amerikanische Rennflugzeug bekannt geworden. Dieser Zweischwimmer-Doppeldecker, Abb. 16, ist von der Kirkham Products Co., Long Island, N. Y., hergestellt. Im Gegensatz zu dem englischen Flugzeug Gloster IV weisen die Flächen in der Vorderansicht keine V-Form auf, sind aber ebenfalls durch einen schrägliegenden I-Stiel von beträchtlicher Breite miteinander verbunden. Die Übergänge vom Rumpf, der den Abstand zwischen den Flächen völlig ausfüllt, sind härter als beim Gloster, bei dem gerade hier auf beste Abrundung großer Wert gelegt ist.

Der Rumpf, der den in X-Form gebauten 4 × 6-zylindrigen Packard-Motor aufnimmt, muß notwendigerweise vorn ziemlich plump gehalten werden, geht aber allmählich aus Rechteckform in eine Kegelspitze über.

Die Schwimmerabstützung ist, entsprechend dem nicht geringen Gewicht des starken Triebwerks, kräftig durchgebildet. Die Schwimmerstreben stehen in der Seitenansicht senkrecht, und ihr Zwischenfeld weist je eine Schrägstrebe auf. Die Schwimmer aus Holz mit Duraluminboden hat man wie üblich durch zwei kräftige wagerechte Streben miteinander verbunden. Im Vergleich zu dem Unterbau des Gloster IV erscheint die amerikanische Ausführung sehr kräftig.

Es dürfte auch hierbei zum ersten Male der Fall auftreten, daß das Flugzeug sozusagen um den Motor herumgebaut ist. Die Augen für die Motorbefestigung stellen nämlich gleichzeitig Knotenpunkte der Rumpf- und Schwimmergestell-Konstruktion dar.

Der neue Packard-Motor von 1250 PS

Das Gewicht des 24zylindrigen Packard-Motors, Abb. 16 bis 19, der bei 2700 Uml./min 1250 PS leistet, wird mit 660 kg, also 0,525 kg/PS angegeben. Das Triebwerk ist eine Konstruktion von Wootson von der Packard-Motor-Car Company und eigentlich nur eine Verdoppelung des 12zylindrigen Packard-Motors, Bauart V 1500, Abb. 20. Dieser wurde ja bereits früher sowohl mit stehenden, als auch mit hängenden Zylindern ausgeführt, und der neue Motor stellt den Zusammenbau dieser beiden Bauarten mit einer gemeinsamen Kurbelwelle dar[2]).

Das Verdichtungsverhältnis des Packard X beträgt 7,5 : 1, die Bohrung 146, der Hub 127 mm, woraus sich ein Gesamt-Hubvolumen von 45 l und damit eine Liter-

[2]) Vergleicht man diesen amerikanischen Motor mit dem seit einigen Jahren bekannten englischen 1000pferdigen Napier-Cub-Motor, so erkennt man, daß in der Verminderung des Stirnwiderstandes und in der Zusammendrängung des Gesamtaufbaues ein beträchtlicher Fortschritt erreicht wurde, der diesen Motor vor dem Schicksal des Cub, wegen Einbauschwierigkeiten und zu großen Widerstandes aufgegeben zu werden, bewahren dürfte.

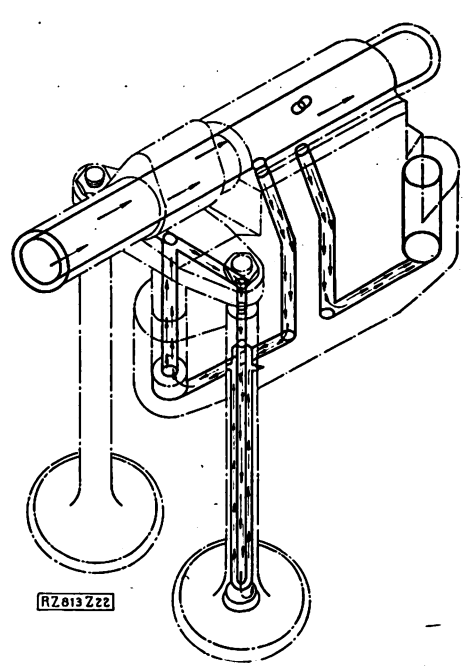


Abb. 22
Packard benutzt das Schmieröl zur Kühlung der Auslaßventile, eine sehr verwickelte Einrichtung. Der gleiche Erfolg ist mit einfacheren Mitteln erreichbar.

Goßlau: Das zehnte internationale Seeflugzeugrennen um die Schneider-Trophäe in Venedig

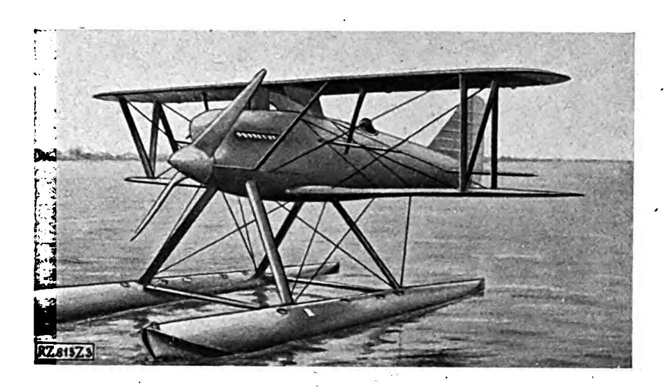


Abb. 3
Curtiss-Doppeldecker C R 3 mit 500pferdigem Curtiss-Motor D 12, Sieger 1923 mit 285,54 km/h. Weist noch viele Stiele und Drähte auf, die später wegfallen.

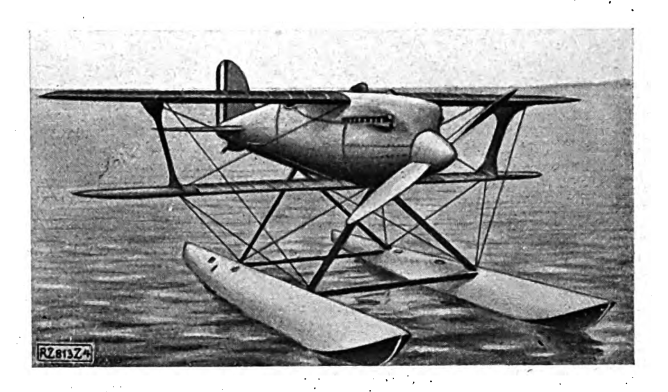


Abb. 4
Curtiss-Doppeldecker R 3 C 2, mit 377 km/h Sieger 1925. Wasserkühler in Ober- und Unterfläche.

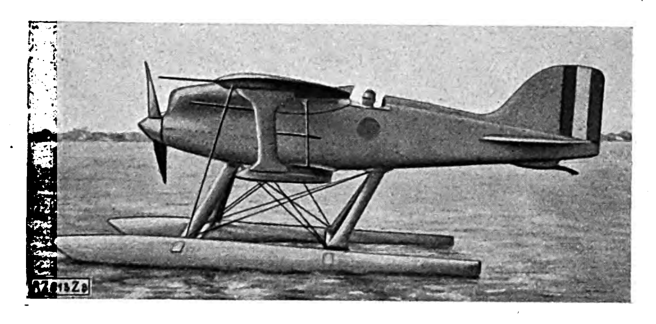


Abb. 8
Curtiss-Doppeldecker R 3 C, für den Wettbewerb 1926 entworfen und mit 700 PS-Motor, Bauart Curtiss oder Packard, ausgerüstet.

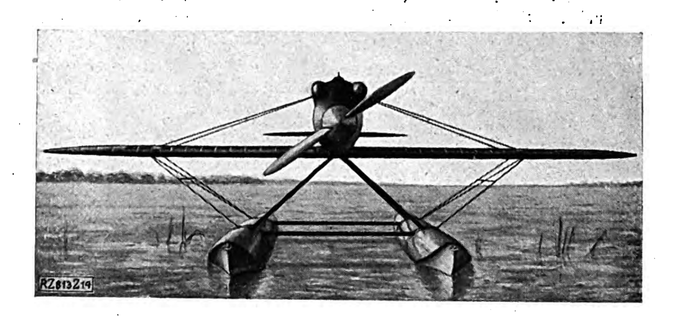


Abb. 14
Macchi 39, italienischer Tiefdecker, der mit 396 km/h das Rennen 1926 gewann.

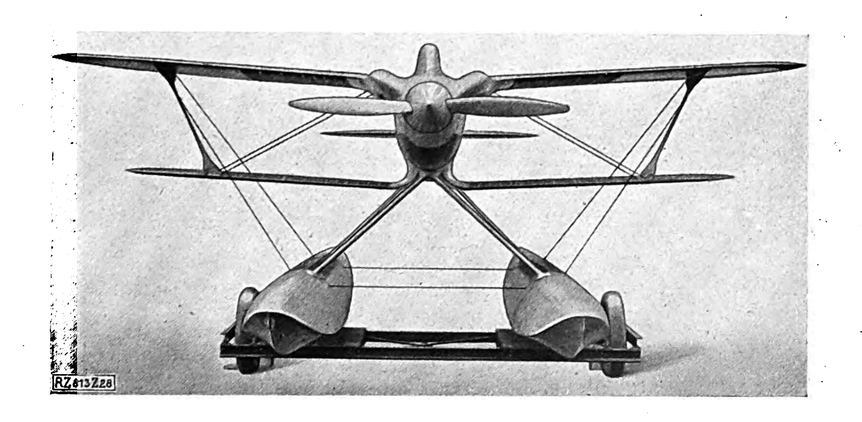


Abb. 28
Vorderansicht des Doppeldeckers Gloster IV. Flügel in leichter V-Form nach oben, Schwimmer-Zwischenstreben durch Spanndrähte ersetzt. Die Oberfläche der Schwimmer zwischen dem Streben bildet einen Teil des Wasserkühlers.

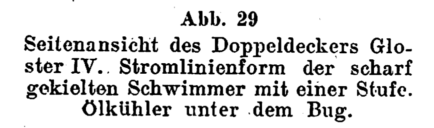
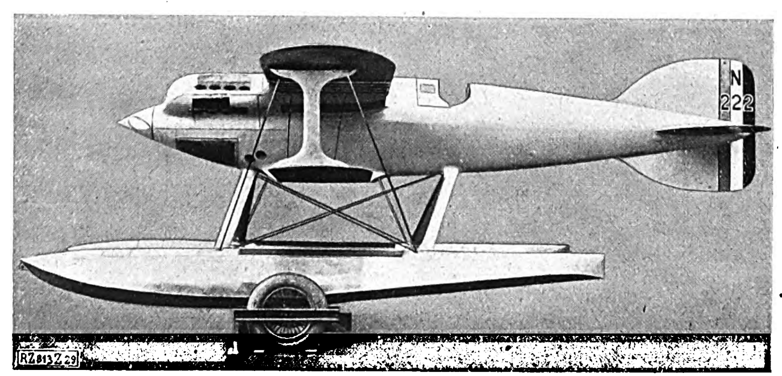


Abb. 29
Seitenansicht des Doppeldeckers Gloster IV. Stromlinienform der scharf gekielten Schwimmer mit einer Stufe. Ölkühler unter dem Bug.



Goßlau: Das zehnte internationale Seeflugzeugrennen um die Schneider-Trophäe in Venedig

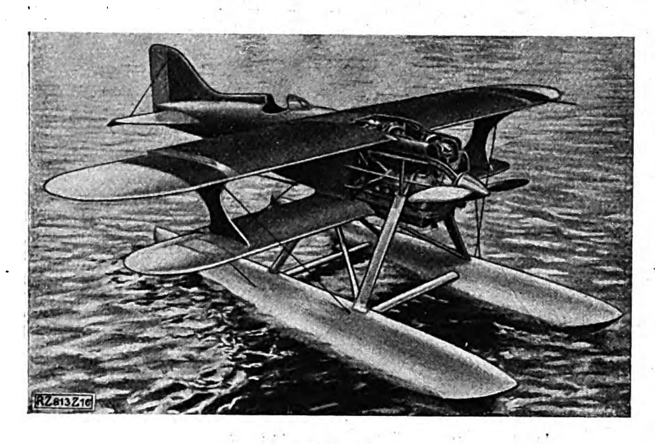


Abb. 16
Kirkham-Doppeldecker, von Amerika für den Wettbewerb 1927 gebaut, wurde jedoch nicht rechtzeitig fertig. Soll als Landflugzeug mit einem 1250 PS-Packard-Motor am 7. November 519 km/h erreicht haben.

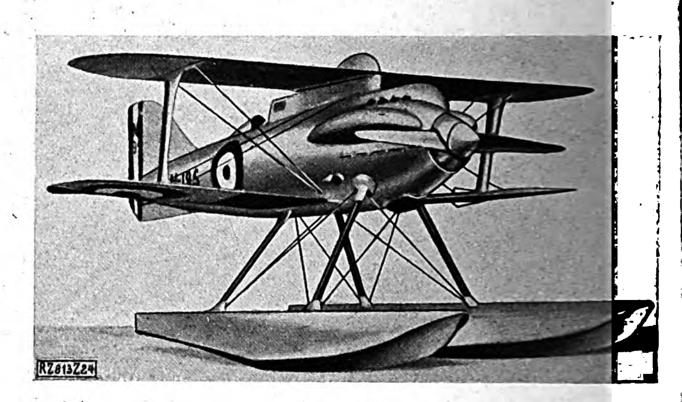


Abb. 24
Doppeldecker Gloster III, Zweiter im Wettbewerb 1925.

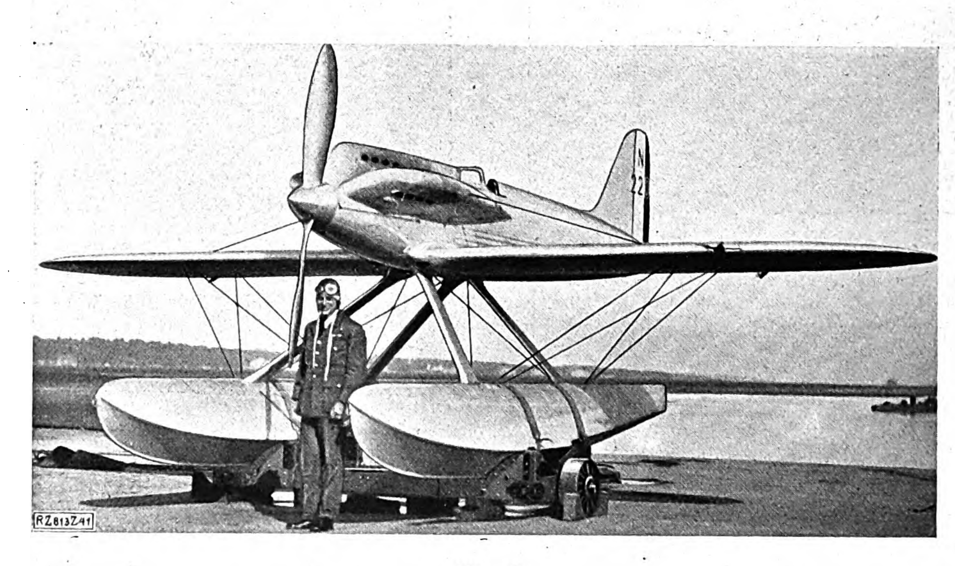


Abb. 41
Tiefdecker Supermarine S 5 mit 950pferdigem Napier-Lion-Motor. Sieger 1927 mit 453,3 km/h.



Abb. 48
Short-Tiefdecker Crusader mi verkleidetem luftgekühltem Sternmotor von 870 PS „Bristol-Merkur". Dieses sehr beachtenswerte Flugzeug ging leider bei einem Übungsflug vor dem Rennen zu Bruch.

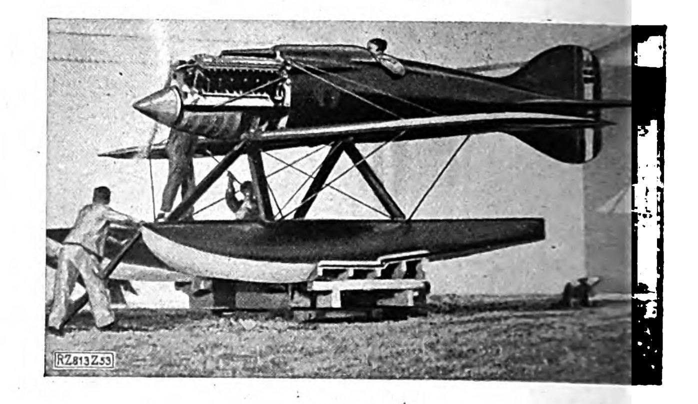


Abb. 53
Der Motor des Tiefdeckers Macchi 52 beim Probelauf vor dem Start. Das Flugzeug mußte während des Rennens aufgeben. Am 5. November hat Major de Bernardi mit diesem Flugzeug 478 und sogar 505 km/h erreicht.



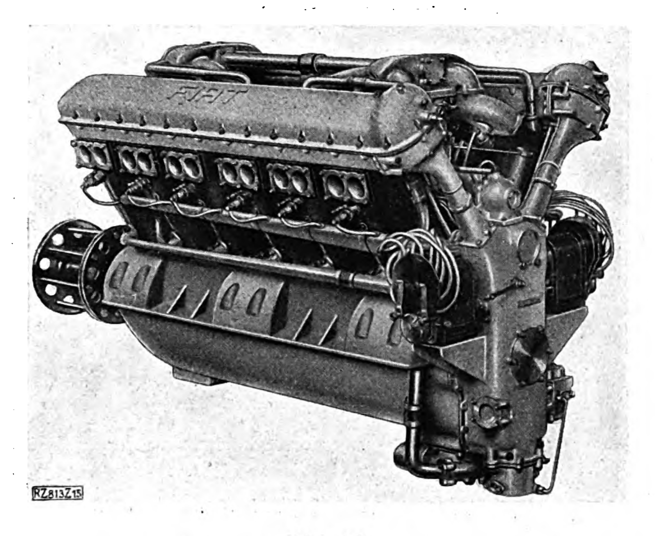


Abb. 15
Fiat-Motor A S 2 von 880 PS, 2500 Uml./min, 0,467 kg/PS; Sieger 1926. Anbau von Magnetapparaten; Zwischenwellen mit Druckluftverteiler.

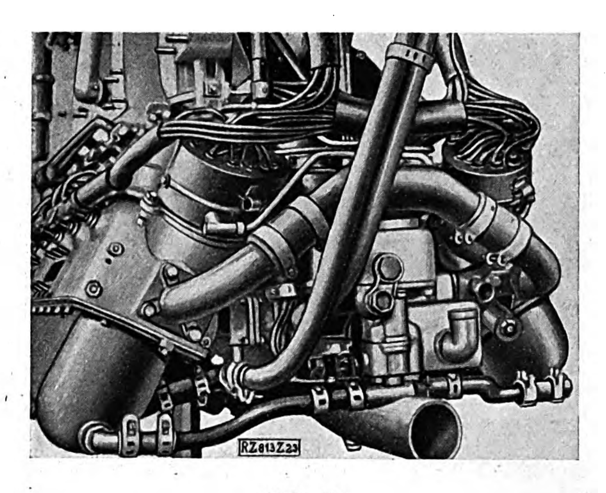


Abb. 23
Anbau der Hilfsapparate am X-förmigen Packard-Motor; Verteiler der Batteriezündung, Kühlwasserpumpe, Vergaser.

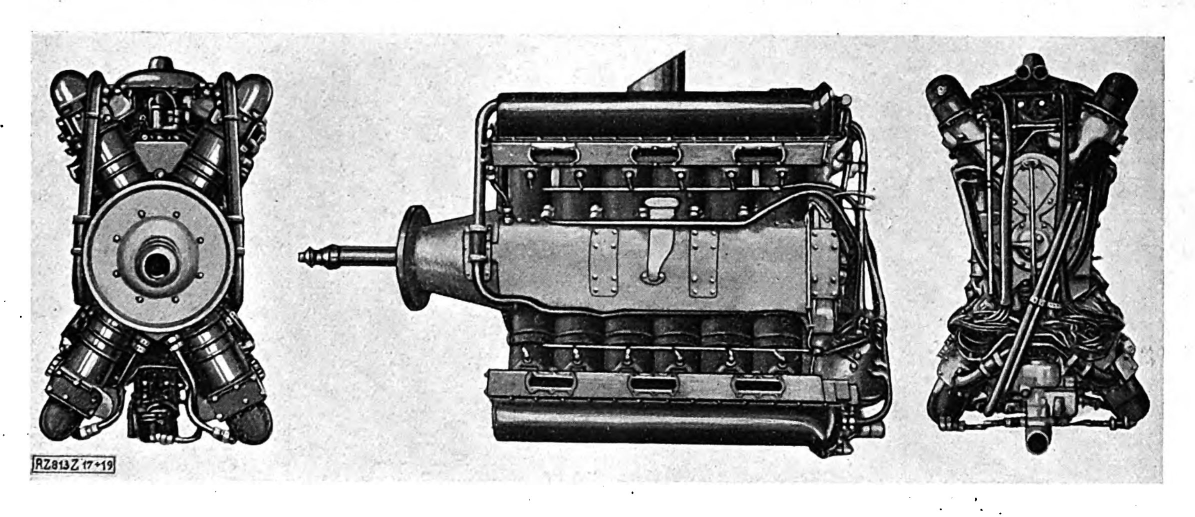


Abb. 17 bis 19
Der 24zylindrige neueste Packard-Flugmotor in X-Form. Leistung 1250 PS, Gewicht 660 kg, 0,528 kg/PS; Hubvolumen 45 l, 2700 Uml./min.

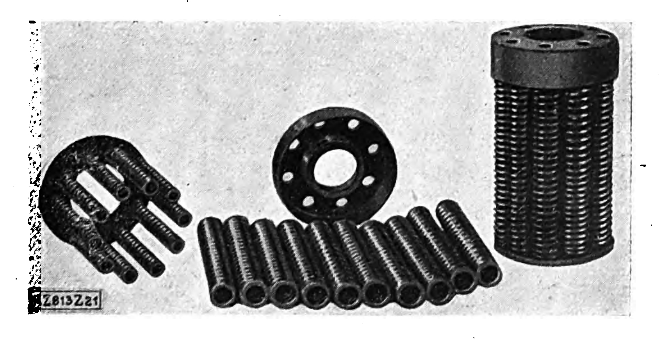
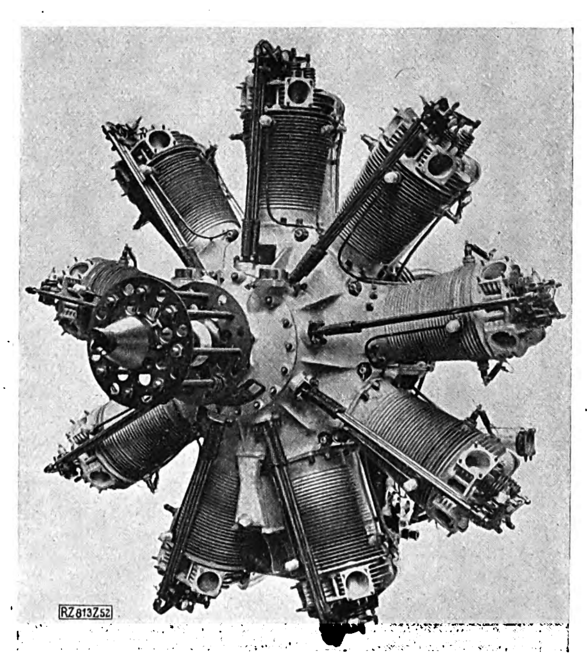


Abb. 21
Zehn Federn für ein Ventil beim Packard-X-Motor, sollen auch bei hohen Drehzahlen sicheres Arbeiten der Steuerung ermöglichen.

Abb. 52 (rechts)
Bristol-Jupiter VI, 450/550 PS, Einheitsgewicht 0,75 bis 0,61 kg/PS. Einer der erfolgreichsten Flugmotoren, für den jetzt in Deutschland Siemens die Bauerlaubnis erworben hat



Goßlau: Das zehnte internationale Seeflugzeugrennen um die Schneider-Trophäe in Venedig

Goßlau: Das zehnte internationale Seeflugzeugrennen um die Schneider-Trophäe in Venedig

Abb. 33 bis 37. Entwicklung des Napier-Lion-Motors

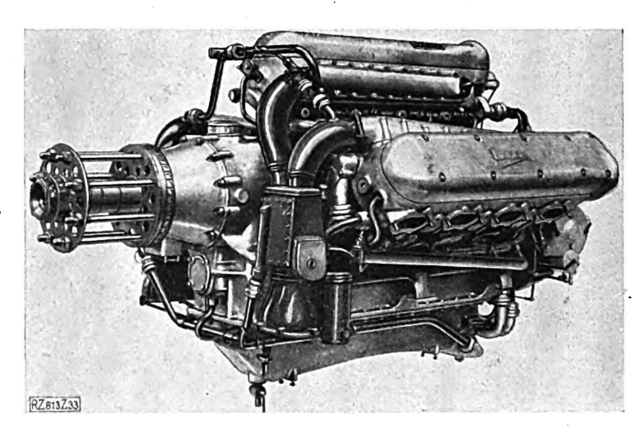


Abb. 33
Napier-Lion V mit zwei vorn liegenden Claudel-Hobson-Sondervergasern und Getriebe (27/41 Zähne). Zwölf Zylinder in W-Form mit 60° Zwischenwinkel. 480 PS bei 2000 Uml./min, Gewicht 426 kg, Brennstoffverbrauch 142 l/h.

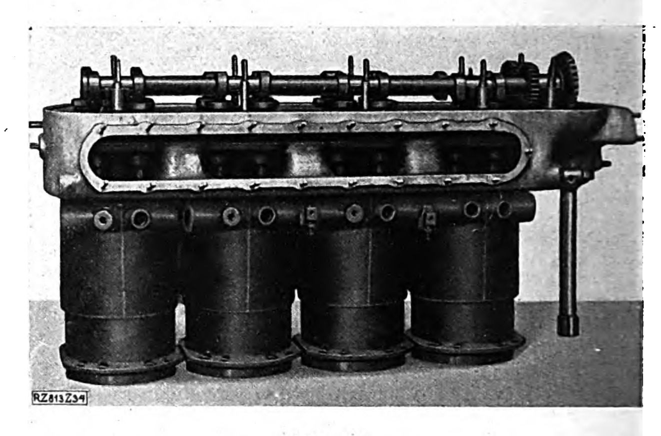


Abb. 35
Zylinderblock des neuesten Napier-Lion-Motors. Laufbüchsen und Kühlwassermäntel aus Stahl, Zylinderkopf aus Aluminiumguß. Je eine Nockenwelle für Einlaß- und Auslaßventile. 139,7 mm Bohrung und 130,2 mm Hub

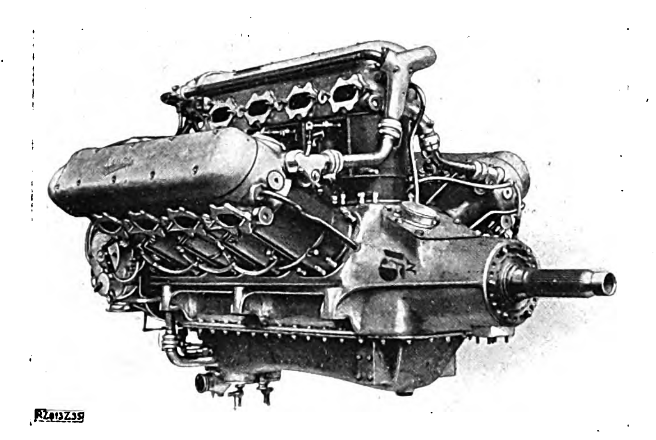


Abb. 34
Älterer Napier-Lion-Motor für schnelle Flugzeuge mit kleinem Rumpfquerschnitt. Hinten liegende Vergaser und Zündapparate. Öldruck der Schmierung etwa 4 at, Ölaustrittstemperatur 60 °C.

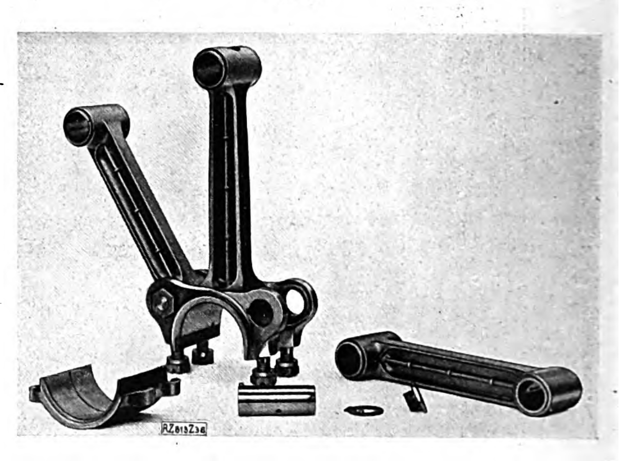


Abb. 36
Pleuelstangen des älteren Napier-Lion-Motors. Geteiltes Pleuelgleitlager; bei der neuen Ausführung sind die Ölrohre durch Bohrungen ersetzt.

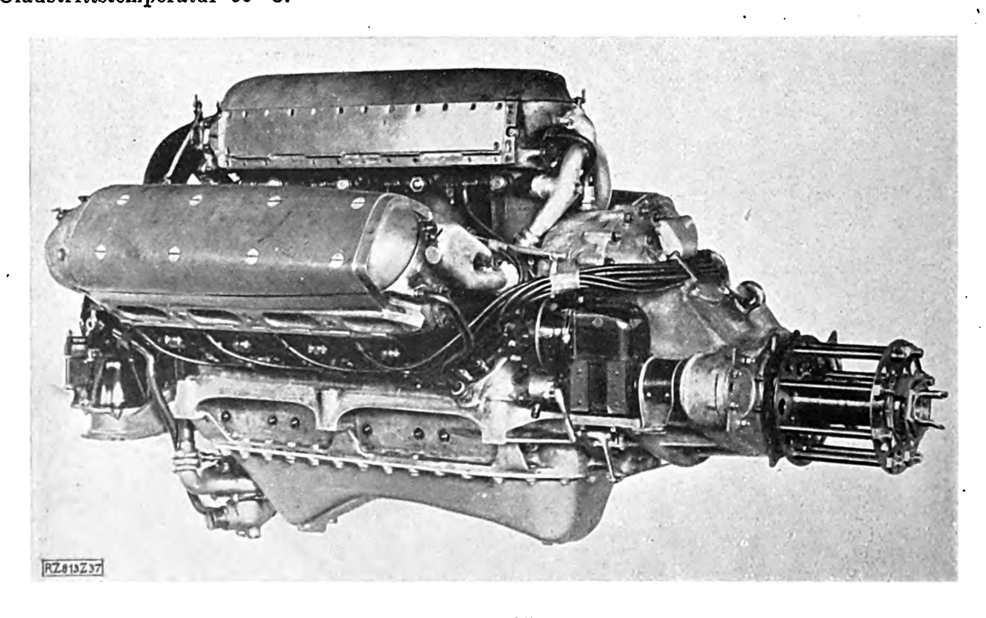
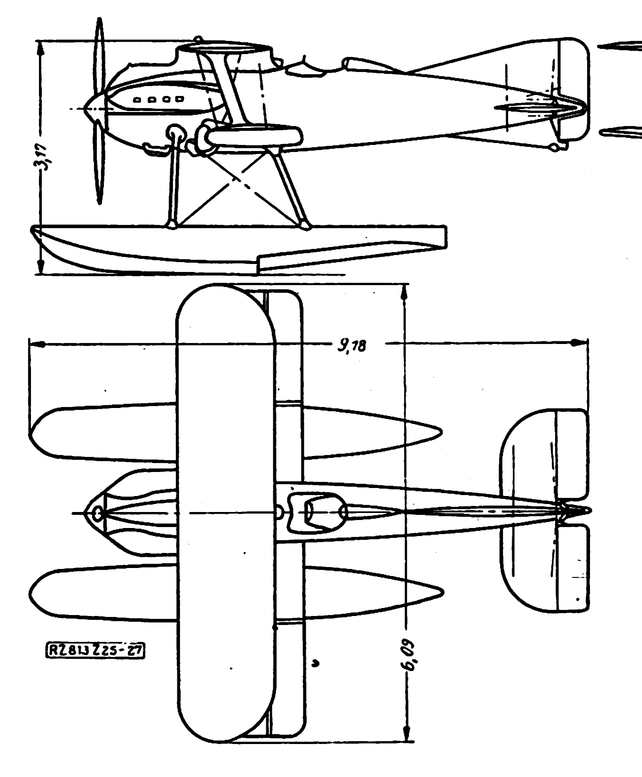


Abb. 37
Der Siegermotor von 1927. Neueste Bauart des Napier-Lion, bis zu 950 PS leistend. Vornliegende Zündapparate. Mit und ohne Getriebe.



Kühler

Abb. 25 bis 27 Gloster III, englischer Zweischwimmer-Doppeldecker (1925), der noch freiliegende Wasser- und Ölkühler zeigt.

leistung von rund 28 PS/l bei 2700 Uml./min errechnet. In Anbetracht der großen, auf das Kurbelgehäuse wirkenden Kräfte und der Erfahrungen mit einfacheren Motoren wurde die Gehäuseteilung aufgegeben und ein ungeteiltes Kurbelgehäuse vorgezogen. Mit 178 mm übertrifft der Durchmesser der Kurbelwelle an Dicke die aller bisher bekannten Flugmotoren.

Je vier Einlaß- und Auslaßventile zweier benachbarter Zylinder sind in einen gemeinsamen Kanal zusammengefaßt. Jedes der 96 Ventile wird auffälligerweise von zehn Federn, Abb. 21, auf seinen Sitz gedrückt, so daß also der Motor nicht weniger als 960 Ventilfedern hat. Die Auslaßventile sind ölgekühlt, Abb. 22.

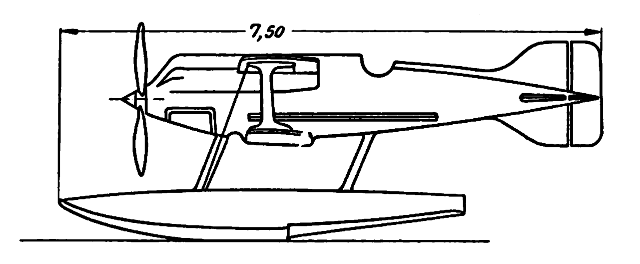
Für große Motoren beginnt man in Amerika die Batteriezündung aus Gewichtsgründen zu bevorzugen. Sie wird auch beim Packard X angewandt. Brennstoff-, Öl- und Wasserpumpe sind zu einer Einheit zusammengefaßt und in dem Raum zwischen den unteren Zylinderblöcken untergebracht, Abb. 23.

Der Motor ist noch ganz neu, und es schien ziemlich gewagt, das Flugzeug gegen die wesentlich erprobteren Flugzeuge der Engländer und Italiener antreten zu lassen. Kurz vor dem Rennen erklärte dann auch die amerikanische Marine, daß man die Absicht, das Flugzeug nach Venedig zu schicken, wegen ungenügender Zeit zu Erprobungen fallengelassen habe.

Die englischen Flugzeuge

Englands Flugzeuge waren sämtlich bereits für den Schneider-Wettbewerb 1926 gebaut und dazu schon bis auf die Motoren fertig.

Der Gloster IV. Die Gloster Aircraft Co. erbaute auf Grund ihrer Erfahrungen mit schnellen Flugzeugen und als Weiterentwicklung des Gloster III, Abb. 24 bis 27, mit dem sie sich 1925 auch das schnelle Seeflugzeug als Arbeitsgebiet erschloß und sofort in Baltimore den zweiten Platz belegte, einen Zweischwimmer-Doppeldecker, der gegenüber diesem eine ganze Reihe von Verbesserungen aufweist, Abb. 28 bis 32. Der Stirnwiderstand ist aufs äußerste vermindert. Die



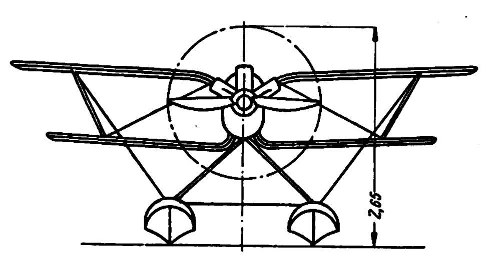
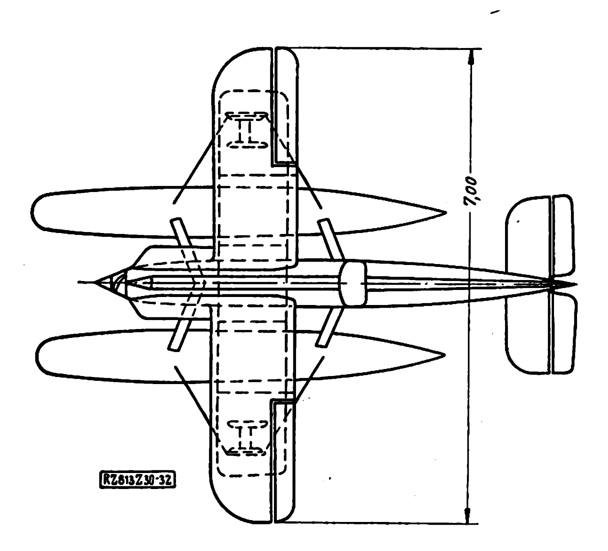
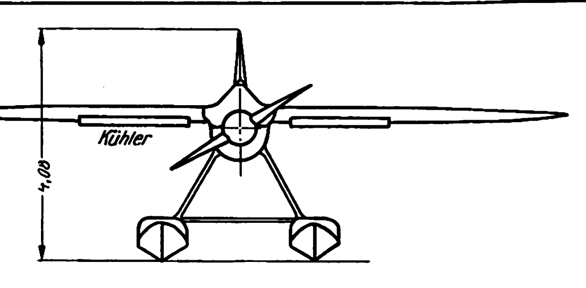


Abb. 30 bis 32 Gloster IV mit 900 PS-Napier-Lion, Geschwindigkeit 440 km/h



Flügel in Mehrholmkonstruktion zeigen das schmale, bikonvexe Profil für hohe Geschwindigkeiten und gehen im Bogen sehr weich in den Rumpf über. Die Wurzeln des Oberflügels schließen teilweise die äußeren Zylinderblöcke des W-förmigen Motors ein.

Die Kühler sind im Gegensatz zu der Bauart Gloster III in Teile der Ober- und Unterfläche beider Flügel gelegt. Erfahrungsgemäß läßt die Dichtigkeit solcher Flügelkühler im Dauerbetrieb und bei den unvermeidbaren Erschütterungen der Flächen, insbesondere beim Durchfahren der kritischen Drehzahl sehr zu wünschen übrig und selbst für Rennflugzeuge bedeutet ihre Anwendung einen starken Unsicherheitsfaktor. Die Ersparnis an Luftwiderstand läßt aber diese Störungsmöglichkeiten mit in den Kauf nehmen. Der Rumpf von überaus sorgfältig gewählter Stromlinienform ist aus Sperrholz gewickelt und trägt den Motor auf einem Stahlrohrgerüst. Das Schmieröl wird in einem als Kühler ausgebildeten Behälter an der Unterseite der Rumpfspitze mitgeführt, Abb. 29. Ein langgestreckter Tank, der das Rückgrat zwischen dem mittleren Zylinderblock und dem Windschirm bildet, dient als Kühlwasserbehälter und Fallgefäß für den Brennstoff.



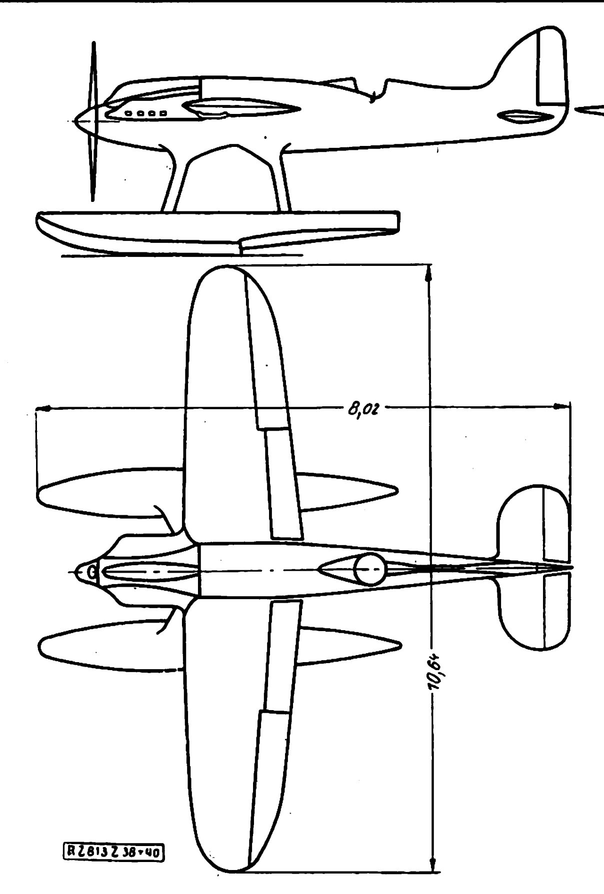


Abb. 38 bis 40
Der Supermarine S 4 hielt mit 362,7 km/h den englischen Geschwindigkeitsrekord. Hat noch Schwimmer-Zwischenstreben und angebaute Kühler. Kein Tiefdecker. Vorläufer des S 5.

Die Schwimmer aus Duralumin, eigner Entwurf und Bau von Gloster, sind durch elektrische Behandlung seewasserbeständig gemacht und vereinigen gute nautische Eigenschaften mit geringem Stirnwiderstand.

Rumpf, Flügel- und Leitwerkbekleidung bestehen aus Spruce. Das gesamte, nicht wie üblich über dem Rumpf, sondern zu beiden Seiten des Hecks liegende Seiten-Leitwerk ist wie auch das Höhenruder innengesteuert. Eine besondere Vorrichtung erlaubt die Steuerempfindlichkeit im Verhältnis 2 : 3 oder 3 : 2 während des Fluges zu verändern, bei den enormen Geschwindigkeiten eine wesentliche Erleichterung für den Piloten. Die üblichen Querstreben zwischen den Schwimmern sind weggefallen und Stromliniendrähte an ihre Stelle getreten. Die Untergestelldrähte finden im Innern des Schwimmers gemeinsame Knotenpunkte. In Anbetracht des starken Triebwerks ist das nur 6,75 m breite, von F o l l a n d entworfene Flugzeug klein zu nennen. Das Fluggewicht beträgt 1360 kg bei einer Nutzlast von 220 kg.

D e r n e u e N a p i e r - L i o n - M o t o r v o n 900 PS[3]). Als Triebwerk wurde der neueste noch als geheim geltende Napier-Lion-Rennmotor, Abb. 33 bis 37, gewählt. Er hat 12 Zylinder in W-Form. Es ist ihm äußerlich anzusehen, daß man bei ihm alles getan hat, um die Stirnprojektion zu verkleinern. Er kann in einen sehr schmalen Rumpf eingebaut werden. Die Zylinderblöcke sind so ausgebildet, daß sie einer besonderen Verschalung nicht mehr bedürfen, sich vielmehr harmonisch in den Rumpf einfügen. Der Motor soll bereits 1925 eine Leistung von 700 PS erreicht haben; sie ist für das diesjährige Rennen bis auf 860 PS bei 2400 Uml./min gesteigert worden. Die Verdichtung ist mit 10,5 : 1 ungewöhnlich hoch gewählt.

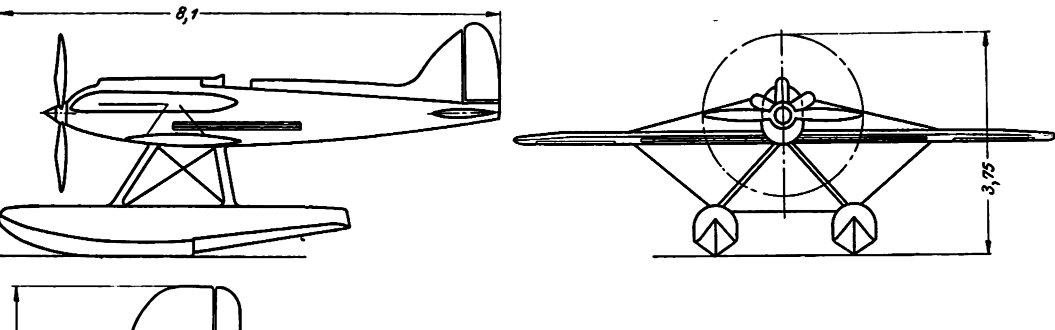


Abb. 42 bis 44
Der siegreiche Supermarine S 5. Wasserkühler in den Flächen, Ölkühler am Rumpf. Sorgfältig entwickelte Schwimmer. Gesamtgewicht 1430 kg

RZ813Z42-44

Man benutzte einen Brennstoff, der stark rötlich gefärbt war, was auf die Verwendung von Antiklopfmitteln schließen läßt. Dieser Motor war in dem Gloster IV und dem Supermarine S 5 Websters mit einem Getriebe versehen worden, das die Verwendung niedriger Drehzahlen der Luftschraube, einen hohen Gesamtwirkungsgrad und gleichzeitig einen einfachen Antrieb der beiden vorn parallel zur Kurbelwelle liegenden Zündgeräte ermöglicht. Die Spitzenleistung des Getriebemotors beträgt bei 3000 Uml./min rd. 950 PS.

D e r S u p e r m a r i n e S 5. Die Firma Napier hatte bereits an den englischen Erfolgen im Schneider-Seeflug-Wettbewerb von 1922 durch ihren Motor wesentlichen Anteil gehabt. Sie lieferte in diesem Jahr den Motor auch für die zweite neue Seeflugzeugbauart, die England nach Venedig schickte, den Supermarine S 5. Grundlage für den Entwurf, an dem außer dem Konstrukteur R. J. M i t c h e l l auch das Luftfahrtministerium mitgearbeitet

[3]) Eine ausführliche Besprechung dieses Motors soll einem Sonderbericht des Verfassers vorbehalten bleiben.

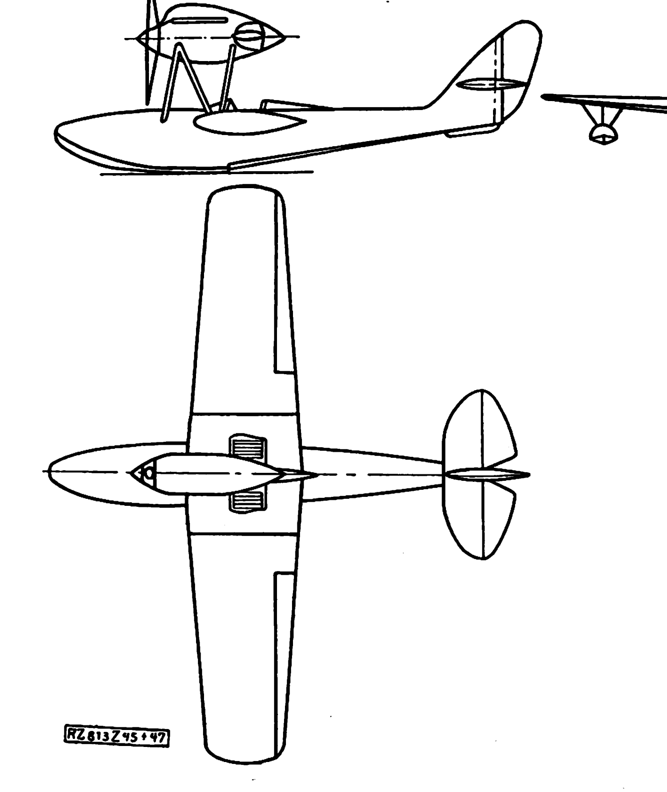


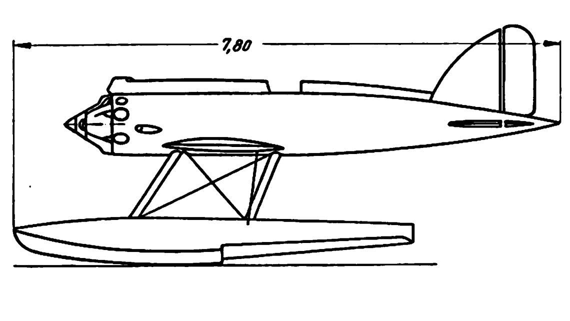
Abb. 45 bis 47 Macchi-Tiefdecker-Flugboot 1925, Vorläufer des Macchi M 39, Abb. 14. (Zur Frage der Urheberschaft an den siegreichen Flugzeugen von 1926 und 1927.)

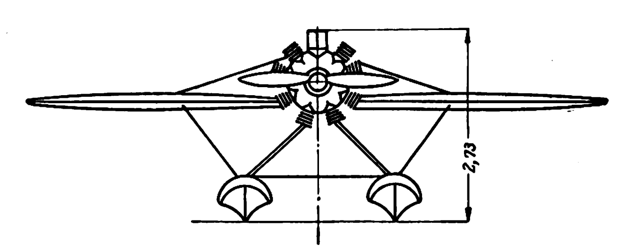
hat, bildet die Bauart S 4, Abb. 38 bis 40, die mit 362,7 km/h den englischen Geschwindigkeitsrekord hielt.

Bereits auf den ersten Blick erkennt man bei der Bauart S 5, Abb. 41 bis 44, das ausgesprochene Rennflugzeug: Ein Tiefdecker mit Doppelschwimmern von auffälliger Ähnlichkeit mit dem Siegerflugzeug des vorjährigen Wettbewerbs, der Bauart Macchi 39, Abb. 14.

Um die Urheberschaft der grundlegenden Entwurfseigenheiten beider Flugzeuge ist ein ziemlich heftiger Streit entbrannt, zu dem sowohl englische, als auch italienische Fachzeitschriften Stellung genommen haben. Dazu kann man feststellen, daß die Bauart S 4 seit Jahren der erste Eindecker auf Schwimmern war, der an dem Schneider-Rennen teilnehmen wollte; bekanntlich mußten die Engländer 1926 der Veranstaltung fernbleiben, da ihre Motoren nicht fertig wurden. Anderseits hat Macchi von seinem, für den Schneider-Wettbewerb 1925 entworfenen Tiefdecker-Flugboot, Abb. 45 bis 47, zu dem Sieger-Flugzeug von 1926, Abb. 54 bis 56, einen in dem hier zu beleuchtenden Zusammenhang sehr beachtenswerten Sprung gemacht. Das muß betont werden, damit die Bauart S 5 nicht etwa als Nachbau des Macchi 39 erscheint.

Eine gegenseitige Beeinflussung zwischen allen drei Flugzeugen, der Bauart S 4, der Bauart M 39 und der Bauart S 5, ist offentlichtlich. Während das Schwimmergestell der Bauart S 4, die noch kein ausgesprochener Tiefdecker war wie die Bauart Macchi 39 und das diesjährige Flugzeug, Bauart S 5, noch vier Knotenpunkte am Rumpf aufweist, hat die Bauart Macchi 39 deren nur zwei, eine sehr geschickte Lösung, die sowohl der Gloster IV als auch der Supermarine S 5 übernommen haben. Als neu dürfen die Engländer den Verzicht auf die Schwimmerzwischenstreben für sich in Anspruch nehmen, die sie durch Profildrähte ersetzt haben.





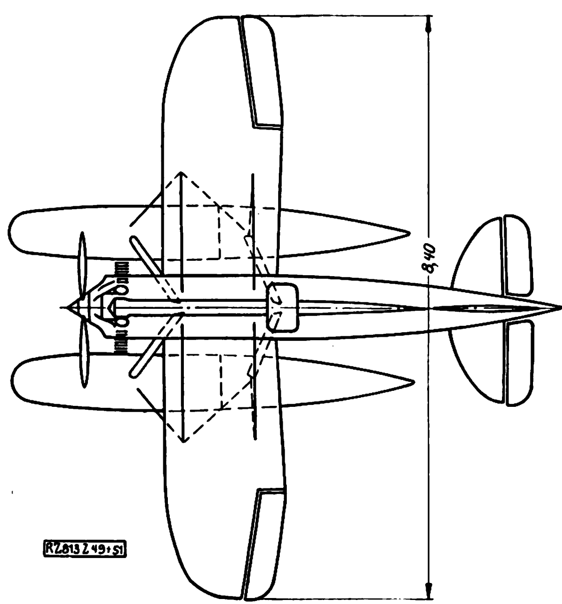


Abb. 49 bis 51
Short-Crusader mit 870pferdigem luftgekühltem Bristol-Merkur, Leistungsbelastung 1,46 kg/PS. Die Zylinder wurden später mit „Kreuzfahrerhauben" verkleidet, der Motor wiegt bei Höchstleistung 0,34 kg/PS.

Die Schwimmer der Bauart S 5 sind verhältnismäßig lang, aus Duralumin, gegen Seewasser elektrisch behandelt. Ein Teil des Steuerbordschwimmers dient als Brennstoffbehälter. Das ermöglicht den Ausgleich des Drehmoments der Luftschraube, ein leichteres Schwimmgestell und sichert dem Flugzeug gute Flugeigenschaften.

Der Flügel ist mitsamt der Bekleidung in Holz, der Rumpf dagegen vollständig in Metall mit tragender Außenhaut ausgeführt. Der Rumpf von geringerem Inhalt als einer der Schwimmer und schmalerem Querschnitt, als je bisher bekannt, machte es notwendig, besonders kleine Piloten auszusuchen; man mußte, um den Aufenthalt im Führerraum zu ermöglichen, zwecks Abfuhr der Hitze und der Auspuffgase besondere Frischluftführungen einbauen. Der Ölkühler längs der beiden Rumpfseiten besteht aus drei Rohren. Die Luftschraube wurde von Fairey geliefert.

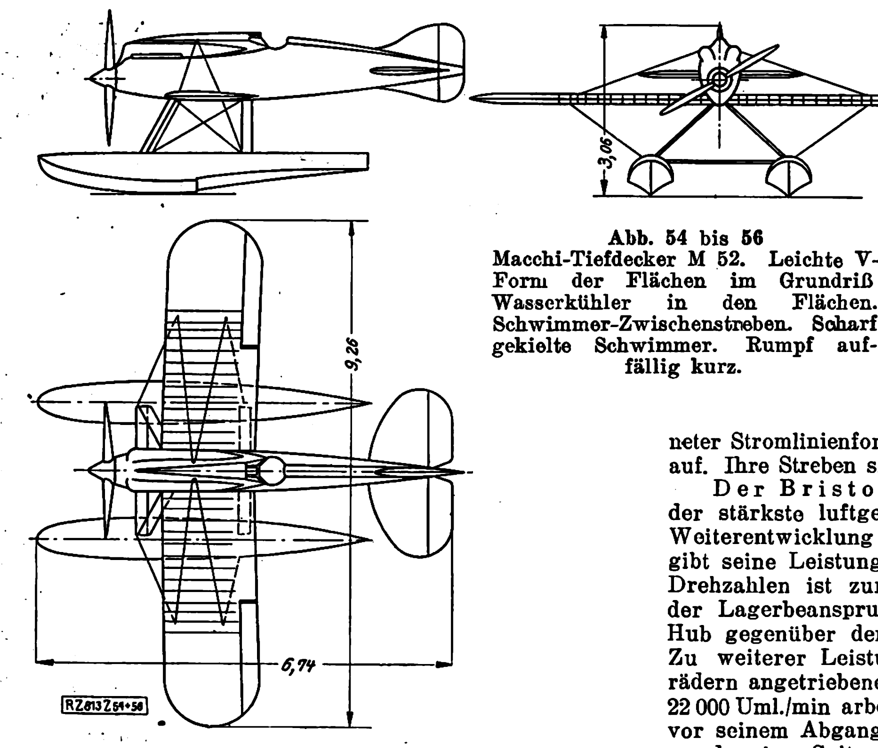


Abb. 54 bis 56
Macchi-Tiefdecker M 52. Leichte V-Form der Flächen im Grundriß Wasserkühler in den Flächen. Schwimmer-Zwischenstreben. Scharf gekielte Schwimmer. Rumpf auffällig kurz.

Der Crusader. Die dritte Bauart, die England für den Wettbewerb entwickelt hatte, stellt den Versuch dar, mit einem luftgekühlten Sternmotor Höchstgeschwindigkeiten nachzuweisen. Vergleicht man die Vorderansicht der drei englischen Rennflugzeuge miteinander, so erscheint der Stirnwiderstand des Sternmotors nicht gerade gering. Der Bau des Short-Bristol-Crusader, Abb. 48 bis 51, sollte aber den Beweis erbringen, daß dieser allein nicht maßgebend ist, sondern auch das Gewicht mitspricht und daß selbst für schnellste Kampfeinsitzer der luftgekühlte Sternmotor ausreichende Geschwindigkeiten ermöglicht.

Der Entwurf stammt von Carter, der längere Zeit bei der Hawker Engineering Co. tätig war. Als Motor wurde eine Neuschöpfung, der Bristol-Merkur, eingebaut. Den Bau des Flugzeuges übernahm Short, Rochester.

Wie die Bauart S 5, so ist auch der Crusader ein Tiefdecker auf Doppelschwimmern. Der Rumpf, bekleidet mit einer Doppellage von Mahagoni-Furnier, endet vorn in einem Stahlrohrgerüst für den Motor. Auch bei diesem Flugzeug läuft ein Rückgrat vom oberen Zylinder als Windschutz und Kopfstütze schließlich in die Seitenflosse aus. Die Flügel von mittlerer Dicke sind mit Stromliniendrähten verspannt. Die Schwimmer für das Flugzeug hat die Baufirma auf Grund zahlreicher Versuche selbst entworfen. Sie bestehen aus Duralumin, sind sehr stark gekielt, von ausgezeichneter Stromlinienform und weisen eine einzige flache Stufe auf. Ihre Streben sind nach vorn geneigt und ausgekreuzt.

Der Bristol-Merkur-Motor von 870 PS ist der stärkste luftgekühlte Motor der Welt. Er ist eine Weiterentwicklung des Bristol-Jupiter VI, Abb. 52, und gibt seine Leistung bei 2200 Uml./min her. Für so hohe Drehzahlen ist zur Verminderung der Fliehkräfte und der Lagerbeanspruchungen an der Kurbelkröpfung der Hub gegenüber dem Bristol-Jupiter verkleinert worden. Zu weiterer Leistungssteigerung dient ein mit Zahnrädern angetriebenes Schaufelgebläse, das bei Vollast mit 22 000 Uml./min arbeitet. Den Motor hatte man in England vor seinem Abgang nach Venedig 10 h gebremst. Dabei wurde eine Spitzenleistung von 1000 PS nachgewiesen.

Die Zylinder neuester Bauart mit offener Stahllaufbüchse und aufgeschraubtem Aluminiumkopf haben vier schrägliegende, von einer Brücke aus gesteuerte Ventile. Wie beim Bristol-Jupiter ist auch hier ein Ventilspielausgleich vorgesehen. KLG-Kerzen[4]) mit besonders langen Gewinden sind ohne Bronzeeinsätze unmittelbar in den Aluminiumkopf eingeschraubt. Trotz der hohen Leistung ist die Stirnfläche des Motors kleiner als die des Bristol-Jupiter, das Gewicht ihm annähernd gleich.

Zur Verminderung des Luftwiderstandes waren die einzelnen Zylinder unter stromlinienartige Helme — Kreuzfahrerhauben genannt — gesetzt worden, die dem Flugzeug den Namen gegeben haben. Der Motor ist mit 0,39 bis 0,34 kg/PS fraglos das leichteste überhaupt be-

[4]) KLG-Works, London.

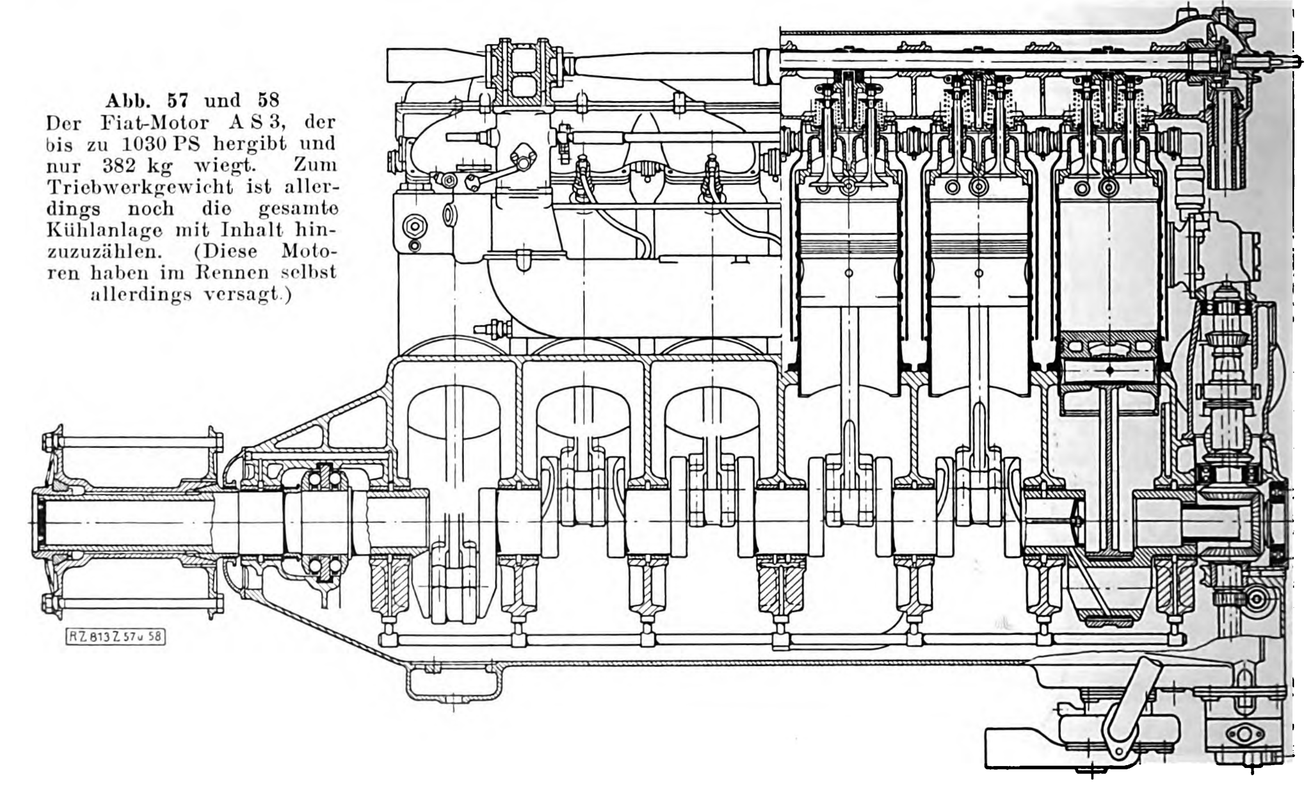


Abb. 57 und 58
Der Fiat-Motor A S 3, der bis zu 1030 PS hergibt und nur 382 kg wiegt. Zum Triebwerkgewicht ist allerdings noch die gesamte Kühlanlage mit Inhalt hinzuzuzählen. (Diese Motoren haben im Rennen selbst allerdings versagt.)

stehende Triebwerk, und das Fluggewicht des ganzen Flugzeugs bei einer Zuladung von 270 kg war nicht größer als 1270 kg, die Leistungsbelastung mit 1,46 kg/PS die geringste aller Wettbwerbflugzeuge der letzten Jahre überhaupt, Zahlentafel 1. Der Motor ist mit Farman-Getriebe ausgerüstet.

Das aussichtsreiche Flugzeug startete am 11. September in Venedig zu einem Übungsflug. Kurz nach dem Start in etwa 10 m Höhe sah man das Flugzeug über den rechten Flügel gehen, der Steuerbordschwimmer schlug hart aufs Wasser und riß ab. Gleichzeitig brach der Rumpf hinter dem Führersitz ab und das Flugzeug sank. Der Führer Lt. Schofield kam mit leichteren Verletzungen davon. Die Untersuchung der später gehobenen Maschine soll ergeben haben, daß die Querruder falsch angeschlossen waren. Glaubwürdiger erscheint es, daß das Flugzeug, dem man glaubte, alles zumuten zu dürfen, beim Start überzogen wurde, ehe es noch seine volle Geschwindigkeit erreicht hatte.

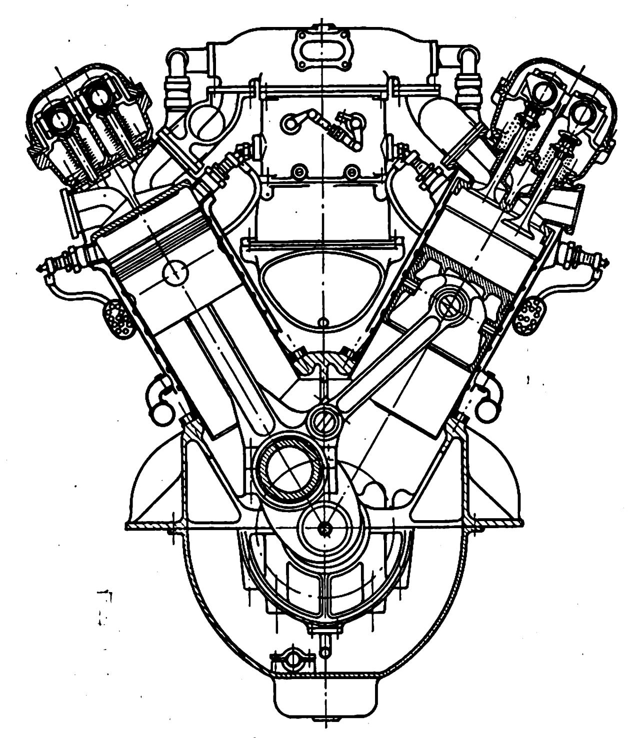
Alle Fachleute werden den Unfall dieses sehr bedeutsamen Flugzeuges, von dem man immerhin einige Überraschungen erwartete, bedauern.

Die italienischen Flugzeuge

Das Flugzeug Bauart Macchi 52, Abb. 53 bis 56, das die Italiener in drei Mustern in den Wettbewerb schickten, ist dem Siegerflugzeug des Vorjahres sehr ähnlich. Für den Wettbewerb in Venedig hatte man die Flügel verkleinert und ihnen im Grundriß noch mehr V-Form gegeben. Das Flügelprofil ist bikonvex wie auch bei den Engländern. Um die nautischen Eigenschaften zu verbessern, wurden die Schwimmer gekürzt und in Anbetracht der größeren Motorleistung die Flächenkühler vergrößert. Die Motorverkleidung hat teilweise neue, flüssigere Form bekommen. Der Rumpf ist nicht schlanker geworden, und die beiden Abstandstreben zwischen den Schwimmern, die doch nur Zug aufzunehmen haben, wurden merkwürdigerweise beibehalten. Die Flügelverspannung besteht aus zwei Profildrähten oben und drei N-förmig angebrachten Drähten unten.

Die italienischen Motoren

Als Motor verwendete man den Fiat AS 3, Abb. 57 und 58, eine Weiterentwicklung des siegreichen Motors AS 2 vom vorigen Jahr. Es ist dies ein Zwölfzylinder in V-Form mit drei Doppelvergasern zwischen den Zylinderblöcken. Jeder Zylinder hat vier Ventile, die ähnlich wie beim Packard zu zweien über Brücken von zwei dar-



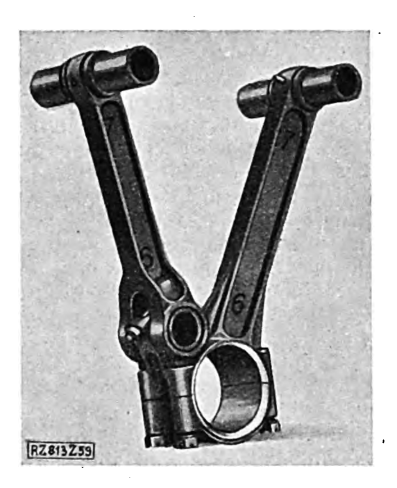


Abb. 59
Pleuelstange des Fiat-Motors AS 3

überliegenden Nockenwellen gesteuert werden. Für die Auslaßventile hatte man ursprünglich Ölkühlung (Packard) vorgesehen; aber diese Maßnahme erwies sich als eine unnötige, betriebsgefährdende Verwicklung, die vor dem Rennen wieder verlassen wurde. Bohrung und Hub des Motors wurden mit 140 und 170 mm angegeben. Die Leistungausbeute bei 2500 Uml./min beträgt 1030 PS, so daß sich das Einheitsgewicht bei einem Motorgewicht von 382 kg zu nicht mehr als 0,37 kg/PS und die Literleistung zu 33 PS/l errechnet. Einheitsgewicht und Literleistung deuten auf eine ungeheure mechanische und thermische Beanspruchung der Bauelemente, Abb. 59, hin.

Der Verlauf des Rennens

Sonntag, den 25. September 1927, mußte das Rennen wegen Sturmes und hohen Seegangs abgesagt und auf den nächsten Tag verschoben werden. Am Montag morgen hatte sich der Wind gelegt, und auch die See war ruhiger geworden.

Der Start war fliegend und nicht gleichzeitig. Die Flugzeuge stiegen in der Nähe des Marineflughafens St. Andräa auf und kreuzten Start- und Ziellinie vor dem Excelsior-Hotel auf dem Lido in Abständen von etwa 6 min.

Um 14 h 30 min wurde dieses schnellste Rennen der Welt durch einen Kanonenschuß eröffnet. Hunderttausende von Augen richteten sich nach Norden, und Sekunden später — ein brüllender, winziger Schatten rast kaum 15 m hoch über uns hin und ehe man noch dieses Schauspiel ungeheurer Geschwindigkeit begreift, verschwindet das erste Flugzeug als kleiner Punkt im Süden. Man mag die wenig technische Bemerkung an dieser Stelle gestatten: Für einige Minuten lag der Zauber dieser unfaßbaren Schnelligkeit wie ein Bann auf Tausenden von Menschen, die dieses technische Wunder zum ersten Male in nächster Nähe erlebten.

6 min hinter dem Ersten, dem blauen Gloster-Doppeldecker unter Kinkeads Führung, erschien der rote Macchi-Tiefdecker, mit dem italienischen Favoriten Major de Bernardi am Steuer, eine dunkle Ölfahne hinter sich lassend. Auch der englische Supermarine-Eindecker von Lt. Webster scheint zu rauchen. Der Ton der Napier-Motoren ist hoch, fast knarrend, der der Fiat-Motoren dumpf und voll. Auch Guazetti (Macchi-Fiat 880 PS) und Worsley (Supermarine-Napier) sind inzwischen schon vorüber und als Letzter startet Hauptmann Ferrarin (Macchi-Fiat 1000 PS).

Der nicht gleichzeitige Abflug aller Teilnehmer macht das Rennen bald unübersichtlich. Während die Engländer im allgemeinen sehr niedrig fliegen — kaum höher als 15 bis 20 m — und die Wendemarken in weitem, flachem Bogen umrunden, ohne den Motor zu drosseln oder wesentlich die Höhe zu ändern, sieht man die Italiener ihre Flugzeuge an den Kurven hoch in die Luft reißen, die Flügel fast senkrecht stellen und nach der Wendung erst in der geraden Strecke ganz langsam in die wagerechte Lage zurückkehren. Zwar können dafür die

Italiener bei der gewonnenen Höhe auf den Langstrecken die Flugzeuge drücken und so ihre Geschwindigkeit steigern, aber es scheint doch, daß die englische Taktik, die übrigens auch die der Italiener im vorigen Jahr gewesen war, sich als vorteilhafter und auch physisch für die Piloten selbst als erträglicher erwies. Zweifellos waren die Kurven der Italiener eindrucksvoller, bei den Engländern gefiel das nüchterne, musterhafte Kursfliegen.

Kaum waren an den Zeittafeln die ersten Zahlen erschienen, als man das Flugzeug Nr. 7, den Macchi unter Ferrarins Führung, die Rennstrecke mit unsicher laufendem Motor zurückkommen sah. Es stellte sich später heraus, daß zwei der Magnesiumkolben trotz reichlicher Schmierung versagt hatten.

Kinkead war bereits zum zweitenmal vorüber; aber vergebens wartete man auf das Wiedererscheinen Bernardis. Bald gab der Lautsprecher bekannt, daß auch er auf Grund einer Motorstörung in der Nähe von Chioggia ausgeschieden und unbeobachtet von den Zuschauern über die Lagune zum Flughafen St. Andräa zurückgeflogen war. Die Ursache seines Aufgebens war eindeutig nicht festzustellen. Nach einer Lesart soll eine Pleuelstange gebrochen sein. Eher scheint aber Vergaserstörung glaubhaft, da man bereits bei seiner ersten Runde unregelmäßiges Arbeiten des Motors heraushören konnte.

Nunmehr war nur noch ein Italiener im Rennen, Guazetti, dessen Flugzeug den unveränderten, siegreichen Motor aus dem Vorjahre eingebaut hatte, während Bernardis und Ferrarins Motoren bis aufs Äußerste rennmäßig hochgetrieben waren.

Einige Aufregung gab es, als der Lautsprecher verkündete, daß der Geschwindigkeits-Weltrekord gebrochen sei. Kinkead sollte in seiner dritten Runde eine Geschwindigkeit von 465,4 km/h erreicht haben. Leider stellte sich nach dem Rennen heraus, daß ein Zeitmeßfehler unterlaufen war; begreiflich, da die Zeitnehmer bei diesen großen Geschwindigkeiten und einer so schnellen Folge der Flugzeuge wirklich keine leichte Arbeit hatten. In einer der nächsten Runden sah man am Horizont Gloster und Worsley sich einander nähern und mit wechselndem Erfolg um die Führung ringen. Schließlich gelang es doch dem Doppeldecker, den Eindecker zu überholen.

Bald darauf aber mußte Kinkead den Kurs verlassen. Ihm war auch im Rennen das gleiche Mißgeschick begegnet, unter dem er während der Übungsflüge gelegentlich zu leiden hatte; die Propellerhaube riß auf, gerade dort, wo der Propeller hindurchgeht. Der Riß, der sich allmählich vergrößerte, war die Ursache heftiger, schließlich unerträglicher Erschütterungen des ganzen Flugzeugs, so daß dem Führer nichts weiter übrigblieb, als mit gedrosseltem Motor den Flughafen aufzusuchen.

Kurz nach diesem Ereignis näherte sich Guazetti dem Excelsior-Hotel, in dem sich die Rennleitung befand. Man sah das Flugzeug auf dem linken Flügel liegend und stark schwänzelnd herannahen und auf Sekunden schien ein Anprall gegen das Gebäude unvermeidlich. Plötzlich wurde die Maschine herumgerissen und ging in weitem Bogen aus dem Kurs nach Venedig zu. Der erste Eindruck war der eines Seitensteuerbruchs. Wie sich aber später herausstellte, war die Benzinleitung geborsten. Der Benzinregen hatte den Führer geblendet und das sich entwickelnde Gas ihn fast betäubt.

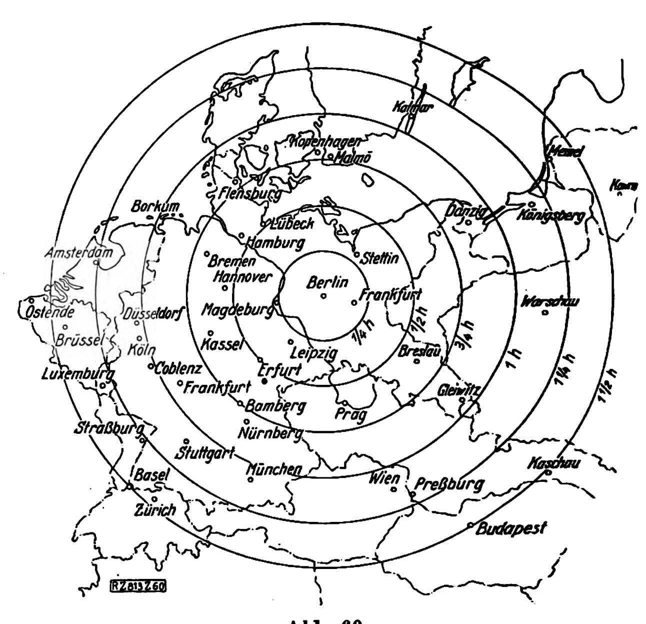


Abb. 60
Was mit den heutigen Fluggeschwindigkeiten möglich ist: Die Kreise geben in Abständen von 15 min die Flugzeiten von Berlin nach den wichtigsten Städten an.

Italiens Himmel war allmählich trübe geworden, und langsam begann es zu regnen. Da beobachtete man, daß die auf der Reede liegenden englischen Kriegsschiffe den beiden übrig gebliebenen englischen Flugzeugen Lichtsignale gaben. Offenbar teilten sie ihnen mit, daß der Sieg sicher sei. Schließlich gegen 3 h 15 kreuzte Webster als Sieger die Ziellinie. Er hatte für die 350 km lange Strecke 46 min und 20,3 s gebraucht. Seine mittlere Geschwindigkeit hatte 453,282 km/h betragen, die des zweiten Siegers Worsley 439,472 km/h. Abb. 60 vermittelt eine Vorstellung dieser Geschwindigkeit.

Inzwischen sind diese Geschwindigkeiten schon wieder bedeutend überholt worden. Bernardi hat am 5. November auf dem Tiefdecker Macchi 52 auf der Strecke bei Venedig 478 und in einer späteren Runde 505 km/h erreicht; fast gleichzeitig, am 7. November, ist der amerikanische Kirkham-Doppeldecker, jedoch mit Landfahrgestell, bei Kunstflügen mit 519 km/h geflogen. Als Weltrekorde sind diese Geschwindigkeiten indessen noch nicht anerkannt.

Der Sieg war ein verdienter Erfolg für das monatelange angestrengte Training der Führer, für den ausgezeichneten Flugzeugentwurf des Supermarine S 5 und nicht zuletzt für die planmäßige, bewunderungswürdige Entwicklungsarbeit am Napier-Lion.

Kameradschaftlichkeit und echter Fliegergeist lagen über der kleinen Siegesfeier der Engländer am Abend im Excelsior-Hotel auf dem Lido, und unsere Glückwünsche waren aufrichtig und herzlich.

Das nächste Schneider-Seeflugzeug-Rennen dürfte 1928 bei Cowes auf der Insel Wight stattfinden. [B 813]

Zahnrädergetriebe für Diesellokomotiven

R. Klein, Essen, berichtet in der Zeitschrift „Maschinenbau"[1]), daß sich die Firma Fried. Krupp A.-G. zur Zeit mit dem Entwurf eines Zahnrädergetriebes für eine große amerikanische Lokomotive befasse. Dieses unterscheidet sich von dem für die bekannte russische Diesellokomotive[2]) dadurch, daß es für Geschwindigkeiten von 14 bis 96 km/h brauchbar sein soll. Um zu vermeiden, daß dabei die leer mitlaufenden Stirnräder zu hohe Drehzahlen erhalten, hat man die Übersetzung zwischen der zweiten Vorgelegewelle und der Blindwelle mit der Hand veränderlich gemacht, da man annehmen kann, daß die Lokomotive niemals ohne Ruhepause vom Verschiebedienst zum Personenzugdienst übergehen wird. Auf der zweiten Vorgelegewelle des Getriebes sind zwei lose Stirnräder angeordnet, die durch Verschieben von gezahnten Muffen abwechselnd mit dieser Welle gekuppelt werden können. Die Räder stehen ständig mit entsprechenden Stirnrädern auf der Blindwelle im Eingriff und werden selbst verschieden schnell angetrieben, da sie durch die Zahnkupplungen mit verschieden schnell laufenden Vorgelegen des Getriebes verbunden werden. Die Fahrtrichtung der Lokomotive wird durch Umschalten der Kegelräder auf der ersten Vorgelegewelle geändert. Alle Zahnräder des Getriebes sind gehärtet, aber nicht geschliffen. Ihre Zahnbelastungen liegen zwischen den äußersten Beanspruchungen, die man für die im Einsatz gehärteten Straßenbahn-Zahnräder zuläßt. Die Firma Fried. Krupp A.-G. hat auch schon ein Getriebe dieser Art entworfen, das 2000 PS übertragen kann. [N 1019] H.

[1]) Fachheft „Getriebe" Bd. 6 (1927) S. 1095.
[2]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 873.

Die Ausstellung der Deutschen Landwirtschaft-Gesellschaft in Dortmund 1927

Von Prof. Dr.-Ing. V o r m f e l d e, Bonn-Poppelsdorf

(Schluß von S. 1702)

Lokomobilen

Stark zusammengeschmolzen sind die L o k o m o b i l-stände. Der elektrische Dreschantrieb und neuerdings der immer weitere Verbreitung gewinnende Rohöl- und Schwerölmotor als Glühkopf- oder Dieselmaschine beginnen mehr und mehr die an sich sehr betriebsicheren, leicht zu bedienenden und überlastungsfähigen Dampfmaschinen zu verdrängen, die übrigens gegen die vorjährige DLG-Ausstellung in Breslau nichts wesentlich Neues zeigten. Ich habe schon weiter oben darauf hingewiesen, daß sich sogar die englischen Dampfpfluglokomotiven in Dieselpfluglokomotiven umwandeln.

Dreschmaschinen

Zu den Maschinen, die noch stark in der Entwicklung stehen, gehört merkwürdigerweise auch die Dreschmaschine, und zwar die sogenannte Motordreschmaschine mit höchstens 25 Ztr. Stundenleistung. Hier setzte seit etwa 1910, angeregt durch Wilh. S c h u l t z e, Hannover, eine Bewegung ein, die kleineren Maschinen nicht den großen, sogenannten Dampfdreschmaschinen nachzubauen, sondern eigene Wege zu gehen, und es entstanden im Laufe der Zeit Maschinen, die in Menge und Güte dasselbe leisteten wie die früheren Ausführungen, die aber jetzt statt 9 bis 10 Wellen nur noch 2 bis 3 haben. Hier ist Deutschland seinen Nachbarländern ein großes Stück voraus, die noch immer bei den alten Bauarten der 90er Jahre stehen geblieben sind. Bei vielen neueren deutschen Dreschmaschinen ist der Schaufelschüttler ersetzt durch den Schwingschüttler, die Förderbecher und Entgranner durch Wurfentgranner, den Druckwind für die erste und zweite Reinigung liefert e i n Gebläse. Die in Z. Bd. 71 (1927) S. 44 in Abb. 37 gekennzeichnete einfache

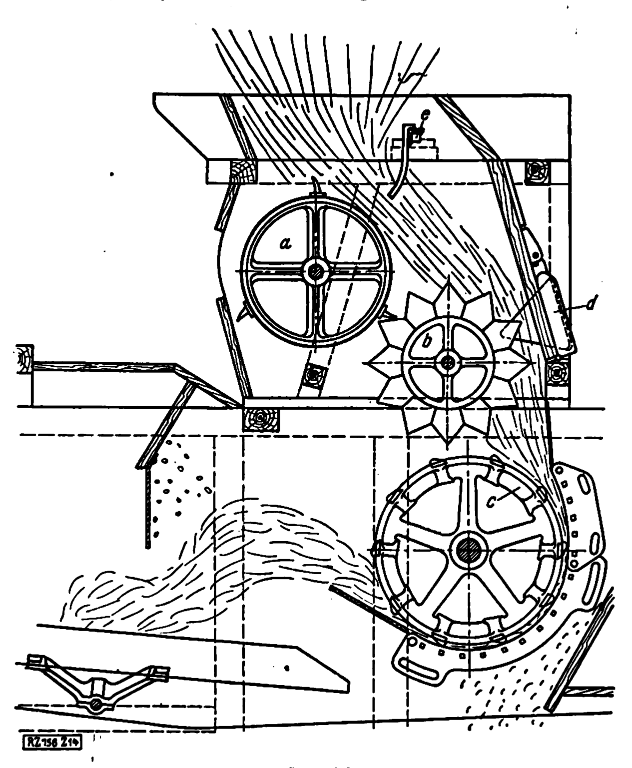


Abb. 14
Selbsteinleger mit Strohschneider für Dreschmaschinen von Welger

a, b Zubringer- und Verteiltrommel *c* Dreschtrommel
d Messer *e* verstellbare Klappe zum Bemessen der Getreidemenge

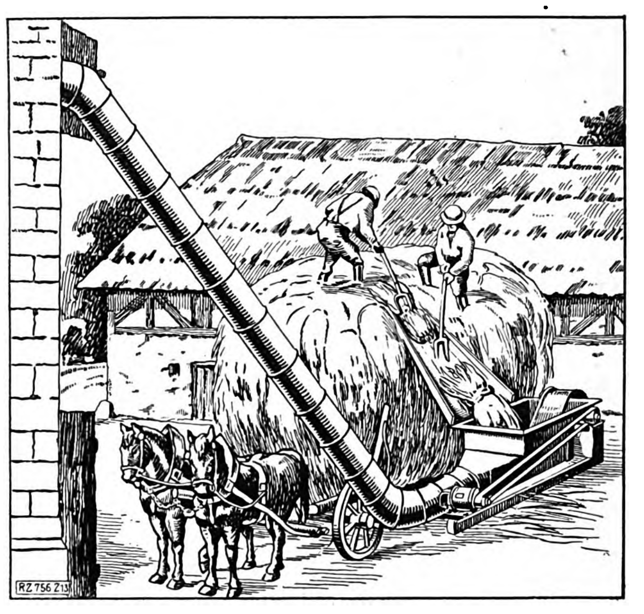


Abb. 13
Druckluft-Ferngebläse mit Einschleusen des Fördergutes in die Druckluftleitung der Pinneberger Maschinenbauanstalt

L a n z - Maschine hat nach kleinen Änderungen ebenfalls ihre Brauchbarkeit bewiesen. Bei ihr ist sogar noch der Schwingschüttler mit dem Kurzstrohsieb vereinigt, so daß das Kurzstrohsieb als selbständiges Sieb ebenso wie der Rücklaufboden fortgefallen sind.

Von andrer Seite sind nun noch weitere wichtige Veränderungen vorgenommen worden, die sowohl der Einfachheit der Bauart wegen gewählt wurden, als auch um die Güte der Drescharbeit zu verbessern. Die Firma W i l h e l m L a n v e r m e y e r, Melle, verwandte für die erste Reinigung Saugwind statt Druckwind. Diese Anregung ist von andern Fabriken aufgegriffen worden. In Dortmund stellten schon fünf Firmen derartige Maschinen aus, darunter zwei, die auch schon die zweite Reinigung mit Saugwind ausführten. Von einer dieser Firmen, E r n t e s e g e n, Bremen, liegt mir eine Druschprobe von Knaulgras vor, die hervorragend gereinigt worden ist. Wenn sich auch andre Feinsämereien mit Saugwind derartig reinigen lassen, dann werden die mit Saugwind reinigenden Maschinen in Zukunft das Übergewicht über alle mit Druckwind arbeitenden erlangen, da sie noch den Vorteil haben, daß das Sauggebläse zugleich Druckgebläse für die abgesaugte Spreu ist, hierfür also kein besonderes Gebläse mehr gebraucht wird.

Strohförderer

Viel Arbeit verursacht das Wegführen des Strohes hinter der Dreschmaschine. Wenn es hierfür auch schon Strohbinder, selbstbindende Glattstrohpressen und jetzt auch mit Draht selbstbindende Krummstrohpressen gibt, so werden von außerordentlich vielen Fabrikanten Versuche gemacht, das aus der Dreschmaschine kommende Stroh sofort zu Streustroh zu s c h n e i d e n und f o r t z u b l a s e n. Eine an sich ideale Arbeitsvereinigung, auch für das spätere Ausfahren und die Unterbringung des Düngers. Aber leider ist der Kraftbedarf bis jetzt noch außerordentlich hoch, und häufig ist der Betrieb durch Verstopfung der Leitungen gestört, besonders wenn man Heu mit diesen Maschinen fördert. Aber es wird in geradezu stürmischer Weise an der Ausbildung dieser

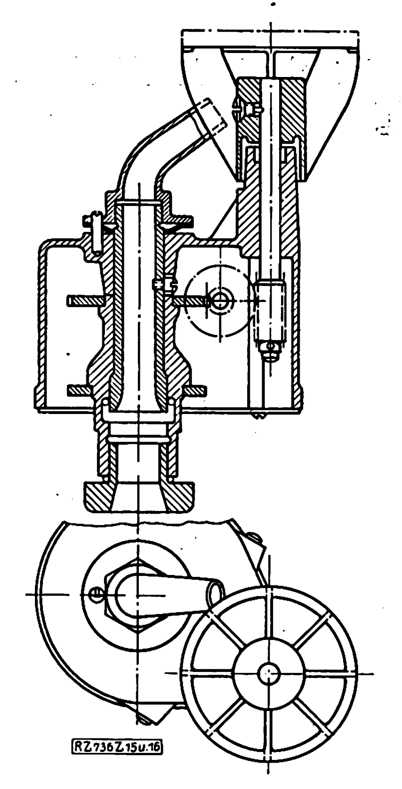


Abb. 15 und 16
Weitstrahlregner der Siemens-Schuckertwerke

Fördergeräte gearbeitet und ohne Zweifel mit Erfolg[9]). So tauchten zum erstenmal in Dortmund Firmen auf, die statt eines offenen Gebläses, zwischen dessen Windflügeln das Fördergut wie bisher hindurch geleitet wird, geschlossene Gebläse ausführen und das Fördergut dahinter in die Förderleitung einschleusen, Abb. 13. Eine andre Arbeitsanordnung, die bisher schon hier und da versucht wurde, war von der Firma Welger, Seehausen, ausgestellt, Abb. 14. Der Einleger ist hier als Strohschneider ausgebildet, so daß das Stroh schon geschnitten in die Dreschmaschine kommt. Hierdurch soll eine größere Leistung der Dreschmaschine erzielt werden, und ferner soll das Stroh besser zerschnitten werden, als bei den Strohschneidern und Gebläsen hinter der Dreschmaschine, wo die an und für sich unregelmäßig vom Ende des Schüttlers abgeworfenen Halme durch die Saugwirkung noch mehr in die Längsrichtung gelangen, so daß sie oft von den Messern nicht geschnitten werden.

Beregnung

Ein andres Gebiet, das ebenfalls ein ganz neues Gesicht seit der Breslauer Ausstellung zeigte, war das der Beregnung. Während bisher nach Möglichkeit ein feiner Sprühregen erzeugt wurde und die Firmen sich bemühten, kleine Flächen möglichst quadratisch zu beregnen, sind in diesem Jahre zum Teil auf die Anregungen des Reg.-Baumeisters Horten hin Weitstrahlregner[10]), Abb. 15 und 16, aufgekommen, die große Vorteile zeigen. Die Verstopfungsgefahr fällt fort; man kann Abwässer benutzen und man beherrscht größere Flächen, wird doch geplant, die Beregnungsdüsen bis 100 m voneinander zu entfernen, so daß eine Düse, ohne verlegt zu werden, 1 ha beregnen kann. In Dortmund war die größte Entfernung allerdings noch 36 m. Aber schon bei diesem geringeren Abstand können gegen früher viele der verlegbaren Leitungen gespart werden. Die Wasserverteilung ist bei den Weitstrahlregnern allerdings nicht so fein, wie bei den bisherigen Beregnungsanlagen, das spielt aber für viele Fälle auf dem Acker und noch mehr auf der Wiese keine große Rolle, während für Gärtnereien usw. die Sprühregengeräte wohl auch künftig vorgezogen werden dürften. Die Hauptfrage ist nun noch die Beschaffung billiger Rohre. Eiserne Rohre sind zu teuer und machen dadurch die ganzen Anlagen unwirtschaftlich.

Trieure

Eine wesentliche Vereinfachung brachten die letzten Jahre in der Getreidereinigung für Mühlen und Saatgutanlagen mit den Hochleistungstrieuren. Wenn man nämlich ein sogenanntes marktfertiges Getreide, wie es aus der Dreschmaschine kommt, als Saatgut verwenden wollte, so würde man eine Menge schwacher und kranker Pflanzen erzeugen. Daher wird immer mehr auf die Herstellung von Edelsaatgut gesehen, das nur die schweren und starken Körner enthält, die maschinell aus dem geernteten Getreide ausgelesen und ausgesiebt werden. In den hierzu nötigen Saatgut-Reinigungsanlagen nahmen die Trieure immer einen großen Raum ein, und auch dann waren sie noch nicht groß genug, so daß die andern ihnen gegenüber leistungsfähigeren Reinigungsgeräte, wie Siebe, Windfegen usw. oft ihre Leistungsfähigkeit gar nicht voll ausnutzen konnten. In den großen Mühlen mit dem starken Getreidedurchfluß mußten ganze Stockwerke mit Trieuren gefüllt werden, was natürlich äußerst unübersichtlich war und viel wertvollen Platz kostete.

Da wurden dann unmittelbar nach dem Kriege aus Amerika, das früher Abnehmer deutscher Trieure gewesen war, aber infolge der Seesperre eigene durch Verwendung von Ausleseschelben sehr leistungsfähige Bauarten geschaffen hatte, diese Scheibentrieure auch bei uns eingeführt und da sie das zehnfache der alten Trieure leisteten, also nur etwa ein Zehntel des Platzes erforderten, von den raumhungrigen Großmühlen den deutschen Trieuren vorgezogen. Durch diesen gefährlichen Wettbewerb angespornt, verbesserten aber die deutschen Trieurfabriken ihre Trommeltrieure, an der Spitze die Firma Seck, Dresden, denen sich bald die Firmen Flammger, Zudse & Co., Mayer & Cie., Neuhaus und Restle anschlossen; und schon heute ist zu erkennen, daß die deutschen Trieurfabriken ihre Stellung wohl wiedergewinnen werden, wobei ein Zusammenschluß sehr günstig wäre, zumal sich die Bauarten der einzelnen Firmen zu einer noch besseren Maschine vereinigen ließen. Die deutschen Hochleistungstrieure er-

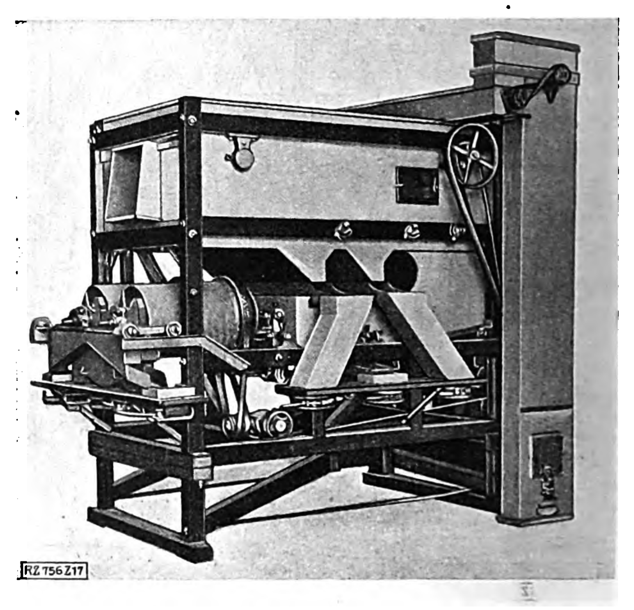


Abb. 17
Saatreinigungsanlage Neusaat für 20 Zentner Stundenleistung mit zwei nebeneinander angeordneten Hochleistungstrieuren von Neuhaus G. m. b. H., Eberswalde

[9]) „Technik in der Landwirtschaft" Bd. 8 (1927) S. 197 u. 229.
[10]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 1615 und Bd. 71 (1927) S. 496.

reichen zwar nur die etwa 5- bis 7fache Leistung der alten Trieure, also immer noch etwas weniger, als die amerikanischen Scheibentrieure, sie haben aber infolge schonenderer Behandlung des Getreides, geringerer Abnutzung und infolge so gut wie keiner Getreideverluste beim Reinigen oder Umstellen auf eine andre Getreideart gegenüber den amerikanischen Maschinen so große betriebliche Vorteile, daß sie sogar ohne weiteres in den Saatreinigungsanlagen benutzt werden können, was bei den Scheibentrieuren nicht der Fall ist[11]).

Ein besonderer Vorteil dieser Hochleistungstrieure in Saatveredlungsanlagen ist ihre Kleinheit und Handlichkeit. In dieser Richtung brachte in Dortmund die Firma Neuhaus, Eberswalde, eine bemerkenswerte Neuheit für größere Saatreinigungsanlagen, Abb. 17. Sie hatte hier nämlich statt eines großen, unhandlicheren zwei kleine Trieure, wie sie in der kleinen Saatreinigungsanlage verwendet werden, nebeneinander angeordnet. Diese Lösung ist auch vom Standpunkt der Normung, Typung und der damit verbundenen Vorteile gut, so daß sie nicht übersehen werden darf.

Melkmaschinen

Nachdem es im Laufe der letzten 20 bis 30 Jahre in Deutschland dreimal vergeblich versucht worden war, die Melkmaschine in die landwirtschaftlichen Betriebe einzuführen, ist nun ein neuer Ansturm gelungen. In Dortmund hatten acht Werke, darunter vier deutsche, brauchbare Melkmaschinen ausgestellt. Die Arbeitsweise, Abb. 18, ist heute bei allen Melkmaschinen ähnlich. Die Zitzen werden mit einem Metallbecher umgeben, der einen Gummizylinder enthält. Während nun der Milchstrahl stets aus der Zitze in einen Unterdruck von 25 bis 42 cm Quecksilbersäule austritt, ist der Zwischenraum zwischen dem die Zitze umschließenden Gummi- und dem Metallzylinder abwechselnd mit dem Unterdruck und der Außenluft in Verbindung, so daß, besonders wenn der Gummizylinder oben dünnwandiger ist als unten, ein Drücken der Zitze von oben nach unten in bestimmten Zeitabständen eintritt.

Recht gut bewährt hat sich die Alfa-Melkmaschine mit zwei Rohrleitungen, aber es scheint, daß man auch mit einfacheren Anlagen mit einer Rohrleitung dasselbe erreichen kann, und der Wettbewerb der Alo-, Westfalia-, Pinetree-Melkmaschinen hat auch die Firma Alfa-Laval-Separator veranlaßt, eine einfachere Melkanlage zu bauen. Eine Frage ist noch nicht ganz gelöst. Bei den meisten Melkmaschinen-Bauarten wird das Nachmelken der Kühe mit der Hand empfohlen, während die Bauarten Wallace und Moment kein Nachmelken



[11]) Vergl. „Technik in der Landwirtschaft" Bd. 8 (1927) S. 164.

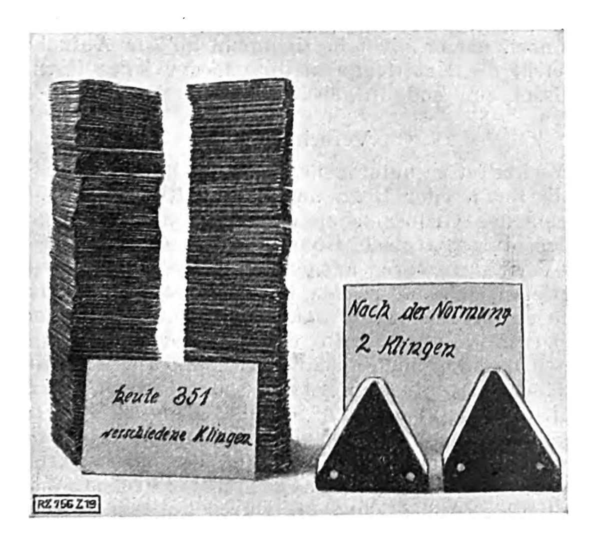


Abb. 19
Der Einfluß der Normung auf die Anzahl der erforderlichen Klingen für Mähmaschinen.

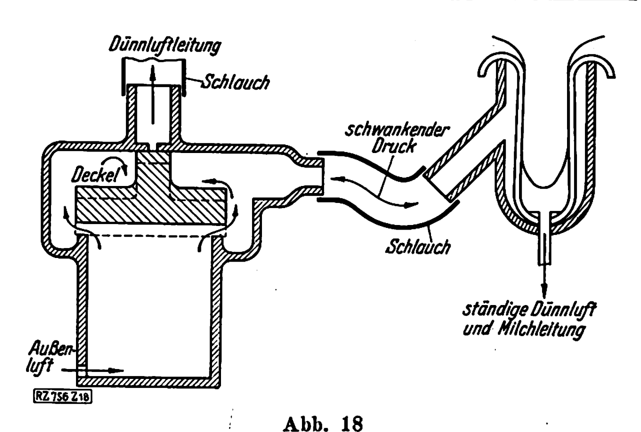


Abb. 18
Schematische Darstellung der Arbeitsweise einer Melkmaschine

verlangen, da hier infolge besonderer Anordnung am Schlusse selbsttätig die Geschwindigkeit des abwechselnden Saugens und Drückens vergrößert wird. Ob diese Geschwindigkeit allerdings nicht etwas zu hoch wird, müssen erst noch langjährige Versuche ergeben. M. E. muß aber auf alle Fälle gefordert werden, daß in Zukunft beim Maschinenmelken die Hand des Melkers nicht mehr zum Nachmelken an die Zitze kommt. Ebenso, wie die saubere Herstellung der Butter mit den neuen Butterfertigern durch Vermeidung der Berührung durch die Hand gelobt wird, so muß auch sauberste Behandlung in den Ställen gefordert werden. Das ist das nächste und dringendste Ziel der Melkmaschinenentwicklung! Dann wird es nicht lange dauern, daß Vorzugsmilch nur durch Maschinen gemolkene Milch sein darf. Bei der Milchwirtschaft zeigt sich deutlich, wie die Industrie die Grundbedingungen für die Veredlung landwirtschaftlicher Erzeugnisse zu liefern hat, hier einmal in der Melkmaschine, dann aber auch in besonderen Erhitzungsverfahren, schädliche Keime in der Milch abzutöten, ohne daß die Milch an Geschmack und Nährwert verliert und schließlich durch Behandeln mit Kühleinrichtungen.

Normung

Von immer größerer Wichtigkeit wird die Normung auch für die Landmaschinenindustrie, und zwar besonders wegen der Ersatzteilfrage. Es ist ein durchaus falscher Standpunkt der Maschinenfabriken, das Ersatzteilgeschäft dadurch in der Hand behalten zu wollen, daß sie einzelne, besonders der Abnutzung unterworfene Teile mit geringfügigen Unterschieden gegenüber denen der Konkurrenzfirmen ausstatten, damit ein Austausch zwischen den einzelnen Ersatzteilen nicht möglich ist. So kommen wir auf etwa 500 verschiedene Rübenmesser, vielleicht ebenso viele Häckselmesser, 1000 Eggenzinken usw., während von jedem nur einzelne wenige Formen tatsächlich erforderlich wären. Daß wir uns auf diese Weise bei manchen guten Maschinen die Ausfuhrmöglichkeiten, die doch heute auch für Deutschland mehr und mehr aufleben, sehr erschweren, ist so augenscheinlich, daß hierüber kein Wort mehr gesagt zu werden braucht. Um so erfreulicher sind die Ergebnisse, die die Normung bis heute schon gebracht hat, und die bei weiterem Vorschreiten mehr und mehr das jetzt in Ersatzteillagern brachliegende Vermögen zu nutzbringender Arbeit freimachen wird. So sind jetzt, wenn ich nur ein Beispiel herausgreife, Vorschläge ausgearbeitet, künftig von 351 verschiedenen Mähmaschinenklingen nur noch zwei Klingen zu verwenden, Abb. 19. Aber man will sich nicht nur mit der Normung der Formen begnügen, sondern ist daran, auch die bisher außerordentlich wechselnde Werkstoffbeschaffenheit zu vereinheitlichen. Allen diesen Arbeiten stehen natürlich auch beträchtliche Widerstände entgegen, besonders von Firmen, denen möglichst vielgestaltige und verwickelte Ersatzteile eine gewisse Vormachtstellung verbürgen.

Die Vereinheitlichung der in den verschiedenen Gegenden verschieden geformten Werkzeuge, wie Sensen,

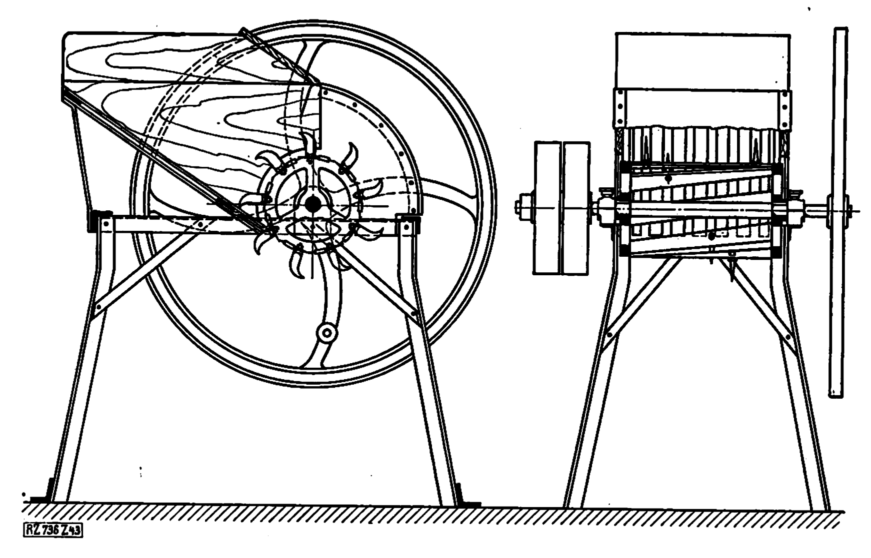


Abb. 21 und 22
Rübenschneider „Greif" von Fricke, Bielefeld

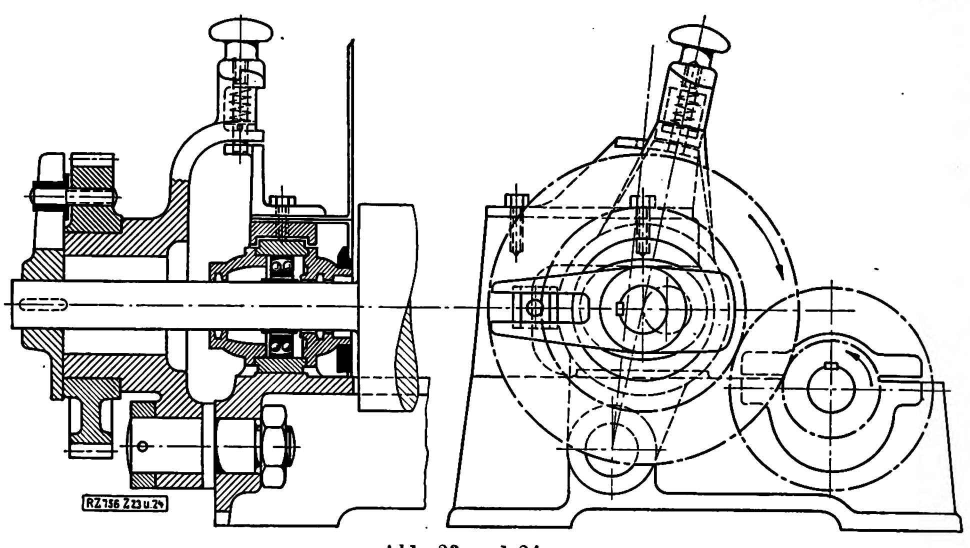


Abb. 23 und 24
Antrieb einer Walzenschrotmühle von F. Stille, Münster i. W.

Schaufeln, Hacken usw. erfordert vorher genaue Eignungsprüfung dieser Geräte, wie sie von den Instituten für Arbeitsforschung mit Stoppuhr und Zeitlupe vorgenommen werden. In jedem Jahr sind hier weitere Fortschritte zu verzeichnen.

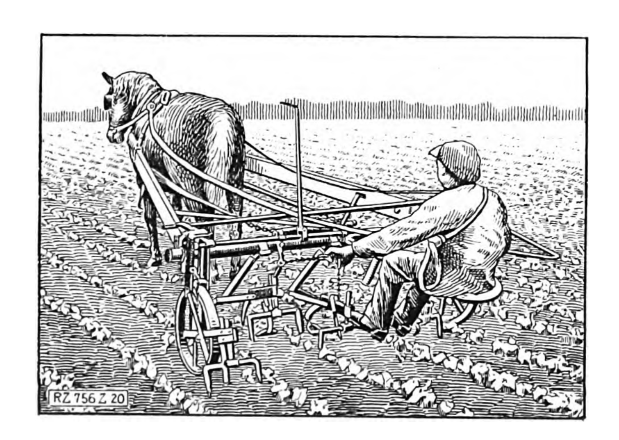


Abb. 20
D-Hacke der Deutschen Industrie-Werke. Die erste von einem Mann zu bedienende Hackmaschine mit Sitz.

Eine besonders eindringliche Forderung dieser Institute ist die Anbringung der Sitzgelegenheit für den Bedienungsmann an den verschiedenen Ackergeräten, gegebenenfalls Anhängen eines besonderen Sitzkarrens. Es ist erstaunlich, wie langsam diese wichtige, kraftsparende Einrichtung in der deutschen Landwirtschaft Eingang findet. Dabei ist es auch wichtig, den Sitz weich genug abzufedern, damit die außerordentlich ermüdenden Stöße der Ackerfahrt abgefangen werden; man darf nie vergessen, daß ein Landwirt, der bei seiner Ackerarbeit frisch bleibt, schon diese flotter und besser ausführt und dann noch zu Hause seine Maschine und Pferde besser pflegen kann. Die Firma Sack brachte einen derartig gefederten Sitz heraus, der den Ehrennamen „Ballonreifensitz" bekommen hat. Die erste, von einem Mann zu bedienende Hackmaschine mit Sitz war die von der Firma Deutsche Industrie-Werke gebaute D-Hacke, Abb. 20. Führung des Pferdes, Steuerung der Maschine, Bedienung der Hackmesser usw. sind hier vom Sitz aus zu bewerkstelligen.

Anbaumotor

Eine Frage, die heute mehr und mehr an Beachtung gewinnt, ist die, wie bei Mähmaschinen und anderen leichteren Landmaschinen mit eigener Arbeitsbewegung die Pferdekraft durch die der Verbrennungsmotoren ersetzt werden soll. Wird sich ein Schlepper als wirtschaftlicher und zweckmäßiger erweisen oder ein kleiner Anbaumotor, der sowohl bei Mähmaschinen, als auch bei Hackmaschinen, Drillmaschinen, Düngerstreuern usw. benutzt werden kann? Auch für die Kartoffelerntemaschine, eine seit 50 Jahren immer wieder bearbeitete, aber noch immer nicht befriedigend gelöste Aufgabe, ist vielleicht die Kraftfrage in dieser oder jener Form der Schlüssel zur endgültigen Lösung.

Verschiedenes

Weiter ist zu untersuchen, welcher Baustoff für Silos: Metall, Beton oder Holz, am wirtschaftlichsten ist. Wie können die Grünspeicher am zweckmäßigsten gefüllt werden, durch Gebläse, Höhenförderer oder dergleichen? Alle Verfahren waren ausgestellt. Die Transportfrage im Stall ist noch nicht gelöst. Die Beförderung der Jauche zeigte durch eine in die Jauchegrube gelegte Schleuderpumpe weitere Fortschritte, da ein Füllen der Pumpe vor Inbetriebsetzung nicht mehr notwendig ist. Die Rübenschneider zeigten neue Formen bei den Firmen Fricke, Bielefeld, Abb. 21 und 22, Stille, Münster, Kremer, Velen i. W. Die Futterdämpfer werden jetzt vielfach mit elektrischem Nachtstrom geheizt. Bemerkenswert war noch die Verbesserung an der Stilleschen Walzenschrotmühle, Abb. 23 und 24. Durch kulissenartigen Antrieb wird ein Auseinandergehen der Walzen ermöglicht, wobei die Zahnräder einwandfrei im Eingriff bleiben. Die Firma Heyer, Geldern, nahm die Fabrikation des in England in den letzten Jahren sehr aufgekommenen

Schwadenrechens, Abb. 25, mit auswechselbarem Mittelstück auf; sie hat hiermit besonders für die oft empfehlenswerte Heubereitung auf Holzgerüsten eine praktische Maschine geschaffen.

Eine Reihe von Fabriken versuchte die in letzter Zeit immer mehr aufkommende Trockenbeize derartig verwendbar zu machen, daß die Belästigung der Leute durch die für Augen und Lungen schädlichen Beizmittel auf ein Mindestmaß herabgesetzt wird. Überhaupt wird besonders auf dem Gebiete des Leuteschutzes und ferner der Unfallverhütung außerordentlich viel getan, was unbedingt erforderlich ist, kommen doch in der deutschen Landwirtschaft jährlich etwa 40 000 Unfälle vor, davon 2000 mit tödlichem Ausgang, wofür die deutsche Landwirtschaft jährlich etwa 45 Mill. ℳ aufzubringen hat. Man ist heute bei der Unfallverhütung von dem strengen Befehl mehr und mehr abgekommen und versucht, die allgemeine Anteilnahme und die Mitarbeit zu gewinnen durch sinnfällige Darstellung und Vorführung praktischer Beispiele, vor allem aber durch Ersinnen von Schutzvorrichtungen, die die Arbeitstätigkeit an der Maschine nicht behindern, sondern erleichtern.

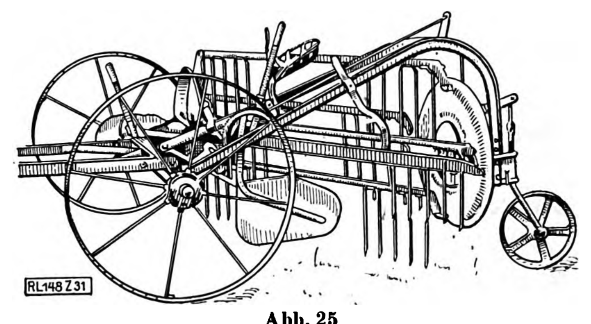


Abb. 25
Schwadenrechen mit auswechselbarem Mittelstück

Überall, das hat Dortmund gezeigt, eifriges Wirken und Schaffen, überall Fortschritt und Aufblühen, das Bild einer starken schaffenskräftigen Industrie; der Vergleich mit den ausländischen Landmaschinenausstellungen zeigt aber darüber hinaus, daß heute unsere deutsche Landmaschinenindustrie in Europa an der Spitze steht. [B 756]

Abnahmeversuche an Turbokompressoren

Nach der in Z. Bd. 71 (1927) S. 1007 wiedergegebenen Aussprache scheint es nötig, auf die Verhältnisse einzugehen, die sich beim Betrieb der Kondensationsanlage einer Dampfturbinengruppe mittels kleiner Hilfsturbinen ergibt. Vor allem spielen zwei Zahlen bei der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit eines solchen Antriebes gegenüber dem rein elektrischen Betrieb von Kondensationsanlagen eine gewisse Rolle, deren Bedeutung bisher nicht ganz klar hervorgetreten ist:

1. das Leistungsverhältnis $K = \frac{N'}{N}$ mit N' als Hilfsmaschinenleistung (Kraftbedarf der Kondensation) und N als Hauptmaschinenleistung,
2. das Dampfmengenverhältnis $\varepsilon = \frac{d}{D}$ mit d als Dampfgewicht in kg/h der Hilfsturbine und D als Dampfgewicht der Hauptturbine bei einer bestimmten Belastung.

Die erste Zahl ist nur dann vergleichbar, wenn für N eine bestimmte Leistung der zu vergleichenden Gruppen (z. B. Vollast) angenommen wird. Sie ist bei größeren Gruppen kleiner, bei kleineren verhältnismäßig größer. Die von Dr.-Ing. Landsberg genannte Zahl von 4 vH bezieht sich daher nur auf einen bestimmten Fall. Die Leistungen lassen sich aus den Versuchswerten berechnen.

Die zweite Zahl, das Dampfmengenverhältnis ε, kann in einem und demselben Fall dadurch verschiedene Werte annehmen, daß sich vor allem d ändert. Dies kann, wie auch schon erwähnt ist, durch Veränderung des Gegendruckes der Hilfsturbine geschehen. Bei Umstellung der Hilfsturbine auf Kondensation ist d trotz der im allgemeinen schlechteren Wirkungsgrade η_h der Hilfsturbine am kleinsten, da das zur Verfügung stehende Wärmegefälle am größten ist. In den seltensten Fällen gelingt es hier, durch entsprechend hohe Drehzahl und Stufenzahl das zum Erreichen eines bestimmten hohen Wirkungsgrades nötige $\frac{\Sigma u^2}{H_0}$ in der Hilfsturbine unterzubringen; auch dann aber erzielt man schwerlich den Wirkungsgrad der Hauptturbine, da die Dampfmenge wesentlich kleiner ist[1]).

Bei Erhöhung des Gegendruckes der Hilfsturbine durch Einleiten des Abdampfes in einen Vorwärmer oder in eine Stufe der Hauptturbine wird das Gefälle H_0 verringert. Die Folge davon ist, daß schon einfach gebaute Hilfsturbinen Wirkungsgrade von 60 bis 65 vH erreichen. Die Dampfmenge und damit der Vergleichswert ε muß große Werte annehmen. Da aber bei Betrieb mit Vorwärmer der Dampf der Hilfsturbine dem Arbeitsprozeß in der Hauptturbine entzogen und dem Wärmeprozeß zugeführt wird, genügt es nicht mehr, die Dampfmengenverhältnisse zu vergleichen, sondern man muß, um diese Schaltungsart zu beurteilen, den Vergleich auf die aufgewandten und die verbrauchten Wärmemengen für die Einheit der Leistung beziehen.

Auch durch Einschalten der Hilfsturbine in eine Stufe der Hauptturbine erreicht man wohl den auch im Schriftwechsel erwähnten Vorteil, infolge des kleineren Wärmegefälles einfach gebaute Hilfsturbinen verwenden zu können; doch sind mit der Einführung des Abdampfes in die Hauptturbine mannigfache Nachteile verbunden, die dazu geführt haben, daß man neuerdings diese Schaltungsart weniger häufig anwendet. Z. B. kann bei starkem Lastwechsel die Drucksteigerung an der Einführstelle des Abdampfes so groß werden, daß die Hilfsturbine, insbesondere bei fallendem Frischdampfdruck, die verlangte Leistung nicht hergibt. Bei Entlastung der Hauptturbine muß ferner unbedingt dafür gesorgt werden, daß der Dampf der Hilfsturbine die Hauptturbine nicht zum Durchgehen bringt. In diesem Fall muß man daher auf Auspuff oder Kondensation umstellen, was wieder den Nachteil hat, daß die auf Überdruck eingestellten Stopfbüchsen der Hilfsturbine nun gegen Luftleere abzudichten haben, wodurch Störungen hervorgerufen werden können.

Um die Schwankungen des Abdampfdruckes von der Hilfsturbine fernzuhalten, kann man zwar Hilfsdüsen verwenden, die den Gegendruck der Hilfsturbine unverändert erhalten; aber dann tritt die Gefahr des Abfalls der Hilfsturbinenleistung noch stärker hervor. Wenn daher Rollwagen erwähnt, daß diese Schaltung die Höchstlast beeinträchtigt, so trifft dies bis zu einem gewissen Grade zu. Am sichersten ist noch diese Schaltung bei Zweidruckturbinen, deren Steuerung den Druck des in die Hilfsturbine eingeführten Abdampfes unveränderlich erhält. Da bei dieser Schaltung der Abdampf im Niederdruckteil der Hauptturbine weitere Nutzarbeit leistet, ist ε kleiner als bei Verwendung von Vorwärmern.

Eine einwandfreie Beurteilung der Güte einer Schaltungsart ergibt aber immer nur der Vergleich auf Grund des spezifischen Wärmeverbrauches[2]). Es würde hier zuweit führen, näher auf die sich ergebenden Verhältnisse einzugehen; deshalb sei auf die unten angeführte Schrift hingewiesen[2]). Man muß stets auch angeben, wie der Abdampf der Hilfsturbine verwendet wird; denn bei Rückgewinnung der Wärme dieses Abdampfes, im Speisewasser z. B., erzielt man gegenüber allen anderen Schaltungen eine wesentliche Verbesserung im Gesamtverbrauch, obschon die Abdampfmenge der Hilfsturbine verhältnismäßig groß ist.

Der Angabe von Dr.-Ing. Landsberg, daß man durch Vergrößern der Dampfmengen (Erhöhung des Gegendruckes) den Dampfantrieb der Hilfsmaschinen dem elektrischen Antrieb gleichwertig machen kann, trifft somit nur mit gewissen Einschränkungen zu. Werden auch die hydraulischen Verluste in den Schaufeln mit zunehmenden Dampfmengen kleiner, so steigt anderseits der Verlust durch Undichtheit; außerdem verstärken sich die oben erwähnten Betriebsgefahren. Ist es aber möglich, die Abdampfwärme im Speisewasser auszunutzen, so erzielt man beim Dampfantrieb wohl die günstigsten Verhältnisse, doch dürfte der elektrische Antrieb in den meisten Fällen vorzuziehen sein.

Berlin [N 760] Dr. Melan

[1]) Näheres s. Archiv für Wärmewirtschaft Bd. 8 (1927) S. 309.

[2]) Vergl. Melan: „Schaltungsarten von Haus- und Hilfsturbinen", Berlin 1926.

Großflächen-Holzschleifer

Von Ing. Fritz Hoyer, Cöthen

Einflüsse, die beim Holzschleifen maßgeblich sind. — Die einzelnen Bauarten des Großflächenschleifer: Stetiger Schleifer von Voith, Dauerschleifer von Füllner, Bautzener Schleifer, Zwillingspressenschleifer der Miag, mechanischer Großflächenschleifer von Ripperger.

Auf den Schleifvorgang beim Zerfasern des Holzes für Papierhalbstoff haben die verschiedensten Bedingungen ihren Einfluß. Man unterscheidet zweierlei Haupteinflüsse:

1. Einflüsse, die unabänderlich gegeben oder durch ganz bestimmte gewählte Umstände hervorgerufen werden, und
2. Einflüsse, die auf willkürlich gewählten Umständen beruhen.

Zu den ersten gehört die Art des verwendeten Schleifsteines, also die Körnung, die Härte, das Bindemittel und die sich aus diesen drei Umständen ergebende Schärfe. Je nach dem gewünschten Endergebnis, also der Art des zu schleifenden Stoffes, hat man hierbei eine ziemlich weitgehende Unterscheidung zu treffen, ganz besonders aber bei dem Kunststein, der infolge der leichteren willkürlichen Beeinflussung seiner Eigenschaften auch heute oft für große Schleifer dem Naturstein vorgezogen wird. Als ein im allgemeinen unabänderlicher Umstand ist auch die Holzart zu bezeichnen; denn soweit es sich um die Großerzeugung von Holzschliff handelt, werden nur besondere und für den Zweck besonders geeignete und hohe Ausbeuten bei hoher Stoffgüte ergebende Holzarten verwendet. Ein andrer Umstand, der von einem großen Einfluß auf den Schleifvorgang ist, ist die Beschaffenheit des Holzes, das sich, je nachdem, ob es frisch oder trocken, alt oder jung, gedämpft, gekocht oder nicht vorbehandelt ist, sehr verschieden verhält. Von immer größerwerdender Bedeutung ist die Form des Schleifholzes, das ja in den meisten Fällen rund ist. Immer mehr kommen aber auch Spalthölzer und auch Schwarten zum Verschleifen, die also eine mehr oder minder kantige Form aufweisen.

Von sehr großem Einflusse sind nun ferner die Umstände, die man willkürlich wählen und verändern kann. Hierher gehört die Schärfung der Steine, die man weitgehend in der Hand hat, die Geschwindigkeit, mit der der Stein umläuft und die man heute bis nahe an die zulässige Festigkeitsgrenze treibt. Weiter ist hierher zu rechnen der Winkel, unter dem das Holz in bezug auf die Lagerung der Fasern an den Stein angepreßt wird, also je nachdem, ob es sich um Querschliff, Längsschliff oder Diagonalschliff handelt. Im allgemeinen wird allerdings heute bei allen neueren Schleiferbauarten der Querschliff durchgeführt. Auch der Druck auf 1 cm² Schleiffläche, unter dem das Holz dem Stein anliegt, hat einen großen Einfluß und ist willkürlich wählbar.

Von hoher Bedeutung ist hierbei das Verhältnis der Umfangsgeschwindigkeit des Steines zum Druck. Es hat sich nämlich durch Versuche und vor allen Dingen auch in der Praxis gezeigt, daß bei niedrigen Drücken (z. B. 225 g/cm²) die Leistung um etwa 9 vH erhöht wird, wenn man die Geschwindigkeit des Steines (z. B. von 12 auf 16 m/s) erhöht, bei hohen Drücken (etwa 550 bis 1050 g/cm²) hingegen wird bei einer Erhöhung der Steingeschwindigkeit in den obengenannten Grenzen die Leistung herabgesetzt, und zwar um 5 bis 20 vH. Den Druck hat man nun in den letzten Jahren immer mehr gesteigert; man ging zunächst bis zu 2000 g/cm², da man hier bei gleichbleibender Schleiffläche eine ziemlich gleichmäßige Leistung erhielt.

Hierbei spielt allerdings die Spritzwassermenge eine große Rolle. Bei der Verwendung von großen Spritzwassermengen, wie man sie beim Kaltschliff braucht, wird wohl die Schleiffläche des Steines dauernd rein gespült; anderseits wird aber die Wärme rasch abgeführt, so daß sie nicht ihren günstigen Einfluß auf das Holzgefüge ausüben kann. Wenn man mit hohem Druck unter großer Spritzwasserzugabe schleift, dann erzielt man einen röschen Stoff. Durch die Verwendung geringerer Spritzwassermengen, also beim Warmschliff, sind wesentliche Vorteile nicht zu erzielen. Anders liegt der Fall beim Heißschliff, bei dem man mit sehr wenig Spritzwasser schleift.

Um nun hier ein Verschmieren des Steines zu verhüten, was gleichbedeutend mit einer Verminderung oder gar einem Aufhören der Schleifwirkung sein würde, läßt man bei dem Heißschliff den Stein im abgeschliffenen Stoff „waten", indem man diesen staut. Man erreicht dann bei sehr hohen Schleifdrücken (bis zu 5000 g/cm²), die man heute anwendet, daß der Stoff immer feiner wird und so eine Schmierwirkung ausübt, die wohl eine Steigerung der Schleifleistung verhindert, aber anderseits günstigen Einfluß auf den Kraftverbrauch hat. Daß es in der Beschränkung der Schleifwassermenge Grenzen nach unten gibt, ist bekannt. Denn durch zu geringe Wasserzugabe wird einmal ein nachteiliger Einfluß auf den Stein ausgeübt, der dessen Festigkeitseigenschaften ungünstig beeinflußt, und zum andern besteht die Gefahr, daß der Holzkörper durch die Dampfbildung zum Teil gesprengt wird, so daß sich Splitter bilden. Eine weitere Gefahr der zu großen Erhitzung liegt darin, daß das Holz anfängt, sich zu bräunen, indem sich die Lignine umsetzen; es zeigt sich also dann leicht eine ähnliche Erscheinung, wie man sie beim Dämpfen des Holzes herbeiführt.

Von ganz besonders großem Einfluß ist nun die Größe der Schleiffläche, und zwar vor allem hinsichtlich der Länge des Steines. Je länger die Schleiffläche ist, desto gleichmäßiger muß im allgemeinen der Schleifvorgang werden. Die für die Güte und für die Mengenleistung des Stoffes so schädlichen Schwankungen werden in der Hauptsache durch die sich dauernd ändernde Reibfläche zwischen Stein und Holz hervorgerufen. Einen idealen Schleifvorgang würde man in dieser Hinsicht erzielen, wenn man einen geschlossenen Holzblock an die Schleiffläche des Steines anpressen könnte, so daß eine lückenlose Berührungsfläche auf die ganze Schleiflänge entsteht.

Dieser Umstand und die Tatsache, daß eine lange Schleiffläche an und für sich ein besseres, weniger splitterreiches Ergebnis liefert, gaben den Anlaß zur Konstruktion neuer Großflächenschleifer.

Man unterscheidet bei diesen Großflächen-Holzschleifern Mehrpressen-Schleifer mit Preßkasten und Einpressen-Schleifer mit einem Holzschacht oder einem Holzmagazin. Bei den Mehrpressen-Schleifern findet man die sehr bewährte hydraulische Anpressung des Holzes ebenso wie auch den rein mechanischen Vorschub, bei den Einpressen-Schleifern mit Holzschacht nur den mechanischen Vorschub. Ein Mittelding zwischen den beiden Arten bildet der zweipressige Großpressen-Schleifer mit Holzkasten und Vorschub mittels Flüssigkeitsdruckes, den man allgemein als Magazinschleifer bezeichnet.

Die erste Maschine dieser Art, die in der Industrie weitgehende Einführung fand, war der bereits erwähnte V o i t h s c h e M a g a z i n schleifer[1]), dessen Kennzeichen in selbsttätiger Holzzuführung und selbsttätiger Umsteuerung der Pressen bestand. Der Magazinschleifer hat nur z w e i S c h l e i f p r e s s e n, die aber sehr große Schleifflächen aufweisen. Die durch die dauernde Veränderung der Schleiffläche hervorgerufenen Schwankungen bleiben auch bei dieser Bauart bemerkbar. Diese Maschinen finden sich noch in vielen Großkraft-Schleifereien, es werden aber in neuerer Zeit wegen der größeren Vorteile immer mehr die neueren, im folgenden erwähnten Bauarten der Großflächen-Schleifer bevorzugt.

Die erste in der Industrie verwendete Bauart dieser neuen E i n p r e s s e n - S c h l e i f e r mit großer Schleiffläche und ununterbrochener Zuführung des Holzes dürfte wohl m. W. der „W a r r e n - Schleifer" der Do-

[1]) Vergl. Z. Bd. 68 (1924) S. 757.

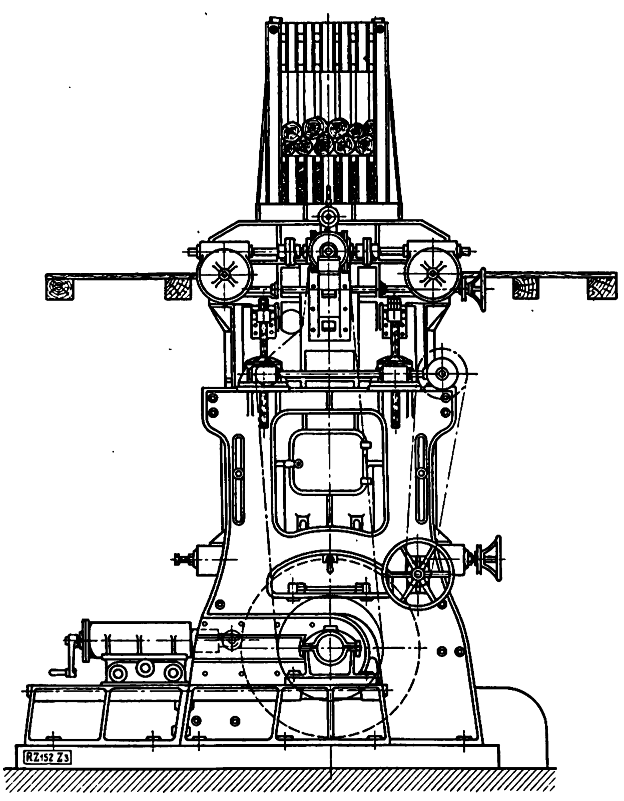


Abb. 1
Einpressiger Großflächenschleifer, Bauart Füllner-Werk, Warmbrunn. Zum Vorschub des Holzes dienen Schraubenspindeln.

minion Engineering Works in Montreal gewesen sein, der sich allerdings in seinen Ausführungen stark an ältere deutsche Vorschläge anlehnt, die wegen andrer deutscher Patente nicht geschützt werden konnten. Dieser Warren-Schleifer hat in Deutschland keinen Eingang gefunden und weist auch dem nachstehend erwähnten Voithschen „Stetig"-Schleifer gegenüber verschiedene Nachteile auf, die vor allen Dingen in dem sehr hohen Holzschacht zu suchen sind und in der Art der Vorschubketten. Auch bei dem Warren-Schleifer wird das Holz durch eigenartig geformte Ketten vorgeschoben.

Gerade die Vorschubteile der verschiedenen Bauarten, die sich auf solche Einpressen-Schleifer beziehen, bilden leicht eine schwache Stelle. Bei dem Warren-Schleifer wird das Holz von Gliedern gefaßt, die mit Spitzen versehen sind; hierin liegt die Gefahr, daß das Vorschieben nicht vollkommen sicher geschieht und daß sich beim Herausreißen der Spitzen aus dem Holze Splitter bilden.

Der Voithsche Schleifer[2]) (stetiger Schleifer) war somit eine wesentliche Verbesserung, da er einmal den allzuhohen Holzschacht vermied und dann die seiner Bauart eigentümliche Form der Vorschubketten schaffte. Es hat sich erwiesen, daß nicht das Eigengewicht der Holzsäule im Schacht, als vielmehr eine seitliche Pressung eine Verdichtung der Holzsäule zur Folge hat. Der hohe Holzschacht brachte also keine besonderen Vorteile, sondern eher Nachteile, da eine Gefahr des Klemmens der Hölzer immer vorhanden ist. Bei der seitlich wirkenden Verdichtung der Holzsäule ist das viel unwahrscheinlicher. Die Holzrollen werden ununterbrochen und gegebenenfalls auch durch geeignete Vorrichtungen nachgefüllt. Es bereitet keine Schwierigkeiten, selbst Schleifer mit 2200 mm Schleifbreite durch einen Mann zu beschicken. Bei Anordnung geeigneter Fördervorrichtungen kann ein Arbeiter sogar mehrere Maschinen bedienen, so daß die Bedienungskosten auf einen sehr kleinen Betrag heruntergedrückt werden.

[2]) Z. Bd. 68 (1924) S. 759.

Zur Regelung dieser Schleifer benutzt man einen elektrischen Hilfsmotor, der die Ketten vollkommen gleichmäßig bewegt.

Nachdem nun die Vorteile dieser einpressigen Großflächen-Holzschleifer einmal zweifellos erwiesen waren, gingen auch andre Firmen dazu über, solche Maschinen zu schaffen. Die Firma Füllner-Werk in Warmbrunn benutzt bei ihrem Dauerschleifer zum Vorschub des Holzes Schraubenspindeln, Abb. 1. Durch diese Schraubenspindeln wird eine sichere und gleichmäßige Zuführung der Holzrollen an den Stein erreicht.

Das Holz wird hierbei in der Weise angepreßt, daß mittels der seitlichen Spindeln die Holzsäule verdichtet wird, da der Stein keilförmig wirkt, wobei auch die in der Mitte liegenden Holzrollen sicher gefaßt werden. Die Gewindegänge der Spindeln heben dabei das Gewicht der Holzsäule fast vollkommen auf. Der seitliche Druck der Spindeln wird durch Kniehebel geregelt, so daß eine Anpassung an die jeweiligen Verhältnisse in leichtester Weise möglich ist. Klemmungen innerhalb des Holzschachtes, die an und für sich nur schwer auftreten können, werden durch die seitlich federnd gelagerten Spindeln vermieden.

Eine dritte Bauart, die sich bisher in der Industrie eingeführt hat, ist der Schleifer der Eisengießerei und Maschinenfabrik, A.-G., Bautzen, Abb. 2, der ebenfalls eine stetige Schleifarbeit bezweckt und dessen Eigentümlichkeit in den als Vorschubgliedern dienenden Rollenketten liegt. Diese Rollenketten stellen eine besonders einfache Vorrichtung dar, die sicher manche Vorteile aufweist. Ob sie allerdings alle Vorteile der Voithschen Kettenglieder und auch der Füllnerschen Spindeln hat, muß erst erwiesen werden.

Die großen und sehr hoch einzuschätzenden Vorteile dieser Rollenketten sind zunächst in ihrer Unempfindlichkeit, der leichten Auswechselbarkeit der einzelnen Glieder und deren niedrigem Preise zu suchen. Grundsätzlich bestehen die Rollenkettenglieder aus einfachen Hartholzrollen, die mit Stahlspindeln versehen sind. Diese Stahlspindeln wieder laufen in Bronzelagerbüchsen, die durch eingeschnittene Schraubengänge und Schraubenspindeln bewegt werden und so die vorschiebende Bewegung der Rollen zustandebringen. Es besteht also hier die beste Möglichkeit, die einer Schmierung bedürftigen Stellen zu schmieren, ohne daß eine Gefahr der Verunreinigung des Stoffes vorhanden ist. Bei den Gliederketten ist das nicht in dieser einfachen Weise möglich. Von ganz besonderem Vorteile dürften sich aber diese Holz-

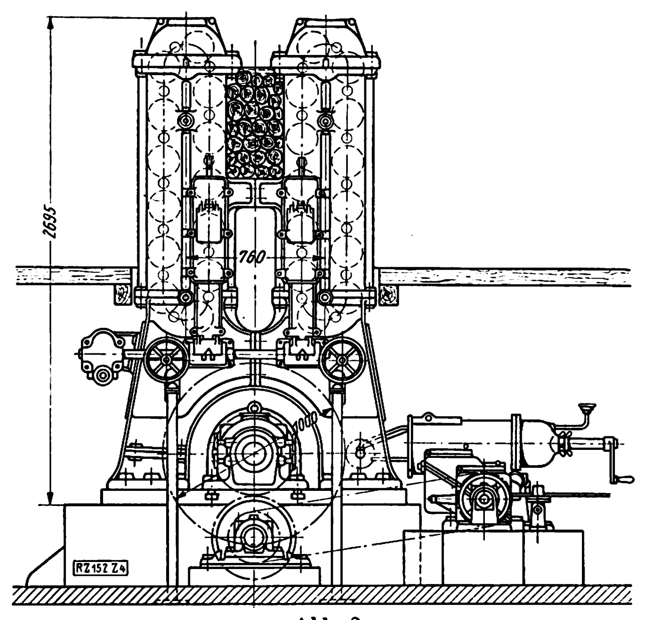


Abb. 2
Stetiger Schleifer der Eisengießerei und Maschinenfabrik A.-G., Bautzen. Zum Vorschub dienen Rollenketten.

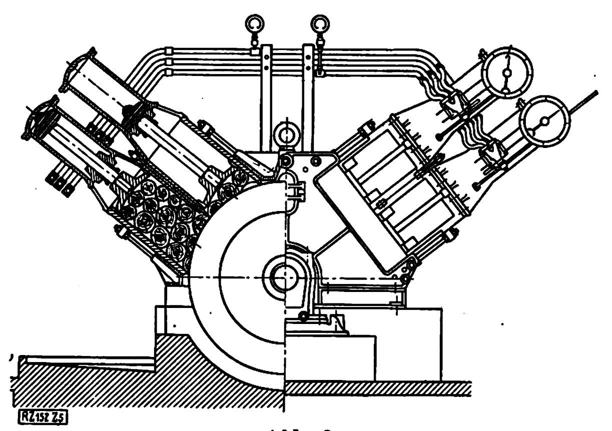


Abb. 3
Zwillings-Pressenschleifer der Amme-Luther-Werke, Braunschweig, (Miag A.-G.), mit hydraulischem Vorschub

rollen bei dem Verschleifen von gedämpftem Holz, also bei der Braunholzschleiferei erweisen; denn die Ameisensäure kann mit den Eisenteilen der Rollenkette kaum in Berührung kommen, während sie den Holzteilen nicht schadet. Daß die Ameisensäure des gedämpften Holzes einen nachteiligen Einfluß auf die Stahlketten und die Stahlspindeln ausüben muß, unterliegt keinem Zweifel. Eine Verwendung von Sonderstahl, der diesen Angriffen nicht unterliegt, dürfte wohl zunächst noch an dem zu hohen Preise scheitern.

Eine seitliche Zusammenpressung des Holzes findet bei diesen Schleifern nicht in dem Maße statt, wie bei den andern Bauarten, da sich die Rollketten vollkommen parallel nach unten bewegen. Das Holz erfährt aber einen starken, senkrecht gerichteten Druck und eine durchaus gleichmäßige Zuführung zur Schleiffläche. Die Wirkung des Rollkettenvorschubes erstreckt sich auch nicht so dicht an den Schleifstein heran, wie bei der Kniehebelkette und der Schraubenspindel.

Der Schleifdruck dieses Schleifers wird durch Veränderung der Vorschubgeschwindigkeit der Rollenketten geregelt.

Um aber auch die Vorteile des hydraulischen Antriebes für die Großflächen-Holzschleifer ausnutzen zu können, hat man auch die Pressenschleifer mit größeren Schleiflängen versehen.

Als Beispiel dafür dient der „Zwillings-Pressenschleifer“, Abb. 3, der Amme-Luther-Werke, Braunschweig, (Miag A.-G.). Dieser Schleifer ist nach den Grundsätzen der hydraulischen Mehrpressenschleifer gebaut, nur sind je zwei Schleifpressen so dicht aneinandergerückt, daß sie lediglich durch eine schmale Zwischenwand getrennt sind. Diese Zwischenwände sind verstellbar und im normalen Betrieb etwas vom Stein zurückgestellt. Die Schleifhölzer je zweier nebeneinanderliegender Preßkasten treffen also an dieser Stelle zusammen und bilden eine geschlossene Schleiffläche von etwa 1 m Länge.

Diese Zwillingsschleifer verlangen nun eine ganz gleichartige Bedienung wie die üblichen Mehrpressenschleifer mit hydraulischem Holzvorschub; sie haben also nicht die großen Vorteile der einfacheren und leichteren, mechanisch durchführbaren Beschickung der erwähnten Einpressenschleifer mit Vorratschacht. Bei kleineren Anlagen macht sich dieser Unterschied allerdings kaum sehr bemerkbar, während er bei großen sehr wohl ins Gewicht fällt.

Bei stark schwankenden Wasserkräften hat man die Möglichkeit, die Trennwand zwischen je zwei Pressen bis dicht an den Stein heranzustellen und so den Schleifer mit drei oder auch nur mit zwei der kleinen Pressen zu betreiben und dennoch eine günstige Belastung und Ausbeute zu erzielen.

Als besondere Vorteile dieser Großflächen-Schleifer ist vor allen Dingen die einfache Abpressung des Holzes zu nennen. Aus der bewährten Bauart ergibt sich ferner

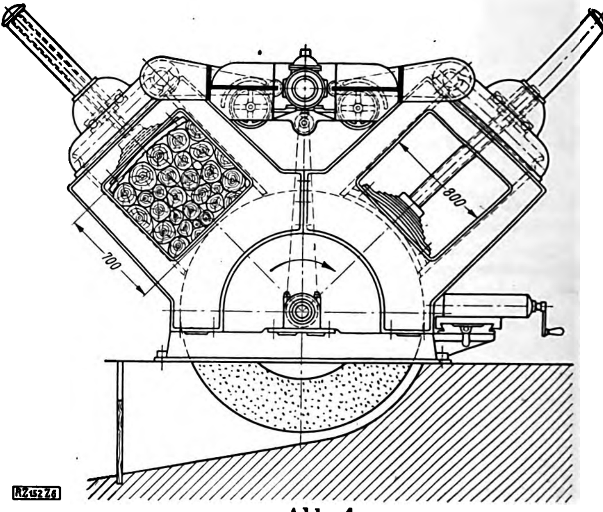


Abb. 4
Mechanischer Großflächenschleifer von Ripperger & Cie.

die hohe Betriebsicherheit, die den Kastenschleifern zu eigen ist, und die niedrigen Unterhaltungskosten, da keine dem Verschleiß stark ausgesetzten Teile vorhanden sind. Geregelt wird bei diesen Schleifern mit Drucköl, das einen besonders günstigen Einfluß auf den geringen Verschleiß der Preßzylinder und -kolben hat. Eine Verunreinigung des Stoffes durch dieses Öl ist nicht zu befürchten, da man das Eindringen von Öl in die Schleifkasten mit Sicherheit verhindert.

Infolge seiner Bauart bietet der Zwillingsschleifer bei der Aufstellung gleiche Vorteile wie die Kastenschleifer. Vor allen Dingen beansprucht er keine so hohen Räume wie die Einpressenschleifer mit ihren verhältnismäßig hohen Holzschächten. Infolgedessen ist eine wesentliche Ersparnis an Baukosten zu erzielen und in vielen Fällen eine günstige Anlage der ganzen Schleiferei auch in älteren Betrieben und vorhandenen Gebäuden. Die Beanspruchung der Steine und somit der Wellen und der Lager ist zweifellos günstiger als bei den Einpressenschleifern, bei denen der gesamte Druck senkrecht nach unten wirkt. Infolge der großen Preßkästen ist auch das Verschleifen sehr dicker Holzrollen (bis zu 400 mm Dmr.) angängig, was allerdings nicht von so praktischer großer Bedeutung ist, da so starkes Schleifholz heute kaum mehr in den Handel kommt.

Als letzte Bauart dieser neuen Großflächen-Schleifer ist der in der Abb. 4 gezeigte mechanische Großflächenschleifer der Firma Ripperger & Cie. zu nennen. Diese Schleifer haben zwei einander schräg gegenüberliegende Preßkasten von außerordentlich großen Abmessungen. Die Schleiflänge beträgt bei jedem Kasten 800 mm.

Die beiden Preßkasten arbeiten abwechselnd. Vor Beendigung des Arbeitsganges der einen Presse wird der zweite, inzwischen mit Holz beschickte eingeschaltet. Die Belastung des Schleifers ist somit gleichmäßig, da ununterbrochen geschliffen wird. Die erwähnten Schwankungen in der Belastung durch die infolge der Rollenform des Schleifholzes bedingten Änderungen in der Schleiffläche bestehen naturgemäß auch hier; sie müssen durch eine geeignete Regelung ausgeglichen werden. Die Einflüsse des Pressenwechsels sind aber bei dieser Schleiferbauart praktisch unbedeutend.

Beide Pressen werden von einem Preßölregler geregelt, der mittels einer Kette von der Schleiferwelle aus angetrieben wird und über Kupplungen mit dem Getriebe im Räderkasten in Verbindung steht. Die Preßplatten werden durch Schneckenradgetriebe und Spindel gegen das Holz gedrückt, die Preßplatten selbst sind gefedert. Die selbsttätige Auf- und Abwärtsbewegung der Pressen kann auch mit der Hand in jeder Höhenstellung gesondert unterbrochen oder beschleunigt werden.

[B 152]

Die Pendelseilbahn als flächenbestreichendes Fördermittel

Von Dipl.-Ing. G. W. Heinold, Leipzig

Doppelpendelbahn auf Zeche Mathias Stinnes III/IV

Auf der Schachtanlage Mathias Stinnes III/IV in Gladbeck bei Essen arbeitet ein Haldenschütter, den man bei der Beladestelle als Drahtseilbahn und an der Entladestelle als Kabelkran ansprechen könnte, Abb. 1 und 2. Es ist eine von der Gesellschaft für Förderanlagen Ernst Heckel, Saarbrücken, gebaute, in Gesamtanordnung und Einzelkonstruktion von allem Gewohnheitsmäßigen abweichende Doppel-Pendelseilbahn, deren eigenartige Ausbildung eine Folge der Aufgabenstellung ist. Während man sonst bei Haldenseilbahnen nach größter Ausnutzung des Sturzplatzes durch Schüttung eines hohen Kegels oder langer, gerader Dämme mit möglichst geringer Grundfläche strebt, wurde im vorliegenden Falle bei mäßiger Sturzhöhe eine außergewöhnliche Flächenbestreichung gefordert, da das aufgehöhte Gelände später für andre Zwecke nutzbar gemacht werden sollte.

Abb. 2 zeigt die Grundrißform des Sturzplatzes und seine Lage gegenüber der Kohlenwäsche, wo die zu fördernden Waschberge entfallen, ferner die Linienführung der Zubringerbahn und die von dem eigentlichen Haldenschütter bestrichene nutzbare Sturzfläche in Form eines Kreisausschnitts, dessen Mittelpunkt so gelegt werden konnte, daß die Entfernung von der Beladestelle dem Kreishalbmesser, 250 m, gleich wurde; dies ermöglichte die Verwendung eines für beide Bahnteile gemeinsamen Zugseiles für die zwei Wagen, die im Pendelverkehr insofern gegenläufig arbeiten, als der eine in der Beladestelle eben gefüllte jeweils voll vorwärts zu der in der Mitte liegenden Zwischenstation eilt, wenn der andre von der fahrbaren Endhaltestelle aus zu jener leer zurückkommt, um die von dem ersten angeförderten Berge aufzunehmen und im Verlauf des weiteren Arbeitspieles auf Halde zu stürzen. Unter Zugrundelegung einer Fahrgeschwindigkeit von 5 m/s und eines Wageninhaltes von 2500 kg wird eine Leistung von 50 t/h mit zwanzig stündlichen Arbeitspielen erreicht.

Die Beladestelle ist der Kohlenwäsche unmittelbar vorgelagert, Abb. 3; sie enthält im oberen Teil einen Ausgleichbunker, in dem sich die von einem Hilfsförderer aus dem Obergeschoß der Wäsche zugeführten Berge zunächst ansammeln, eine Arbeitsbühne für das Beladen der Wagen und schließlich die Spannvorrichtung für das Tragseil der anschließenden Strecke. Die Spannvorrichtung ist mit Rücksicht auf vorhandene Gleisanlagen wie die Haltestelle selbst äußerst kurz gehalten.

Für Ausgleichmuffe, Spannseil und Scheibe war nicht genügend Raum, und so ergab sich die Notwendigkeit einer Sonderbauart, die im wesentlichen die Form eines dreieckigen Winkelhebels hat. An dessen einem Arm ist das durch Betonklötze belastete 50 000 kg schwere Spanngewicht mit Gelenkbolzen und Laschen angeschlossen, während der andre obere Arm zu einem langen, gekrümmten Schuh ausgebildet ist, der als Auflager für das Tragseil und als Widerlager für dessen Endmuffe dient, beim Spannen des Tragkabels aber auch als Rollenblock des dazu nötigen Flaschenzuges verwendbar ist. Dieser Winkelhebel schwingt um ein doppeltes Bolzenkipplager, das die aus Seilzug und Spanngewicht zusammengesetzten Kräfte auf die Eisenkonstruktion der Haltestelle überleitet und ein sofortiges Ansprechen des Hebels schon auf geringfügige Spannungsschwankungen und Längenänderungen des Tragseiles gewährleistet. Kurz vor der Seilverankerung im Winkelhebel kommt der Förderwagen zum Stillstand und wird sodann aus dem Füllrumpf beladen. Um die beim Füllen des Kippkübels auftretenden Stöße vom Seil selbst fernzuhalten und dies zu schonen, sind Hilfsschienen zum Abfangen dieser Kräfte vorgesehen.

Die anschließende ortfeste Seilbahn führt, von zwei einseitigen Ständern in bekannter Weise unterstützt, über den Zechenplatz, überquert ein durch Sturzdach geschütztes Anschlußgleis und endet in der mittleren Zwischenhaltestelle auf dem Sturzplatze. Der auf ihr verkehrende Förderwagen besteht aus einem vierrädrigen Laufwerk, einseitigem Gehänge und Kippkübel, der um eine Längsachse schwingt. Das unterhalb des Tragseiles verlegte Zugseil ist am Gehänge lediglich angeklemmt, um eine genaue Einstellung zu ermöglichen. Der Kübel wird in der Beladestelle mit der Hand festgeklemmt, an der Überladestelle durch Anschlag ausgelöst.

Die Überladestelle ist sowohl Bestandteil der feststehenden Zubringerbahn, als des verschwenkbaren Haldenschütters, Abb. 4. Für die Zubringerbahn dient sie als Endhaltestelle und für das hier fest verankerte Tragseil als Spannbock. Sie enthält außer den Leitrollen für das Zugseiltrum dieser Bahn einen Überladetrichter; in diesen entleert der darüber auskippende Förderwagen seinen Inhalt, der dann auf eine Wendelrutsche weitergleitet, Abb. 5 und 6. Mit der Rutsche beginnt der verschwenkbare Teil der Anlage, der zum Überleiten der Berge in den Förderwagen der Anschlußbahn dient. Er mußte, um dem Trag- und dem Zugseil ausweichen zu können, wendeltreppenartig gestaltet werden, und ist auf der Hauptachse aufgesetzt, die mittels konsolartiger Vorbauten so an den fördergerüstähnlichen Turm der Zwischenhaltestelle gelagert ist, daß das an dieser beweglich

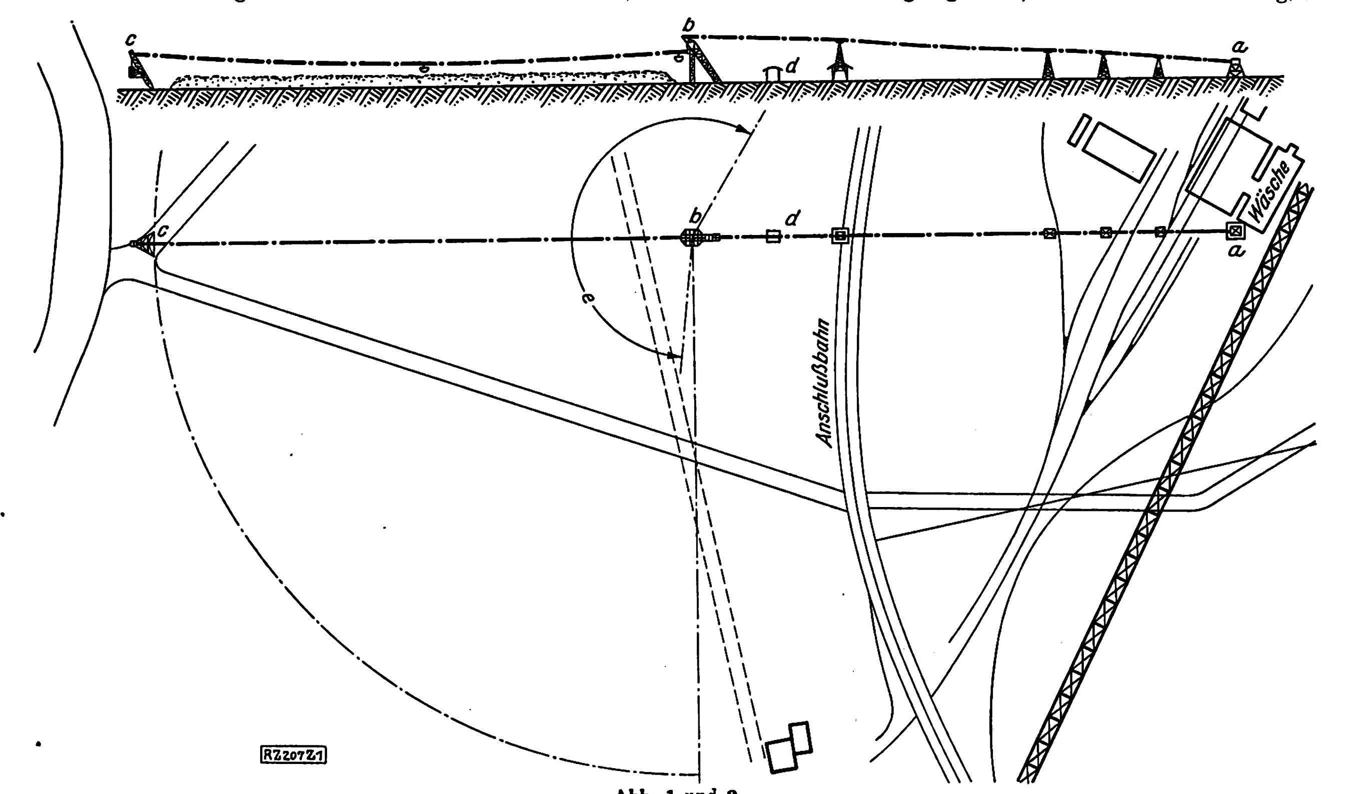


Abb. 1 und 2
Ansicht und Lageplan der Doppelpendelbahn auf Zeche „Mathias Sitnnes III/IV"
a Beladestelle *b* Überladeturm *c* fahrbarer Pendelturm *d* Antriebhaus *e* Schwenkwinkel der radial und im Kreisbogen verfahrbaren Teile der Bahn

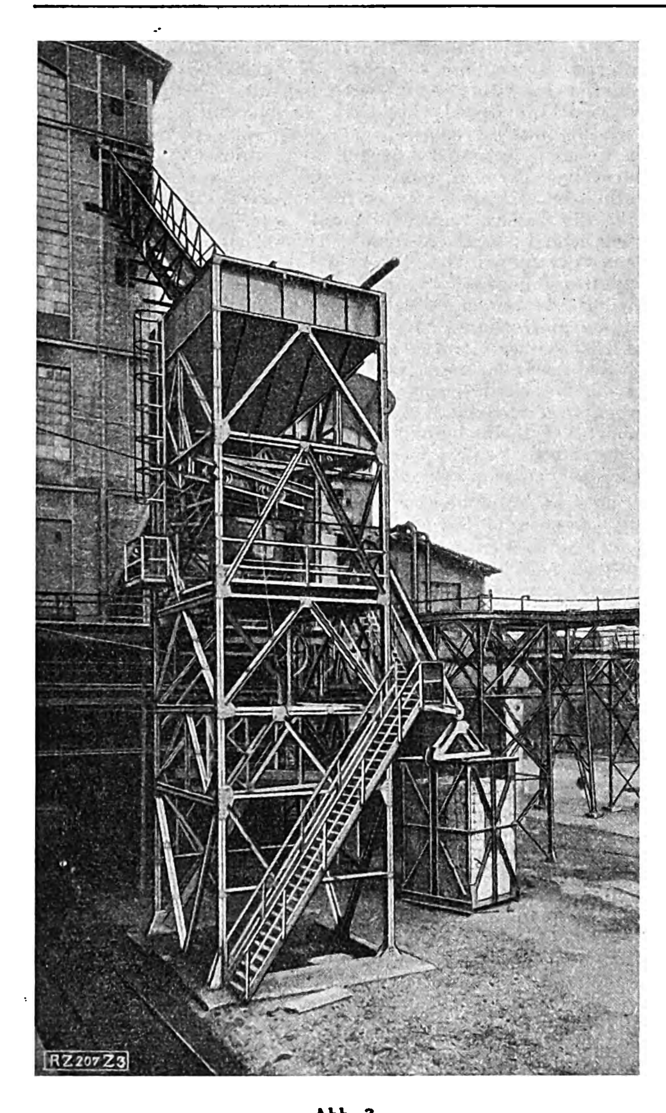


Abb. 3
Beladestelle der Doppelpendelbahn



Abb. 4
Überladestelle

mit Kreuzgelenk, Laschen und Endmuffe angeschlossene Tragseil des Haldenschütters zu einem Ausschlag von insgesamt 240° befähigt wird, wovon allerdings nur rd. 205° ausgenutzt werden. Tritt ein solcher Ausschlag ein, so nehmen alle in der Mittelachse gelenkig angeordneten Konstruktionsglieder, u. a. also auch die Zugseil-Leitrolle mit ihrer Lagerung, die angebauten Schmiersockel und die Wendelschurre selbst daran teil. Diese bildet mit ihrem unteren Ende gewissermaßen die Füllschnauze für den in seine Endstellung an der Beladeseite vorgefahrenen Förderwagen des Haldenschütters.

Das Laufwerk des Förderwagens ist gleichfalls vierrädrig, umfaßt das Tragseil von 50 mm Dmr. beiderseitig und trägt das Kübelgehänge in Queranordnung, so daß das Fördergefäß in der Fahrtrichtung beladen wird und sich, durch einen verfahrbaren Anschlag ausgelöst, entleert. Das Fördergefäß schließt selbsttätig und faßt ebenfalls rd. 2500 kg Fördergut wie der Zubringerwagen. Hier ist das Zugseil fest mit dem Laufwerk verbunden, doch läuft es von der Überladehaltestelle in einer freien Spannweite wie auch das Tragseil ohne Zwischenunterstützung zur verfahrbaren Endhaltestelle durch. Diese Anordnung erinnert an Kabelkrane, noch mehr die als verfahrbarer Pendelturm ausgebildete Endhaltestelle.

Während man auf dem Weg über die Seilbahnkrane bereits zu der um Gelenke kippenden, ortfesten Drahtseilbahn-Endstation gekommen war[1]), deren Schräglage die Seilspannung erzeugt, hat man hier auch noch die Fahrbarkeit auf einer einzigen im Kreisbogen verlegten Schiene übernommen[2]). Das Fahrwerk mit seinen zur besseren Verteilung der Auflast in Ausgleichhebeln gelagerten acht Laufrädern tritt nur in Tätigkeit, wenn die Anschüttung jeweils genügend weit fortgeschritten ist; so konnte auf elektrischen Antrieb verzichtet werden, und das der Raddruckrichtung entsprechend schräg verlegte Gleis wird nur nach Bedarf vorgebaut und rückwärts wieder abgebrochen. In der Eisenkonstruktion ist ein Käfig zur Aufnahme der Belastungsgewichte, die aus Betonwürfeln bestehen, vorgesehen. Die Endstation umfährt den sektorförmigen Sturzplatz und ermöglicht so, daß der Haldenschütter nach Art der Kreisbahnkrane eine ausgedehnte Fläche bestreicht.

Besonders hervorzuheben ist

die Zugseilführung.

Diese beginnt und endet an der Trommel des Antriebes, wo das eine Zugseiltrum aufgespult wird, während sich das andre abwickelt. Im Zuge der Zubringerbahn verlaufend ist das Seil tiefliegend zunächst in die Beladestelle geführt, wo es durch Rollen in die Flucht der Wagenfahrbahn unter gleichzeitigem Richtungswechsel übergeleitet wird. Im folgenden Abschnitt ist der Förderwagen der Zubringerbahn angeklemmt; von diesem und den Stützrollen der Zwischenstützen getragen, erreicht das Seil die Zwischenstelle, wo es über eine feste zu einer darunterliegenden verschwenkbaren Rolle, damit in die Anschlußbahn, und zwar nunmehr unmittelbar zur Endstelle der Anschlußbahn übergeführt wird, wo abermaliger Richtungswechsel stattfindet. Auf dem Rückwege zur Zwischenhaltestelle schräg unter dem Tragseil dieser Strecke verlegt, ist das Seil an den Förderwagen des Haldenschütters angeschlossen und am Streckenende in unmittelbarer Nähe der Schwenkachse über die dort eingebaute Leitrolle abermals senkrecht nach unten abgelenkt. Am Fuße der Überladestelle vermittelt eine letzte Leitscheibe die Rückführung zum Antrieb. Die Führung des Seiles in einem Zuge über beide Bahnteile ist nur dadurch ermöglicht worden, daß diese im vorliegenden besonderen Falle genau gleiche Längen erhalten konnten. Bei ungleicher Länge der Teilstrecken würde eine gewisse Verteuerung entstehen, weil dann die Zugseile für die Einzelbahnen getrennt zu

[1]) „Der Bergbau" Bd. 27 (1914) S. 769.
[2]) Heinold, „Seilbahnkrane neuerer Bauart" Z. Bd. 60 (1916) S. 501

halten sind, länger ausfallen und für jedes eine besondere Trommel nebst Zubehör angeordnet werden muß. Der jeweils kürzeren Strecke ist dann sinngemäß die kleinere Seiltrommel zugeordnet, und der darauf verkehrende Förderwagen fährt mit entsprechend geringerer Geschwindigkeit.

Da hier die Förderwagen an gegenläufige Teile desselben Zugseiles angeschlossen sind, wickelt sich ein Arbeitsspiel wie folgt ab. Der Förderwagen der ortfesten Zubringerbahn möge vor der Füllschnauze der Beladestelle stehen und der Wagen des Haldenschütters kurz vor der Endhaltestelle. Nach erfolgter Füllung durch den Arbeiter betätigt dieser den Antrieb durch Druckknopfsteuerung. Alsbald laufen nun beide Wagen gegen die in der Mitte gelegene Zwischenstelle, den Umladeturm, hin; sie sind in solcher gegenseitiger Lage an den Zugseiltrümern befestigt, daß beide zugleich in der Endstellung anlangen, der erste Wagen oben am Überladetrichter, der andre unten vor dem Ende der Wendelschurre. Der Antrieb stoppt selbsttätig und wechselt nach Verlauf von rd. 8 s die Fahrtrichtung. Inzwischen ist der Inhalt des Förderkübels, der durch Anschlag über dem Trichter entleert worden war, auf dem Weg über die Wendelrutsche in den Förderkübel der verschwenkbaren Anschlußbahn gelangt, der zweite Teil der Fahrt beginnt, und jetzt bewegen sich beide Wagen von der Zwischenhaltestelle weg, der entleerte zurück zur Ladestelle und der soeben gefüllte Förderwagen des Haldenschütters zur jeweiligen Sturzstelle, die durch verfahrbaren Anschlag nach Bedarf verlegt werden kann, und über diese hinaus, bis er vor der Endhaltestelle zum Stillstand kommt. Dieser Arbeitsvorgang, vom ersten Anlauf abgesehen, wickelt sich vollkommen selbsttätig ab.

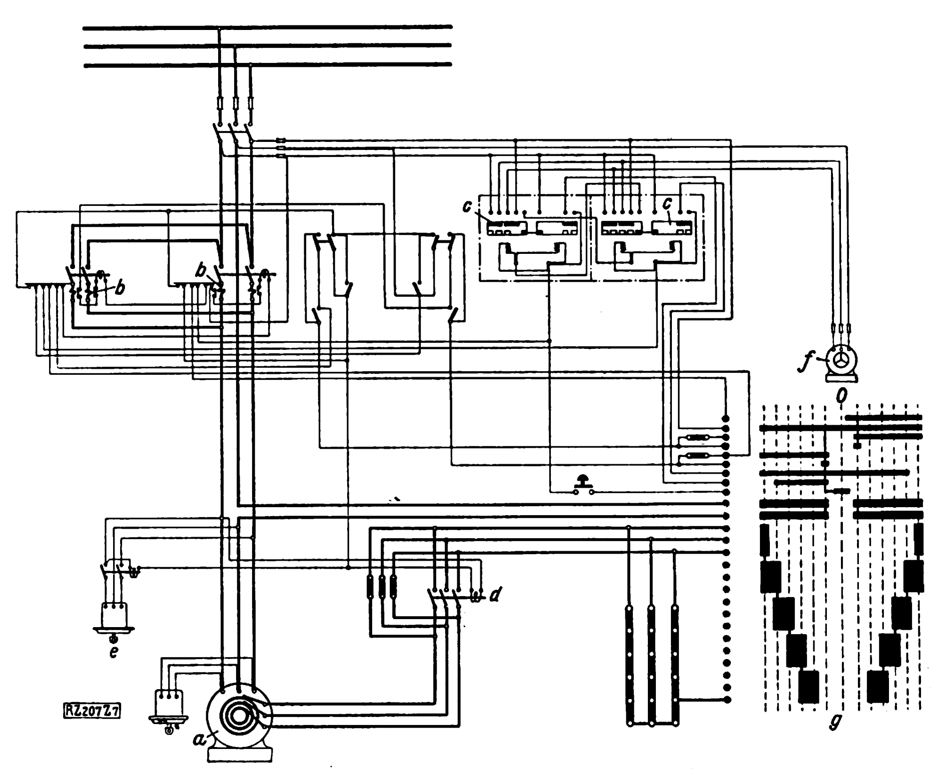


Abb. 7
Schaltbild der Pendelseilbahn mit vollem selbsttätigem Betrieb

a Hauptmotor
b Umschaltschützen
c Umschaltrelais
d Verzögerungsschütze
e Bremsmagnete
f Steuermotor

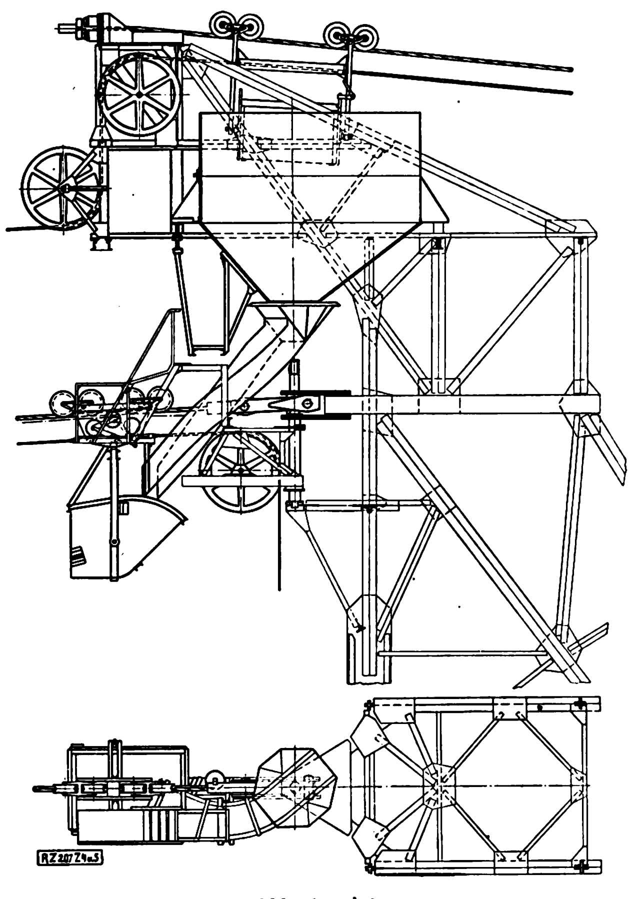


Abb. 5 und 6
Kopf des Überladeturmes

Die Einleitung aller Zwischenbewegungen des Zugseiles wie der Wagen vermittelt der Antrieb. Er ist zwischen dem Sturzdach und dem Umladeturm, also im Bereich der ortfesten Zubringerbahn und samt der zugehörigen, von den Bergmannwerken, Berlin, gelieferten elektrischen Ausrüstung in einem besonderen Häuschen untergebracht, in das die Zugseiltrümer beiderseits einlaufen. Sie sind hier an der gemeinsamen Seiltrommel festgemacht, und zwar so, daß das ablaufende Trum jeweils den Platz oder die Rille für das auflaufende freigibt. Die Trommel bleibt also jederzeit bewickelt.

Die Trommel wird über Vorgelege durch einen Drehstrommotor von 60 PS Leistung für aussetzenden Betrieb bei 750 Uml./min angetrieben. Auf einer der Vorgelegewellen sind zwei elektromagnetisch betätigte doppelte Backenbremsen angeordnet und eine wagerecht gelagerte Spindel für eine Anzeigevorrichtung angeschlossen, deren Wandermutter bei ihrer Bewegung ein verkleinertes Bild des Wagenlaufes gibt. Je nach der Fahrtrichtung betätigt die Wandermutter die Steuerschaltergruppe am einen oder andern Ende, und zwar jeweils zunächst den Verzögerungsschalter, den Endschalter erst etwas später, nachdem durch künstliche Belastung des Antriebmotors mittels der Verzögerungsbremse unter gleichzeitigem Einschalten eines entsprechend großen Rotorschlupfwiderstandes eine wesentliche Verminderung der Umlaufzahl des Motors und damit der Fahrgeschwindigkeit herbeigeführt worden ist. Die durch den Verzögerungsschalter eingeleitete elektrische und mechanische Bremsung bereitet das jeweilige Stillsetzen des Antriebes gewissermaßen nur vor, während der endgültige Abschluß dieses Arbeitsvorganges unter Vermittlung des Endschalters durch Einfallen der elektromechanischen Stoppbremse erfolgt.

Diese Verbindung von elektrischer und mechanischer Bremsung zu einer Stufenwirkung gewährleistet genaues Einhalten der vorgeschriebenen Endstellungen bei stets gleichbleibenden Bremswegen. Etwaige Unterschiede im Nachlauf, die sich mit der Zeit infolge von Zugseillängung oder dergleichen ergeben, können mittels Umgehungsendschalter ausgeglichen und durch Seilkürzung beseitigt werden. Der Anlauf des Motors im Vorwärts-Sinne wird durch Betätigung eines Druckknopfes eingeleitet, alles weitere, insbesondere auch der Wechsel der Drehrichtung erfolgt selbsttätig durch Anlasser in Verbindung mit Umschaltschützen für die Ständerwicklung, Abb. 7.

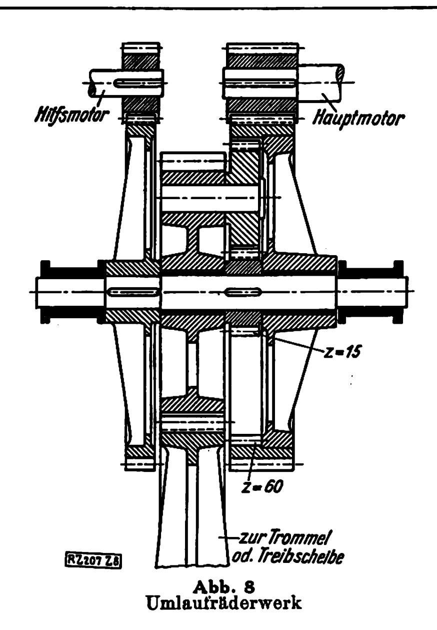


Abb. 8
Umlaufräderwerk

Die an den Antrieb einer Pendelseilbahn zu stellenden Anforderungen sind weit vielseitiger als diejenigen, denen ein für gleichbleibende Umlaufrichtung bestimmter gerecht zu werden hat, und zwar bereiten im wesentlichen die An- und Auslaufzeiten gewisse Schwierigkeiten im Betriebe. Jene können als behoben gelten, wenn die Kraftquelle genügend Anzugmomente aufbringt und der Antrieb selbst diese mit Sicherheit auf das Zugseil überträgt. Bei den Auslaufzeiten wachsen die Schwierigkeiten mit der Größe der Fördergefäße, und in noch viel höherem Maße mit der Genauigkeit, die für das Einhalten der Endstellungen verlangt werden muß, und schließlich gar noch quadratisch mit der Fahrgeschwindigkeit. Im vorbeschriebenen Ausführungsbeispiel dürfte in dieser Hinsicht die Grenze dessen erreicht sein, was mit unmittelbarem Drehstromantrieb und vereinigter elektrisch-mechanischer Bremsung in Stufenwirkung zu erzielen ist.

Für noch schwierigere Fälle gibt es neben der neuerdings mehrfach auch für Personen-Pendelseilbahnen verwendeten Leonardschaltung noch ein verhältnismäßig sehr einfaches Hilfsmittel zur Lösung dieser Antriebsfrage, nämlich das Umlaufräderwerk in Verbindung mit zwei verschieden großen, sonst handelsüblichen Drehstrommotoren und einer dem größten Kraftbedarf genügenden Gesamtleistung. Insbesondere bei halbselbsttätigen Bahnbetrieben zweifellos von Vorteil, erhält es für diesen Zweck eine entsprechende Gestaltung nach Abb. 8. Die an dem lose auf der Vorgelegewelle laufenden Stegrad gelagerte Umlaufrädergruppe kämmt einerseits in ein mittleres Ritzel mit 15 Zähnen, das von dem Hilfsmotor über ein Vorgelege und dessen Welle angetrieben wird, anderseits in ein mittleres Rad mit Innenverzahnung und 60 Zähnen, das von dem Ritzel des Hauptmotors unmittelbar in Drehung versetzt wird, und im übrigen wie das Stegrad lose laufend auf der Vorgelegewelle angeordnet ist. Das Stegrad vermittelt die Übertragung auf die Trommel oder Treibscheibe für das Zugseil.

Gleiche Umlaufzahlen und Drehrichtung der beiden Motoren und Vorgelegeräder vorausgesetzt, wird innerhalb des so gestalteten Umlaufräderwerkes keinerlei Relativbewegung aufkommen. Vielmehr läuft das Stegrad gleich schnell und gleichsinnig mit den beiden Mittelrädern. Anders beim Abschalten des Hauptmotors: die Umlaufzahl des Stegrades sinkt nach den für Umlaufgetriebe gültigen Regeln[2]) sofort auf ein Fünftel der normalen, sofern nur der Hilfsmotor allein weiterläuft, und zwar ohne gleichzeitige Änderung seiner Leistung. Diese verhält sich zu der des Hauptmotors wie 1 : 4, es würden also beispielsweise zwei Motoren von gleicher Umlaufzahl und 12 und 48 PS Leistung, zusammenwirkend, eine Fahrgeschwindigkeit von 5 m/s hervorbringen, während der kleinere Hilfsmotor, allein wirkend, nur eine solche von 1 m/s erzeugt.

Diese Eigenschaften des Getriebes lassen sich für den Betrieb einer Pendelseilbahn wie folgt auswerten: Das Arbeitspiel beginnt mit dem Anlassen beider Motoren im Vorwärtssinne, während der Beschleunigungszeit steigert sich die Fahrgeschwindigkeit von 0 auf 5 m/s, mit der dann der Hauptteil der Strecke durchfahren wird. Gegen Ende der Strecke wird nun der Hauptmotor abgeschaltet, und die zugehörige Hauptmotorbremse sorgt nach Maßgabe ihrer Dämpfung dafür, daß der Auslauf allmählich und das Stillsetzen nicht allzu schroff und stoßartig erfolgt. Damit ist die Fahrgeschwindigkeit der Bahn auf 1 m/s vermindert worden, weil nun nur noch der Hilfsmotor weiterarbeitet, und nach Überschreiten einer gewissen Sicherheitsstrecke wird auch diesem der Strom entzogen, die elektromagnetische Hilfsmotorbremse fällt ein und sichert durch verhältnismäßig kräftige Wirkung ein genaues Anhalten in der vorgeschriebenen Endstellung.

Der Auslaufweg kann auf diese Weise viel genauer festgelegt und dauernd eingehalten werden; denn die für das endgültige Stillsetzen maßgebende Hilfsmotorbremse ist lediglich für $^1/_{25}$ der kinetischen Energie zu bemessen, der der in voller Fahrt, das sind 5 m/s, befindlichen Bahn und deren im Bewegungszustand beharrenden Massen innewohnt. Wenn starke Schwankungen in der Belastung des Netzes unbedingt vermieden werden müssen, kann auch der Anlauf der Bahn zunächst jeweils mit dem Hilfsmotor allein bewirkt und der Hauptmotor später zugeschaltet werden. Ferner bietet das Umlaufgetriebe auch die Möglichkeit, gelegentlich die ganze Strecke mit dem Hilfsmotor und geringer Geschwindigkeit zu befahren, wenn Prüffahrten oder Ausbesserungen vorzunehmen sind oder ein Gefahrfall vorliegt.

Antrieb für größere Bahnlänge

Die weiter oben gestreiften Schwierigkeiten, die die Übertragung der Anzugmomente und -kräfte auf das Zugseil bietet, sind bei der erörterten Anlage durch die Verwendung einer Seiltrommel in einwandfreier Weise restlos behoben.

Bei noch größerer Bahnlänge führt die zu erzeugende große Umfangskraft meist auf einen mehrrilligen Antrieb. Die mannigfachen Mängel eines solchen wurden durch Einbau von Ausgleichgetrieben und andern Konstruktionen bis zu einem gewissen Grade beseitigt. Der aus der vielfachen Seilbiegung beim wiederholten Auf- und Ablaufen herrührende Seilverschleiß ist geblieben, und so hat man, schon lange bevor theoretisch nachgewiesen wurde[3]), daß die Biegung letzten Endes der Kern der Drahtseilfrage und ihre Verminderung nach Anzahl und verhältnismäßiger Größe eine Vorbedingung für die Haltbarkeit der Seile ist, rein gefühlsmäßig danach gestrebt, den Mehrrillentrieb zu meiden und dafür die Treibfähigkeit der einfachen Scheibe zu steigern. In jedem Falle wurden die erzielten Vorteile mit beträchtlichen Nachteilen erkauft.

Eine neuere Bauart könnte hier Wandel schaffen, indem wie bei der Keilrillen- und Greiferscheibe ein seitlicher axialer Druck zur Vergrößerung der Reibungstriebkraft ausgeübt wird, aber dennoch die ununterbrochene, glatte Auflage in gedrehter Rille beibehalten wird. Das Wesen dieses Taumelscheibenantriebes besteht darin, das Antriebrad in zwei Einzelscheiben aufzuspalten und die beiden Teile um Achsen laufen zu lassen, die einen sehr spitzen Winkel mit

[2]) Heinold, „Umlaufrädergetriebe im Hebezeugbau" Z. Bd. 68 (1924) S. 1191.

[3]) Benoit, „Die Drahtseilfrage"; Karlsruhe 1915.

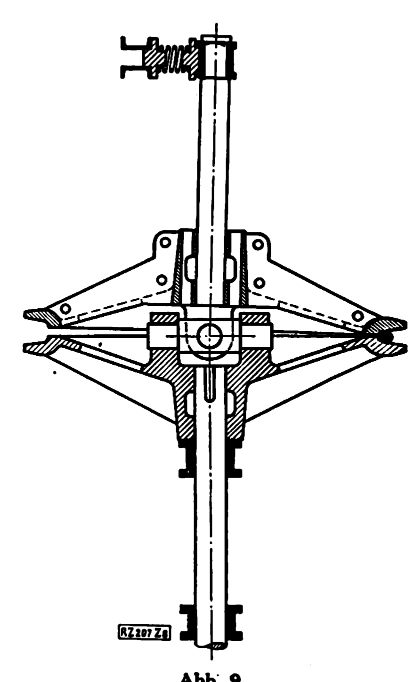


Abb. 9
Taumelscheibenantrieb

einander bilden, so daß die Scheibenkranzebenen nicht parallel zueinander liegen, sondern einen keilförmigen Zwischenraum, mit der Spitze in den vom Seil umspannten Bogen zeigend, einschließen. Beim Umlauf wird sich demgemäß das Rillenprofil um wenige Millimeter verengen und darauf wieder erweitern, das an einer zwischengelegenen Stelle eingeführte Zugseil wird beim Durchlaufen der Verengung seitlich gepreßt, dann aber, kurz vor dem Ablauf, wieder freigegeben.

Um eine gewisse Anpassung an Schwankungen in der Stärke und Nachgiebigkeit des Zugmittels zu gewährleisten, ist die Lagerung der Einzelscheibenachsen nicht starr, vielmehr wird nur die eine, angetriebene, im wesentlichen fest gelagert, während die andre, zur eigentlichen Taumelscheibe gehörige, durch eine Kreuzgelenkkupplung beweglich angeschlossen ist und durch ein federbelastetes Lager beeinflußt wird, Abb. 9.

Die Federkraft sucht nun die Taumelscheibe um den Achsenschnittpunkt zu kippen und dabei stützt sich der Kranz dieser Taumelscheibe auf den der festen als Widerlager ab, indem das dazwischenliegende Zugseilstück zusammengepreßt wird. Dieser Anpreßdruck und damit der Gewinn an Reibungs-, Trieb- und Umfangskraft wächst mit dem Druck des federbelasteten Lagers und mit seiner Entfernung vom Achsenschnittpunkt; zweckmäßig wird man die Anordnung so treffen, daß zur Entlastung des Führungslagers die Federkraft annähernd der Gegenkraft des Zugseiles entspricht.

Betätigt ein solcher Taumelscheibenantrieb eine Bahn mit dauernd in derselben Richtung umlaufendem Zugseil, dann kann zur Steigerung der Wirkung die Richtung des Federlagerdruckes mit Erfolg so verlegt werden, daß die Stelle des größten Druckes aus der Mitte des umspannten Bogens gegen die Ablaufstelle des Seiles hin verlegt wird, um bereits in dem der kleinen Ablaufspannung des Zugseiles zugeordneten Stück des umspannten Bogens die zusätzliche Steigerung der Umfangskraft hervorzurufen. Auf diese Weise läßt sich die Wirkung eines dreirilligen Antriebes erzielen, ohne daß die größte spezifische Pressung des Seiles so hoch ansteigt, wie in den selbsttätigen Kuppelvorrichtungen der Seilbahnlaufwerke. Hier wird sie dadurch hervorgerufen, daß sich die Rillenteilprofile beim Umlauf ein wenig nähern und dann wieder voneinander entfernen, während das Zugmittel sich beim Anlauf auf die Scheibe ohne Keilwirkung frei in den Rillengrund einlegt, dann zunehmend bis gegen Ende des umspannten Bogens seitlich zusammengepreßt und schließlich bei Ablauf wieder vollkommen freigegeben wird. [M 207]

Die neue Kokslöschanlage im Gaswerk Leipzig-Connewitz

Zur Behebung der Mängel der alten Kokslöschanlage (zu nasser Koks, starker Verschleiß der Eisenteile) wurden anläßlich des Umbaues der Koksförderung im Gaswerk Leipzig-Connewitz auch die Kokslöschanlagen den neuzeitlichen Erfordernissen entsprechend umgebaut. Der alte Kokslöschturm des Werkes wurde hierbei als Zwischenbunker verwendet, der lediglich die Überführung des glühenden Koks aus den Kammern in den unter dem Turm stehenden Löschwagen regeln soll und den Koks nur während der Entleerung der Kammern, die unter normalen Verhältnissen nicht länger als 1 min dauert, aufnimmt.

Durch Öffnen des unteren Drehverschlusses des Sammelbehälters wird der an dem Seil einer mit Druckknopfsteuerung zu betätigenden Spillvorrichtung hängende, 10 m lange Löschwagen beschickt, der sich mit einer solchen Geschwindigkeit unter dem Drehverschluß des Zwischenbunkers fortbewegt, daß er sich gleichmäßig mit einer Koksschicht von 50 cm Höhe anfüllt[1]). Mit dem glühenden Koks fährt der Löschwagen unter den Löschschlot, der in seinem unteren Teil aus gebrannten Klinkern, in seinem oberen Teil aus Holz aufgebaut ist. Der Koks wird schon während des Einfahrens in den Schlot innerhalb ¾ min mit einer genau abgemessenen Wassermenge möglichst gleichmäßig bespritzt; man läßt ihn dann noch 2 bis 3 min ausdampfen. Durch Betätigen einer zweiten Druckknopfsteuerung fährt der aus dem Fahrgestell und dem kippbaren Oberteil bestehende Löschwagen über den Löschschacht hinaus auf eine Kippvorrichtung an der Entladestelle, an der durch Kippen des Löschwagenoberteils um 45° der Koks durch die vordere Stirnklappe langsam und ohne großen Fall in einen Förderkübel mit 12 m³ Inhalt rutscht.

Der Kübel wird durch einen Kran von 20 m Ausladung gehoben und in die neben der Löscheinrichtung stehende Koksaufbereitanlage entleert. Eine unter dem Förderkübel angebrachte Waage ermöglicht die gewichtmäßig genaue Ermittlung der Kokserzeugung. Das überschüssige Löschwasser wird in einer zwischen den beiden Antriebstellen für die Spillwinde liegenden Kläranlage unmittelbar neben dem Löschschacht geklärt und nach Absetzen des Koksschlammes in die Kanalisation abgelassen. Die Löscheinrichtung arbeitet seit November 1926 sehr zufriedenstellend, besonders da man durch Einstellen der Löschzeit in der Lage ist, die Feuchtigkeit des Koks genau zu regeln. [N 919] Pr.

[1]) „Gas- und Wasserfach" Bd. 70 (1927) S. 677.

Hochspannungsanzeiger

Um zu wissen, ob eine elektrische Leitung unter Spannung steht, bedient man sich in Niederspannungsnetzen der Prüflampe; dagegen mußte man in Hochspannungsnetzen, wo die Gefahren bei Arbeiten an den Leitungen besonders groß sind, darauf vertrauen, daß der Auftrag, die Leitung vor Beginn der Arbeit auszuschalten, pünktlich und richtig ausgeführt war. Die Firma Felten & Guilleaume, Carlswerk, A.-G., Köln-Mülheim, hat nun nach Angaben von Prof. Zipp einen Hochspannungsanzeiger ausgebildet, mit dem man während des Betriebes feststellen kann, ob eine Leitung unter Spannung steht[2]).

Das Gerät besteht aus einem Hochspannungskondensator in einem Hartgummizylinder, Abb. 1; die eine Belegung wird über eine Neongas-Leuchtröhre an die Leitung gelegt, die andre an Erde. Wenn die Leitung unter Spannung steht, tritt ein Verschiebungsstrom auf, der die Neonröhre zum Leuchten bringt. Für je 5 kV ist ein Kondensator erforderlich; bei höheren Spannungen werden die Kondensatoren hintereinander geschaltet, wodurch das Gerät, das für 5 kV 30 cm lang ist, jedesmal um rd. 7 cm verlängert wird.

Beträgt die Betriebspannung mehr als 30 kV, so ergäbe das einen zu langen und unhandlichen Hochspannungsanzeiger, wenn man viele Kondensatoren hintereinander schaltete. Deshalb benutzt man für diese hohen Spannungen (bis 60 kV) ein Gerät ohne Erdanschluß, weil bei mehr als 25 kV die Kapazität eines Metallzylinders gegen die Umgebung genügt, um die Neonröhre zum Leuchten zu bringen. [M 839] Pa.

[2]) Carlswerk-Rundschau Nr. 1 S. 28.

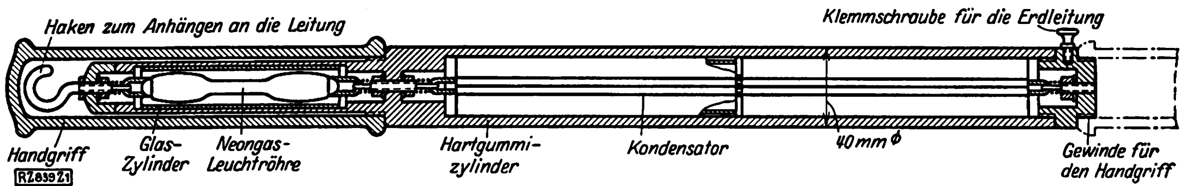


Abb. 1
Hochspannungsanzeiger, Bauart Felten & Guilleaume, Carlswerk, A.-G.

Die elektrische Ausrüstung von Kraftfahrzeugen

Von Dr. Erich C. Rassbach, Direktor der Firma Robert Bosch A.-G., Stuttgart

(Schluß von S. 1709)

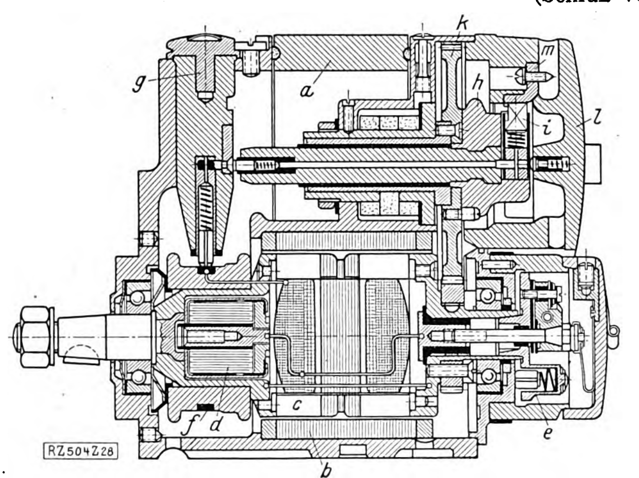


Abb. 27
Längsschnitt durch einen Magnetzünder

a Stahlmagnetbügel
b Polring
c Anker
d Kondensator
e Unterbrecher
f Schleifring
g Stromabnehmer
h Verteilerlaufstück
i Verteilerkohle
k Verteilerzahnrad
l Verteilerscheibe
m Verteilerkontakt

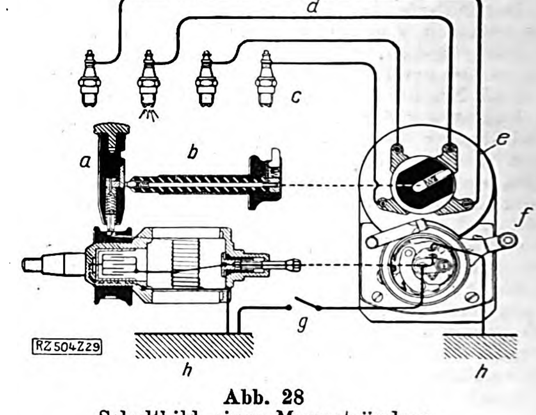


Abb. 28
Schaltbild eines Magnetzünders

a Stromabnehmer
b Verteilerlaufstück
c Zündkerzen
d Zündkabel
e Verteilerscheibe
f Verstellhebel
g Kurzschlußschalter
h Masse

Magnet- oder Batteriezündung

In Europa verwendete man bisher überwiegend Magnetzünder, während in den Vereinigten Staaten etwa 50 vH der Personenkraftwagen mit Batteriezündung versehen sind[19]). Droschken, Lastwagen, Omnibusse und ähnliche Gebrauchsfahrzeuge werden dagegen noch überwiegend mit Magnetzündung versehen.

Der Magnetzünder, Abb. 27 bis 29, ist eine in sich geschlossene Maschine, die, vom Motor angetrieben, in ihrem Anker Niederspannungsstrom erzeugt; dieser wird durch Unterbrechung bei einer bestimmten Ankerstellung in einer auf dem Anker befindlichen Wicklung in hochgespannten Zündstrom verwandelt und an die Zündkerzen verteilt.

Die Batteriezündung, Abb. 30, besteht im Gegensatz zum Zündapparat aus Stromquelle, Zündverteiler mit Unterbrecher, Abb. 31 und 32, und Zündspule (Transformator), Abb. 33. Der über den Unterbrecher zur Primärwicklung der Spule fließende Strom wird einer besonderen Stromquelle entnommen; der Sekundärstrom der Spule (Zündstrom) wird durch den Verteiler den Zündkerzen zugeführt.

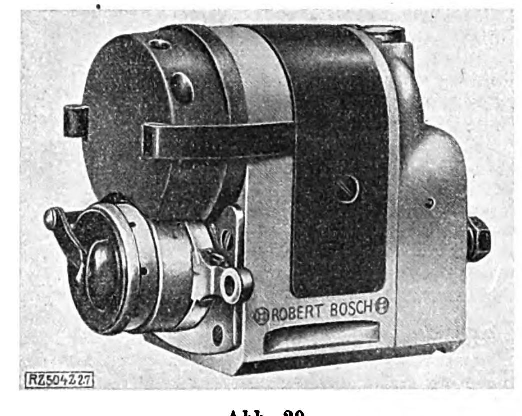


Abb. 29
Magnetzünder (von der Unterbrecherseite aus gesehen)

Der Anker des Magnetzünders kann erst bei einer gewissen Drehzahl einen Funken liefern, der aber mit steigender Drehzahl an Stärke und Schlagweite zunimmt; denn bei steigender Drehzahl nimmt die primär erzeugte Spannung und Leistung zu. Im Gegensatz dazu erzeugt die Batteriezündung bei niedrigsten Drehzahlen die kräftigsten Funken, weil das magnetische Feld in der Transformatorenspule genügend Zeit hat, sich aufzubauen. Bei höheren Drehzahlen nehmen Leistung, Funkenstärke und Schlagweite ab und sinken schließlich auf null, wenn die Zeit zwischen den einzelnen Entladungen sehr kurz wird.

Die Vergleichswerte sind in Abb. 34 und 35 dargestellt[20]): der Zündapparat gibt schon bei den Drehzahlen, die ohnehin für die Vergasung notwendig sind, Schlagweiten bis zu 8 mm in freier Luft und behält diese

[19]) Von den rd. 22 Mill. Wagen in Amerika sind etwa die Hälfte Fordwagen, die Schwungrad-Magnetzündung haben.

[20]) Für einen Zündapparat FU 4 von Robert Bosch A.-G. und für eine Zündspule mit Verteiler der Delco Remy Co., Dayton, für 6 V Beriebsspannung.

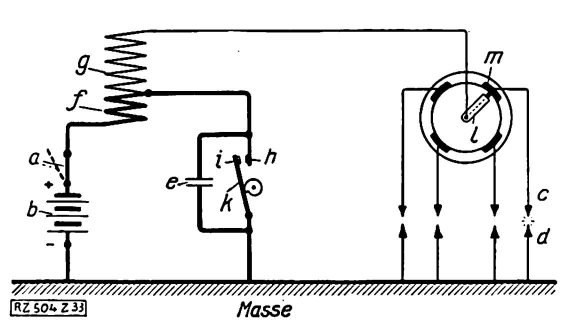


Abb. 30
Grundsätzliche Schaltung des Batteriezünders

a Schalter
b Batterie
c isolierte Elektrode der Kerzen
d Masse-Elektrode
e Kondensator
f Primärwicklung
g Sekundärwicklung
h nachstellbarer Kontaktbrecherhebel
i Kontakt am Unterbrecherhebel
k Unterbrecherhebel
l Verteilerlaufstück
m Verteilerkontakt

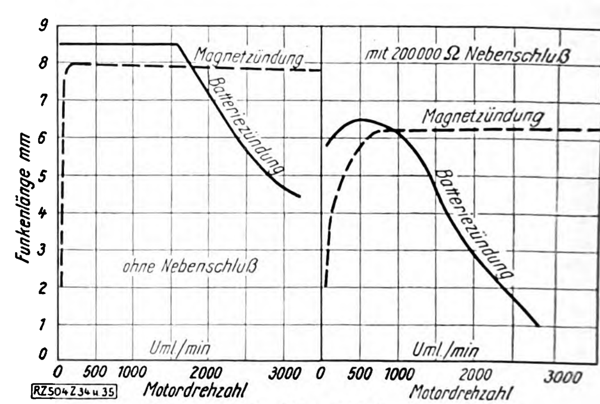
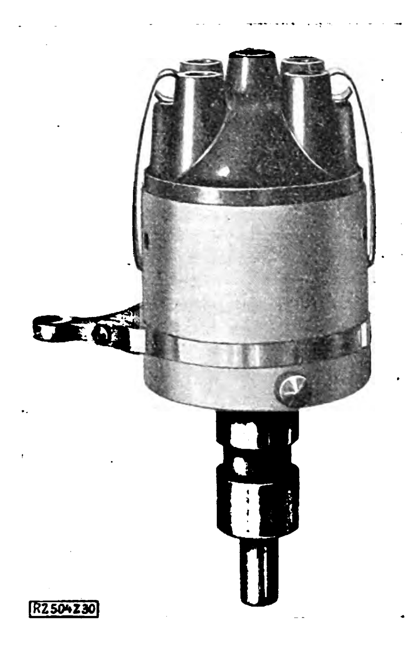


Abb. 34 und 35
Vergleich von Batterie- und Magnetzündung



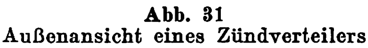


Abb. 31
Außenansicht eines Zündverteilers

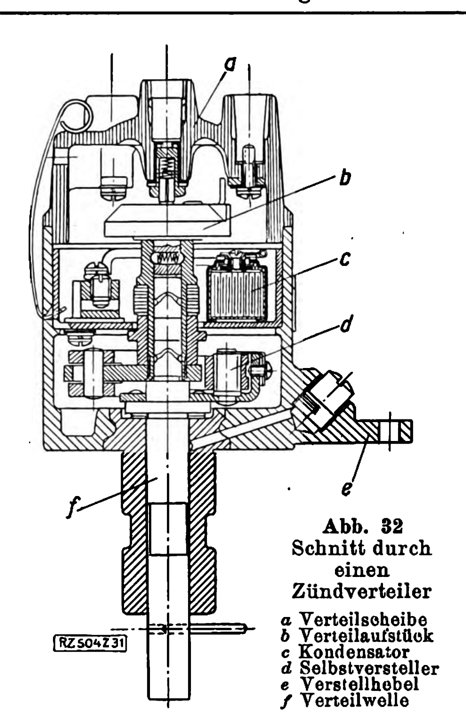
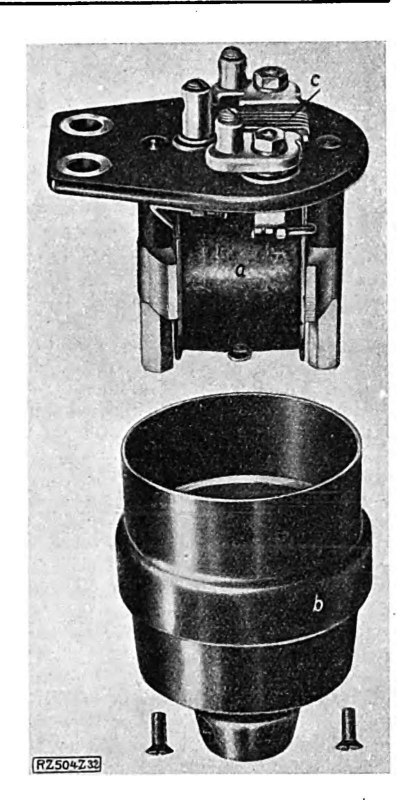


Abb. 32
Schnitt durch einen Zündverteiler

a Verteilscheibe
b Verteilaufstück
c Kondensator
d Selbstversteller
e Verstellhebel
f Verteilwelle



Zu Abb. 33
a Spule mit Kern
b Gehäuse mit Isolierkörper
c Vorschaltwiderstand (vor der Primärwicklung)

Abb. 33
Zündspule (auseinandergenommen)

Schlagweite über den gesamten Drehzahlbereich. Bei der Zündspule, deren Schlagweite bei niedrigen Drehzahlen etwas höher ist, nimmt dagegen die Funkenlänge schon bei mittleren Drehzahlen stark ab und sinkt bei höheren Drehzahlen auf äußerst geringe Werte. Eine ausgesprochene Überlegenheit des Zündapparates besteht dort, wo die Kerzen verschmutzt sind, d. h. wo ein leitender Nebenschluß zur eigentlichen Funkenstrecke entsteht. Abb. 35 zeigt die Schaulinie für einen Nebenschluß von 200 000 Ω entsprechend einer starken Verschmutzung der Kerze. Bei der Zündspule sinken hier die Spannungen an der Kerze und damit die Funkenlängen sehr stark; für den Übergang des Funkens an den Elektroden an Stelle der Entladung über den leitenden Nebenschluß ist aber gerade hohe Spannung und große Leistung erforderlich[21]).

Der technische Vorzug der Batteriezündung ist der kräftige Funke bei niedriger Drehzahl und ihr großer Verstellbereich, ihre Nachteile sind die geringe Funkenleistung schon bei mittleren Drehzahlen und die Beschränkung in der Höchstdrehzahl. Ihr wirtschaftlicher Vorteil und damit der Grund für ihre Verbreitung ist in ihrem geringen Anschaffungspreis und in den geringen Kosten der Antriebteile zu suchen. Über die Betriebsicherheit der beiden Verfahren gehen die Meinungen sehr stark auseinander, aber es ist immerhin auffällig, daß in England nach anfänglichem Zunehmen der Batteriezündung jetzt der Magnetzünder das Feld wieder beherrscht und daß sich in Frankreich und Italien die Batteriezündung selbst in den billigen Wagen nicht durchsetzt.

Bei dem Vergleich zwischen Magnetzündung und Batteriezündung wird oft ein grundsätzlicher Fehler begangen: Die Batteriezündung bedarf einer fremden Stromquelle und ist demnach genau so zuverlässig oder unzuverlässig wie diese, d. h. die Batteriezündung darf nur im Zusammenhang mit der gesamten elektrischen Anlage des Wagens gewertet werden. Es besteht also ein grundsätzlicher Unterschied zwischen der Batteriezündung im Zusammenhang mit Stromregelung oder mit Spannungsregelung. Bei Stromregelung bedarf es einer gebrauchsfähigen Batterie, um die Stromlieferung überhaupt zu ermöglichen; die Zündung ist somit für ihren Betrieb von dem Zustand der Batterie und der Leitungsteile abhängig, d. h. von dem schwächsten Teile der gesamten elektrischen Ausrüstung. Bei der Maschine mit Spannungsreglung besteht dagegen die Möglichkeit der Stromlieferung an die Zündspule vollkommen unabhängig von dem Zustand der Batterie. Es ist also ein Fehler, wenn man die Zündung mit Verteiler und Spule immer als Batteriezündung bezeichnet. Es wäre richtiger, bei einer Anlage mit Stromregelung die Bezeichnung „Batteriezündung" beizubehalten, um die Abhängigkeit von der Batterie zum Ausdruck zu bringen, während bei der Anlage mit Spannungsreglung die Bezeichnung „Dynamozündung" richtiger wäre. Den Nachteil der Abhängigkeit von einer zweiten Stromquelle hat aber selbst die Dynamozündung immer noch gegenüber dem Magnetzünder, und die Fertigstellung des Motors, vollkommen in sich geschlossen und von allen andern Teilen unabhängig, ist selbst bei der Dynamozündung kaum möglich. Es wird eine Frage des Verwendungszwecks des Wagens sein, welche Zündungsart den Vorzug verdient.

[21]) Die Kurven bestätigen die alte Erfahrung, daß es mit einem Zündapparat meist gelingt, verschmutzte Kerzen im Motor sauber zu brennen, bei Batteriezündung dagegen nicht.

Zusammenfassung

Für die Wahl der Spannung, 6 V oder 12 V, sind die Anlaßverhältnisse ausschlaggebend. Bei kleineren und leicht gelagerten mittleren Motoren reichen 6 V aus, bei größeren Motoren, insbesondere bei hohem Verdichtungsdruck und ungünstigen klimatischen Verhältnissen verdient die 12 V-Anlage den Vorzug.

Die Dynamo mit Spannungsreglung weist gegenüber der mit Stromreglung so wesentliche Vorteile auf, daß sie selbst bei höheren Kosten vorzuziehen ist. Tatsächlich sind die Gesamtkosten der elektrischen Ausrüstung des Wagens bei Spannungsreglung nicht höher als bei Stromreglung. Bei der Wahl zwischen Batterie- oder Dynamozündung und Magnetzündung wird man der Magnetzündung den Vorzug da geben müssen, wo die Zuverlässigkeit des Fahrzeuges und ein höherer Drehzahlbereich des Motors von ausschlaggebender Bedeutung ist. Batterie- oder Dynamozündung ist zu wählen, wenn man in erster Linie auf die Kosten sieht. [B 504]

RUNDSCHAU

Mathematik und Physik

Deutscher Physiker- und Mathematikertag in Kissingen 1927

Die von etwa 500 Teilnehmern besuchte Tagung war von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, der Deutschen Gesellschaft für Technische Physik, der Deutschen Gesellschaft für angewandte Mathematik und Mechanik und der Deutschen Mathematischen Gesellschaft gemeinsam veranstaltet, wobei über 100 Vorträge aus dem Bereich der reinen und angewandten Mathematik und Physik gehalten wurden.

Montag, den 19. September, fand in dem großen Saal des Kurhauses die Eröffnungssitzung statt. Popoff, Sofia, und Fokker, Delft, sprachen im Namen der ausländischen Gäste. Die darauf folgenden Vorträge behandelten vorwiegend das Gebiet der Atomphysik. Nachmittags wurden in der Sitzung „Schwingungstechnik" der beiden vereinigten physikalischen Gesellschaften Probleme der drahtlosen Wellenphysik behandelt.

Lübcke, Berlin, berichtete über seine Versuche, einen Quecksilberdampf-Lichtbogen in Verstärkerröhren zu verwenden[1]). Die benutzten Röhren, in denen der Lichtbogen die Stelle der Glühkathode vertritt, zeichnen sich durch eine außerordentlich große Verstärkung aus. Durch Anwendung von fünf parallel geschalteten Steuereinsätzen, Gitter und Anode, konnte der Anodenstrom bis über 4 A gesteigert werden. Statz, Berlin, schilderte die Herstellung von Oxydkathoden.

Kohl, Erlangen, berichtete von seinen Versuchen mit sehr kurzen elektrischen Wellen. Er konnte reine Sinusschwingungen von 30 cm Länge ohne Oberwellen dadurch erzeugen, daß er den ganzen Schwingungskreis in die Vakuumröhre mit einschloß. Die benutzten Schwingungskreise hatten ferner die Eigenschaft, daß sie sowohl von dem Gitter wie auch von der Anode aus angeregt werden konnten. Romanoff, Moskau, sprach über die Streuung und Absorption kurzer Wellen von einigen Zentimetern bis 1½ m Länge.

Plendl, Berlin, berichtete über die Anwendung von kurzen Wellen im Verkehr mit Flugzeugen. Die Versuche wurden von Berlin und München aus mit 15 bis 30 m Wellenlänge durchgeführt. Die Versuchsflugzeuge flogen von dem Sender weg und hatten auf der ganzen Flugstrecke bis 800 km ununterbrochen guten Empfang, eine tote Zone konnte niemals beobachtet werden. Eine anfänglich hinderliche Störung durch die von der Zündung der Motoren ausgesandten Wellen ($\lambda = 25$ bis 40 m) konnte ausgeschaltet werden.

Am Dienstag vormittag lautete das Thema der Physikalischen Gesellschaften: „Angewandte Optik". Weber, Charlottenburg, berichtete über die Ausmessung von Endmaßen in Lichtwellenlängen. Mit den für diese Zwecke besonders geeigneten Linien des Kryptonspektrums wurde nach einem Interferenzverfahren bereits ein Endmaß von 200 mm Länge bestimmt, das dann nach demselben Verfahren mit dem deutschen Urmeter verglichen werden soll[2]).

Glaser, Würzburg, schilderte seine Beobachtungen an metallographischen Schliffen im Mikroskop mit stärkster Vergrößerung. Bei Anwendung von polarisiertem Licht verschwinden die Unterschiede zwischen Martensit, Troostit und ähnlichen Gefügearten. Das verschiedene Aussehen im Mikroskop bei gewöhnlichem Licht soll nur von der Art der Vorbehandlung, Ätzen, Schleifen usw., herrühren. Skaupy, Berlin, betonte, daß zur Verbesserung der Leuchtkraft von Röhrenlicht, z. B. für Lichtreklame, die Röhren mit Kohlensäure, Stickstoff oder Neon gefüllt werden und den Elektroden Natriumazid beigemengt wird.

Am gleichen Vormittag waren die Physiker zu der Fachsitzung der Gesellschaft für angewandte Mathematik und Mechanik eingeladen. Prager, Darmstadt, erläuterte die Berechnung der Formänderung von Raumfachwerken mittels der Abbildung freier Vektoren durch gebundene. Pöschl, Prag, sprach über die Theorie des Druckversuchs für zylindrische Körper. v. Mises, Berlin, gab eine auf allgemein gültigen Ansätzen beruhende Ableitung der Prandtlschen Grenzschichttheorie. Seine Entwicklung führt u. a. zu dem Satz, daß eine Grenzschicht immer vorhanden ist, wenn längs einer Stromlinie die Bernoullische Gleichung nicht mehr gilt, und vereinfacht die Lösung mehrerer wichtiger hydrodynamischer Aufgaben.

Betz, Göttingen, berichtete über seine Versuche mit Propellern. Während das Problem des freitragenden Propellers einigermaßen gelöst ist, bereitet das Zusammenwirken von Schraube und Schiff, vor allem das Arbeiten der Schraube im Nachstrom, noch sehr große Schwierigkeiten. Die Ursache der äußerst lästigen Schiffsschwingungen bei Doppelschraubenschiffen ist meistens das Durchschlagen der Schraubenflügel durch die an der Schiffswand mitgeführte Strömung. Durch Zurückversetzen der Schraube können die Schwingungen oft beseitigt werden.

Große Beachtung fand die Vorführung eines „hydrodynamischen Films" durch Prandtl, Göttingen. Der Film gab in überraschend klarer Weise eine augenfällige Bestätigung der Prandtlschen Grenzschichttheorie. Mit einer auf dem Schleppwagen mitfahrenden Kamera war die Strömung um verschieden geformte Widerstandkörper aufgenommen, die in einem mit Wasser gefüllten Behälter geschleppt wurden, dessen Oberfläche mit einem feinen Pulver bestreut war. Man sah mit voller Deutlichkeit, wie der Ablösung eines Wirbels erst der Stillstand und dann das Rückströmen der Grenzschicht vorausging. U. a. wurde auch der Strömungsvorgang an der Flettner-Walze gezeigt, sowie an mehreren Beispielen die Wirkung der Grenzschichtabsaugung. Besonders überraschend wirkte die auf diese Weise vollkommen wirbelfrei gemachte Strömung in einer rasch sich erweiternden Düse.

Der Nachmittag war der Schwach- und Starkstromtechnik gewidmet. Vogel, Köln-Mülheim, berichtete zusammenfassend über die neuere Entwicklung der Hochspannungskabeltechnik. Meyer, Köln-Mülheim, sprach über neuere magnetische Eisen-Nickel-Legierungen, die in der Fernsprechtechnik verwendet werden. Diese Stoffe haben eine besonders hohe Anfangspermeabilität und eine stark von der üblichen abweichende Form der Hysteresisschleife. Schuchmann, Berlin, behandelte die Anwendung von Quecksilberdampfröhren als Schaltorgane, z. B. für Drehzahlregelung. An der Hand oszillographischer Aufnahmen zeigte er, daß die benutzten Röhren als masselose Relais ausgezeichnete Dienste leisten.

Gyemant, Charlottenburg, verwendet für Flüssigkeitswiderstände von 10^4 bis 10^8 Megohm Äthylalkohol und Benzol, denen als Elektrolyt starke organische Säuren, meist Pikrinsäure, zugesetzt wird. Besonders bemerkenswert ist bei diesen Widerständen, daß bis zu einer Feldstärke von 34 kV/cm das Ohmsche Gesetz genau erfüllt ist, und daß sie einen negativen Temperaturbeiwert haben.

Am Mittwoch fanden geschäftliche Sitzungen statt, denen sich ein gemeinsamer Ausflug nach Brückenau anschloß.

Am Donnerstag hielten die beiden physikalischen Gesellschaften gemeinsam mit der Gesellschaft für angewandte Mathematik und Mechanik eine Sitzung ab, in der zunächst Sachs, Berlin-Dahlem, über Festigkeitseigenschaften von Metallkristallen sprach. Er behandelte unter Berücksichtigung mehrerer Gleitebenen eingehend den Gleitvorgang im regulären und hexagonalen System und zeigte die daraus abgeleiteten Festigkeits- und Verformungskörper. Smekal, Wien, berichtete über seine Theorie der Realkristalle und deren Nachweis durch Sichtbarmachen der Molekularvorgänge in verformten Steinsalzkristallen. Seine Theorie der Lockerstellen verspricht u. a. eine wesentliche Förderung der Erforschung des elektrischen Durchschlages. Föttinger und Weinig, Berlin, sprachen über Theorie und Anwendung maschineller Vektorintegratoren, die die zeichnerische Auswertung von Potentialströmungen um vorgegebene Umrißformen bei großer Zeitersparnis ermöglichen. Hort, Charlottenburg, beschrieb die Prüfung technischer Spannungsmesser für Brückenuntersuchungen, die auf ein Preisausschreiben der Reichsbahn hin eingereicht worden waren. Erk, Charlottenburg, berichtete über die Untersuchung technischer Zähigkeitsmesser (nach Engler, Vogel-Ossag, Lawaczeck, Michell) an der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. Die Grundlagen für die Vergleichsprüfung bildeten Öle, deren Zähigkeit mit einem Absolutzähigkeitsmesser ermittelt wurde.

---

[1]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 1623.

[2]) Die Generalkonferenz der Internationalen Meterkonvention in Paris, die im Oktober tagte, hat für Endmaße Lichtwellen als Längennormale festgesetzt, da mit dem Interferenzverfahren eine wesentlich größere Genauigkeit erzielt werden kann als mit den bisher üblichen Komparatoren. Für Strichmaße wurde jedoch das Meterprototyp beibehalten.



Der Donnerstagnachmittag und Freitagvormittag waren vorwiegend der Atom- und Elektronenphysik gewidmet. Freitag nachmittag sprachen u. a. Gerlach, Grützmacher und Backhaus, Berlin, über einen selbstschreibenden Schallmesser und seine Anwendung in der Klangzerlegung.

Ein auffallender Eindruck der Tagung war, daß die theoretische Physik stark in den Hintergrund trat, wozu vielleicht der Umstand beitrug, daß viele Physiker an der Volta-Feier in Italien teilnahmen. Ferner stammte ein bemerkenswert großer Teil der technisch-physikalischen Mitteilungen aus den Forschungsstätten verschiedener großer Industriewerke. [N 963]

Charlottenburg S. Erk

Werkzeugmaschinen

Schnellaufende Bohrmaschine

Mit der zunehmenden Verwendung von Leichtmetall im Maschinenbau steigt das Bedürfnis nach Maschinen, die die hierfür wirtschaftlichen Bearbeitungsgeschwindigkeiten aufweisen. Dieses Bedürfnis besteht besonders bei Bohrmaschinen für kleine Lochdurchmesser (d. h. für Löcher bis etwa 5 mm), bei denen nur durch hohe Bohrerdrehzahlen Schnittgeschwindigkeiten erreicht werden können, die den beim Drehen, Fräsen usw. gebräuchlichen Werten nahekommen. Bisher lag die bei den kleinen Bohrmaschinen meist gebräuchliche höchste Drehzahl bei etwa 2000 bis 3000 Uml./min. Für das Bohren von Aluminium, Messing, Kupfer, auch Holz und ähnlichen Stoffen ergeben diese Drehzahlen zu geringe Schnittgeschwindigkeiten. In den letzten Jahren ist man aus diesem Grunde dazu übergegangen, die Drehzahlen zu steigern, soweit es die Betriebsicherheit der Maschinen zuließ. Abb. 1 zeigt eine schnellaufende Bohrmaschine von Ludw. Loewe & Co., A.-G., für das Bohren von Löchern bis 5 mm Dmr. in Leichtmetall.

Die wichtigsten Teile einer schnellaufenden Bohrmaschine sind die Bohrspindel und ihre Lager. Die Bohrspindel ist bei dieser Maschine außergewöhnlich kurz; hierdurch sollen Formveränderungen verhindert werden, die infolge elastischen Nachgebens, Stöße, unachtsamer Bedienung usw. entstehen und unruhigen Lauf zur Folge haben können. Die Unterbringung einer kurzen Spindel ist dadurch erreicht worden, daß an Stelle des bisher gebräuchlichen, vom Antrieb unabhängigen verschiebbaren Bohrkopfes bei der neuen Maschine der ganze Bohrkopf mit der Bohrspindel, dem Bohrspindelträger, dem Antrieb, dem Motor und dem Vorschubgetriebe eine geschlossene Einheit bildet. Dieser Bohrkopf kann zum Ausgleich der Höhenunterschiede der Werkstücke senkrecht verstellt werden. Wesentlich ist, daß die Bohrspindel in ihrer ganzen Länge geführt wird, gleichviel, ob sie sich in der höchsten oder in der tiefsten Stellung befindet. Der Kopf der Maschine ist durch eine die Antriebscheibe verdeckende Kappe geschlossen. Die Spindel läuft in mehreren in der Bohrhülse untergebrachten Sonderkugellagern. Außerdem wird sie in der für den Antrieb erforderlichen Stufenscheibe genau geführt, von ihr mitgenommen und von ihren beiden Kugellagern mit getragen. Die Bohrspindel hat drei verschiedene Drehzahlen, 8000, 9700 und 12 000 Uml./min, die durch Auflegen des Riemens auf die zugehörige Stufe der Stufenscheiben eingestellt werden können. Hieraus ergeben sich die in der Zahlentafel 1 angegebenen Umfangsgeschwindigkeiten bei den verschiedenen Bohrerdurchmessern.

Zahlentafel 1

Riemenlage	Umdrehungen der Bohrspindel in 1 min	Umlaufgeschwindigkeit in m/min bei Bohrer-Dmr.				
		1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm
I	8 000	25	50	75	100	125
II	9 700	30	60	90	120	150
III	12 000	38	75	115	150	190

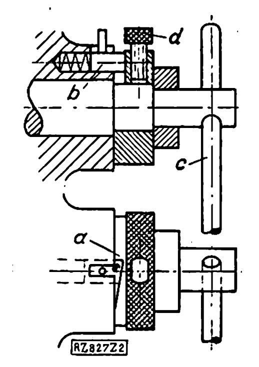


Abb. 2 und 3
Anschlageinrichtung für die Einstellung der Bohrtiefe

a Einstellbarer Ring mit Schlitz
b Schnapper
c Gefühlshebel
d Stellschraube

a Tisch
b Motor
c Fuß mit Schalter
d Steckkontakt
e Säule mit Zahnstange
f Gefühlshebel für den Vorschub
g Schutzkasten für den Stufenscheiben-Antrieb
h Bohrfutter
i Klemmschraube für die wagerechte Verschiebung des Motors zum Riemenspannen
k Klemmvorrichtung für die senkrechte Verstellung des ganzen Kopfes

Abb. 1
Schnellaufende Bohrmaschine

Zur Aufnahme eines Futters ist das Spindelende mit einem Morsekegel Nr. 1 versehen. Außerdem befindet sich an ihm zum Halten der Spindel beim Bohrerwechsel ein durchbohrter Bund, in den ein Haltestift gesteckt werden soll. Für das Abdrücken des Bohrfutters vom Aufnahmekegel ist eine Abdrückmutter vorgesehen, Abb. 1. Das Futter hat 5 mm größten Spanndurchmesser. Die Ausladung der Maschine von Mitte Bohrspindel bis Mitte Säule beträgt 110 mm. Die Antriebscheibe zur Mitnahme der Bohrspindel besteht aus Leichtmetall und ist zur Vermeidung des Schlagens und unruhigen Laufens der Maschine sorgfältig ausgewuchtet. Die Scheibe ist so ausgebildet, daß zum Antrieb flache dünne Gurte verwendet werden, damit bei den hohen Geschwindigkeiten geringe Fliehkräfte auftreten und die Lager wenig beansprucht werden. Gekreuzte oder mehrfach über Leitrollen geführte Gurte haben sich für Getriebe mit hohen Drehzahlen nicht als vorteilhaft erwiesen. Als Bänder für den Antrieb benutzt man Seidenbänder, Darmbänder, endlos gewebte Riemen und z. T. auch dünne Gummibänder.

Zum Antrieb dient ein Elektromotor mit senkrechter Welle an der Rückseite der Maschine. Diese Lage des Motors hinter der Bohrspindel schafft die Möglichkeit, Stufenscheiben für mehrere Geschwindigkeiten unterzubringen. Der Motor ist an einem U-förmigen Schieber mit beiden Führungen wagerecht verschiebbar, damit man den Riemen nachspannen kann. Der Riementrieb ist mit einem Schutzkasten aus gelochtem Blech umgeben, der nach Entfernung weniger Kordelmuttern rasch abgenommen werden kann.

Der Bohrkopf wird von einer Zahnstange an einer runden Säule getragen, auf der er mit leichter Spannung gleitet. Er ist durch ein Handrad an der linken Seite der Maschine senkrecht um 100 mm verschiebbar und kann durch eine Klemmvorrichtung festgestellt werden. Der größte Abstand von Oberkante Tisch bis Unterkante Bohrfutter beträgt 150 mm. Für den Vorschub dient ein Gefühlshebel mit Zahnrad und Zahnstange auf der rechten Seite der Maschine. Das Gewicht der Bohrspindel und der Bohrhülse wird durch eine einstellbare Blattfeder in einem geschlossenen Gehäuse ausgeglichen. Für die Einstellung der Bohrtiefe ist eine neue Anschlageinrichtung vorgesehen, Abb. 2 u. 3. Auf dem Bolzen des Vorschubritzels ist ein Ring *a* mit einer Einkerbung angebracht, deren Umfang dem größten Vorschub der Bohrspindel entspricht. An dem Bohrkopf befindet sich ein Schnapper *b*, der in den Schlitz einfällt, sobald er davor steht. Hierdurch ist die weitere Bewegung des Gefühlshebels *c* behindert und die Tiefenzustellung begrenzt. Der Ring läßt sich mittels einer gekordelten Schraube *d* für die gewünschte Bohrtiefe auf dem Bolzen feststellen.

Für die Schmierung der Lager sind kleine selbstschließende Öler vorgesehen. Für die Kugellager, die man

nur selten zu schmieren braucht, sind diese Einfüllöffnungen vollkommen ausreichend.

Da meist Drehstrom zur Verfügung steht, wird der Antriebmotor als Kurzschlußläufer ausgeführt; seine Drehzahl liegt bei 2800 bis 3000 Uml./min.

Zum Ein- und Ausschalten dient ein rechts am Fuß der Maschine eingelassener dreipoliger Schalter; auf der Rückseite befindet sich ein Stecker. Vom Schalter zum Motor wird der Strom durch ein Gummikabel geleitet.

Der Ständer der Bohrmaschine ist in einer T-Nute in der Längsrichtung des Tisches verschiebbar, damit man auch größere Stücke, bei denen die Löcher sich seitlich befinden, gut auf den Tisch auflegen kann. Außerdem kann man bei großen Tischen mehrere Bohrmaschinenoberteile nebeneinander verwenden und ihre Abstände beliebig einstellen. Alle Tische sind mit einer großen Kühlwasserrinne versehen; der Kühlwasserablauf befindet sich an der linken Seite des Tisches. [M 827]

Berlin-Charlottenburg B. Schmidt

Elektrotechnik

Elektrische Maschinen aus geschweißtem Walzeisen

Die AEG hat bereits eine große Anzahl von bisher aus Gußeisen oder Stahlguß ausgeführten Teilen elektrischer Maschinen aus gewalztem Flußstahl (Blechen, Flacheisen. Stangen und Formstäben) hergestellt[1]). Die Bestrebungen, das Gewicht des mechanischen Teiles elektrischer Maschinen durch grundsätzliche Änderung der üblichen Bauart zu verringern, sind an sich nicht neu. So versuchte O. Lasche vor mehr als 25 Jahren durch Versteifung der Gehäuse von Drehstrommaschinen mittels Spannstangen (Spannwerkkonstruktion) das Gehäusegewicht zu verringern; ferner veröffentlichte er den Entwurf eines nach Art eines Fahrrades hergestellten Polrades, bei dem die aus gezogenen Stangen bestehenden Speichen unmittelbar an dem aus einzelnen Blechen zusammengesetzten Jochringkörper angriffen[2]). Auch durch die Patentschriften DRP Nr. 137 565 und 140 509 aus den Jahren 1902/1903 sind bereits Gehäusekonstruktionen aus Flußeisen bekanntgeworden, bei denen der Gehäusekörper durch Vernietung gewalzter Teile hergestellt wurde. Diese Konstruktionen wurden jedoch wieder aufgegeben, bis in neuerer Zeit die Verwendung des Schweißverfahrens mittels elektrischen Lichtbogens die Möglichkeit gab, Maschinenteile, die bisher aus Gußeisen oder Stahlguß hergestellt wurden, durch solche aus gewalztem Flußstahl wirtschaftlich zu ersetzen.

Abb. 4 zeigt einen Drehstrommotor von 1250 PS bei 600 Uml./min, bei dem das Gehäuse, die Schutzkappen mit den Anschlußstutzen für die Luftführung und die Grundplatte, also Teile, die bisher nur in Gußeisen ausgeführt wurden, aus Walzeisen hergestellt sind. Das Gehäuse ist zweiteilig, die Füße sind an die untere Gehäusehälfte angeschraubt, damit man sie bei Ausbesserungsarbeiten am unteren Teil der Wicklung entfernen und das Gehäuse aus der Grube herausdrehen kann.

In Abb. 5 ist ein Drehstromerzeuger für 1800 kVA mit senkrechter Welle dargestellt, der von einer Wasserturbine mit 214 Uml./min angetrieben wird. Das Gehäuse, das obere und untere Armkreuz sowie die Sohlplatten sind aus Flußstahl hergestellt.

[1]) Vergl. hierzu auch Z. Bd. 71 (1927) S. 1073.
[2]) Z. Bd. 45 (1901) S. 1020.

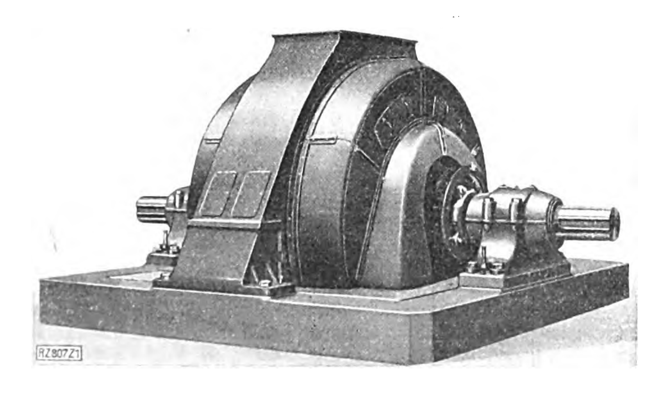


Abb. 4
Drehstrommotor, 1250 PS, 600 Uml./min, Gehäuse, Schutzkappen und Grundplatte aus Walzeisen

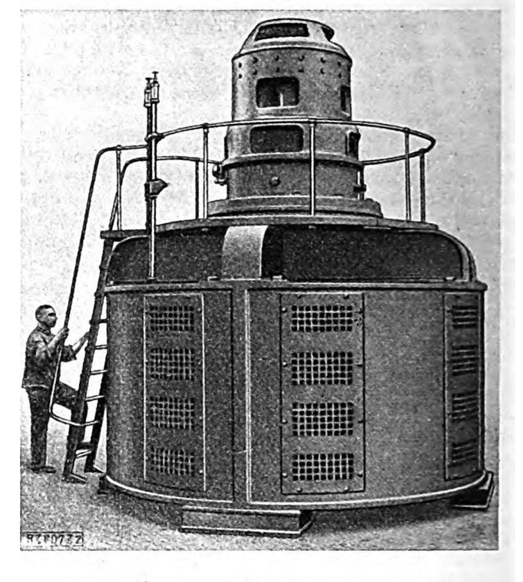


Abb. 5
Drehstromerzeuger mit senkrechter Welle, 1800 kVA, 214 Uml./min, Gehäuse, oberes und unteres, Armkreuz und Sohlplatte aus Flußstahl

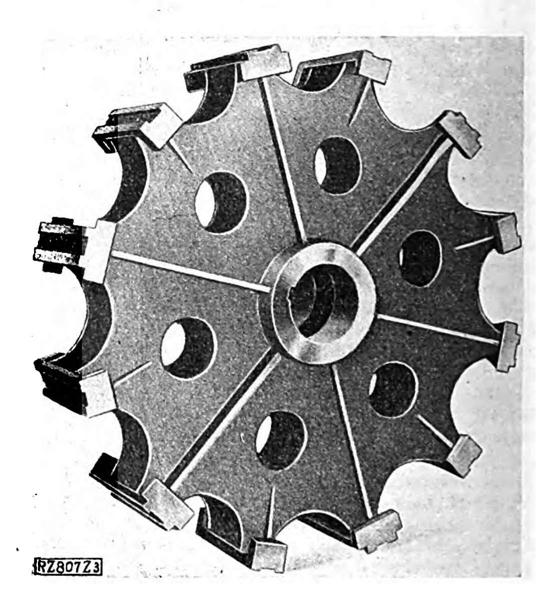


Abb. 6
Läuferkörper aus Walzeisen für einen Drehstrommotor von rd. 1400 PS bei 250 Uml./min

Die Festigkeit der Schweißnähte gestattet, auch umlaufende Teile aus Walzeisen herzustellen. Abb. 6 zeigt die Ausführung eines Läuferkörpers für einen Drehstrommotor von rd. 1400 PS bei 250 Uml./min[3]). Der Läuferkörper besteht aus zwei durch Querrippen versteiften Scheiben, die mit der schmiedeisernen Nabe verschweißt sind. Am Umfang sind genutete Quereisen angeschweißt, die zur Befestigung des aus einzelnen Blechen zusammengesetzten Kranzes dienen. Auch hier sind die Ersparnisse an Gewicht und Herstellkosten gegenüber der gegossenen Ausführung erheblich. [M 807]

Berlin Lewinnek

[3]) DRGM Nr. 989 153.

Berichtigung

Fortschritte im Bau von Gleiswiegevorrichtungen

Zu dem Aufsatz in Z. Nr. 29 S. 1019 teilt uns Dr.-Ing. Raudnitz, Darmstadt, mit: Die auf S. 1021 in der Fußnote 2) erwähnte Patentanmeldung bestand bei Drucklegung des Aufsatzes nicht mehr, an ihre Stelle war ein Schutz durch DRGM getreten. [N 1023]



Gesundheitsingenieurwesen

Selbsttätige Feuerlöscheinrichtungen

Abgeschlossene Räume, Abb. 7, deren Inhalt durch flüssige Löschstoffe zerstört werden könnte, reichert man mit CO_2-Gas an. Auf die Prüfwaage *a* für das Kohlensäuregewicht sind die Gasflaschen *b* aufgesetzt. Ein Metallschlauch *c* speist dauernd die Anregerleitung *d*, die in Schmelzstopfen *e* endigt. Sobald ein solcher infolge Temperaturerhöhung ausfällt, öffnet eine Membran *f* die eigentliche Löschleitung *g*. Das Gas tritt an den Verteilerdüsen *h* aus. Gleichzeitig setzt ein Membrankontakt *i* eine Alarmglocke in Tätigkeit.

Die Anordnung des selbsttätigen Stromerzeuger-Brandschutzes ist die gleiche. Nach Abb. 8 löst die Schutzeinrichtung ein Differential- oder Erdschlußrelais *h* aus. Durch Erregung des Magneten *e* wird das Pendelgewicht *g* entriegelt und öffnet beim Sinken das Löschventil *c*.

Bei einer andern Bauart ist der Stromerzeuger in der Gefahrzone mit auf 100 °C abgestimmten Ruhestrom-Schmelzdrähten ausgerüstet. Sobald diese durchschmelzen, steuert ein Elektromagnet durch Seilzüge die Ventile der CO_2-Flaschen und schließt die den schädlichen Luftraum begrenzenden Branddrehklappen. Um das geruchlose CO_2-Gas sinnlich empfindbar zu machen, wird Äther zugesetzt.

Für nicht gasdichte Räume ist Wassersprinkler-Feuerschutz vorteilhaft. Eine solche Anlage erfordert bis 10 vH der Gesamtbaukosten, wodurch die Verbreitung behindert wird. Bei Gegenständen, die nur zum Teil Sprinklerschutz haben, müssen die geschützten und ungeschützten Teile nach strengen Vorschriften getrennt werden.

Die Feuergefährlichkeit des Betriebes bestimmt die Maschenweite des Brausennetzes. Die Wassersprüher können an der Decke hängend oder stehend verteilt werden. Man kann sie zwischen enggereihten, hohen Maschinen, wie Walzenstühlen, einbauen. Die Schmelztemperatur des Verschlußlotes liegt gewöhnlich 50 °C über der normalen Raumtemperatur.

In 85 vH aller Brandfälle sprechen nicht mehr als zehn Brausen an. Die Anlage braucht neben 20 bis 40 m³ Bereitschaftswasser in Hochbehältern oder Druckluftkesseln eine unerschöpfliche Dauerwasserlieferung aus Maschinenpumpen oder öffentlicher Wasserleitung. In nicht frostfreien Räumen füllt man das Rohrnetz mit Druckluft. Diese entfernt im Bedarfsfalle für je 500 Brausen der Schnellentlüfter, Abb. 9, durch ein Membranventil. Die Membran *a* trennt die Luftsäulen des Rohrnetzes *b* und des Windkessels *c*. Spricht eine Brause an, so schwingt die Membran zufolge der Druckunterschiede nach oben aus und hebt das Lüfterventil *d*. Dadurch entweicht die Fülluft rasch durch das Rohr *e*. Sobald Wasser nachschießt, wird die Schwimmerventilkugel *f* gehoben und verlegt das Austrittrohr.

Für Brennstoffbehälter kommen auch CO_2-Schnee-Löscheinrichtungen in Frage. Zum Auslösen kann u. a. eine Schmelzdraht-Reißleine dienen. Ferner läßt sich im oberen inneren Behälterboden eine mit Tetrachlor-Kohlenstoff gefüllte Glasbombe den Flammen zum Bersten aussetzen.

Bei selbsttätigem Schaumschutz zieht man zur Dauerschaumlieferung einen Schaumerzeuger nach Abb. 10 vor. Dieser kann bis zu 5 m³/min Schaum von regelbarer Dichte

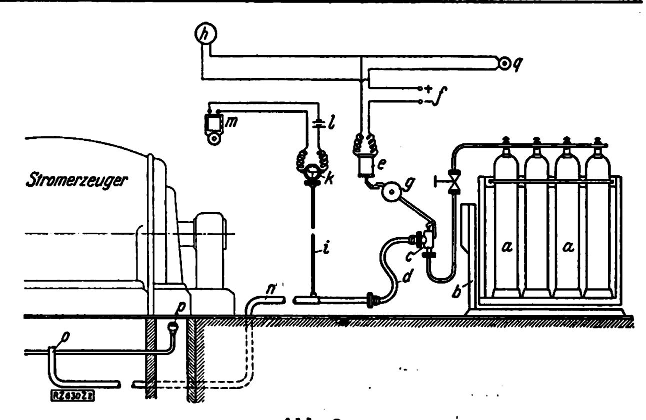


Abb. 8
Kohlensäuregas-Feuerlöschanlage für Stromerzeuger

a CO_2-Stahlflaschen
b Waage
c Löschventil
d Hochdruckschlauch
e Magnet
f Gleichstromnetz
g Pendelgewicht
h Erdschlußrelais
i Anzapfleitung
k Membrankontakt
l Batterie
m Alarmklingel
n Löschleitung
o Gabelstück
p Verteilerdüse
q Fernsteuerknopf

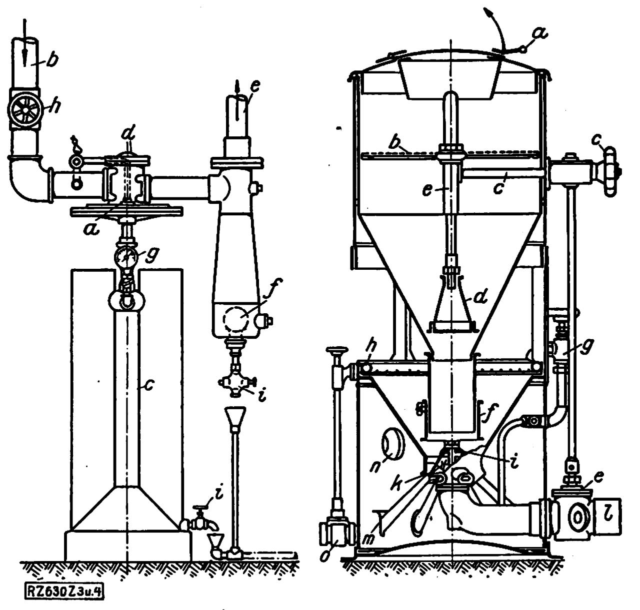


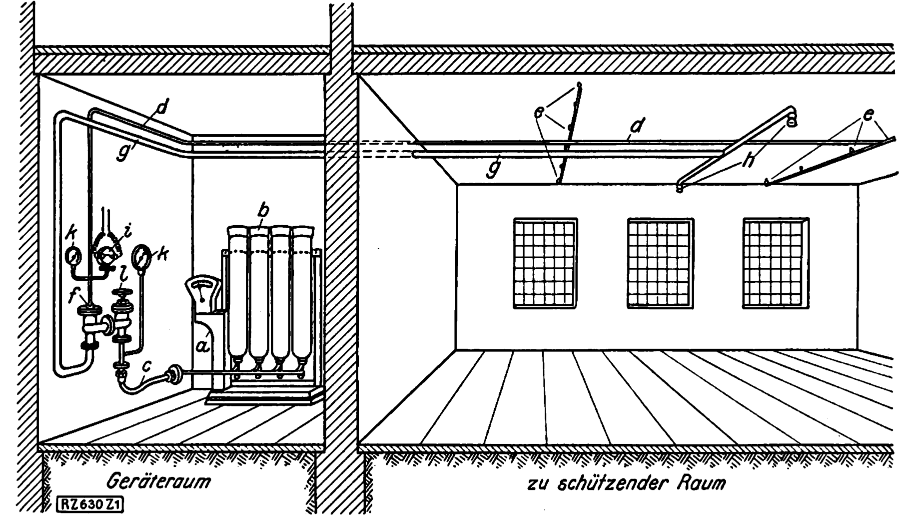
Abb. 9
Schnellentlüfter einer Wassersprinkler-Feuerlöschanlage für nicht frostfreie Räume

a Membran
b Rohrnetz
c Windkessel
d Lüfterventil
e Auslaßrohr für Luft
f Schwimmerventilkugel
g Kontrollmanometer
h Hauptventil
i Entwässerungshähne

Abb. 10
Schaumerzeuger

a Einschüttöffnung
b Sieb
c Reglergetriebe
d Reglerglocke
e Reglerhahn
f Ausziehrohr
g Spülwasserzuführung
h Brausenringleitung
i Strahlkopf
k Mischraum
l Betriebwasseranschluß
m Rückschlagklappen
n Schaumleitungsanschlüsse
o Entwässerungshahn

Abb. 9 und 10
Selbsttätige Feuerlöscheinrichtungen



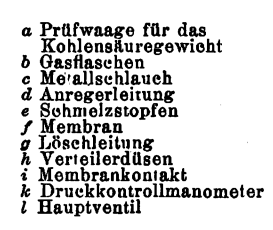

a Prüfwaage für das Kohlensäuregewicht
b Gasflaschen
c Metallschlauch
d Anregerleitung
e Schmelzstopfen
f Membran
g Löschleitung
h Verteilerdüsen
i Membrankontakt
k Druckkontrollmanometer
l Hauptventil

Abb. 7. Kohlensäuregas-Feuerlöschanlage



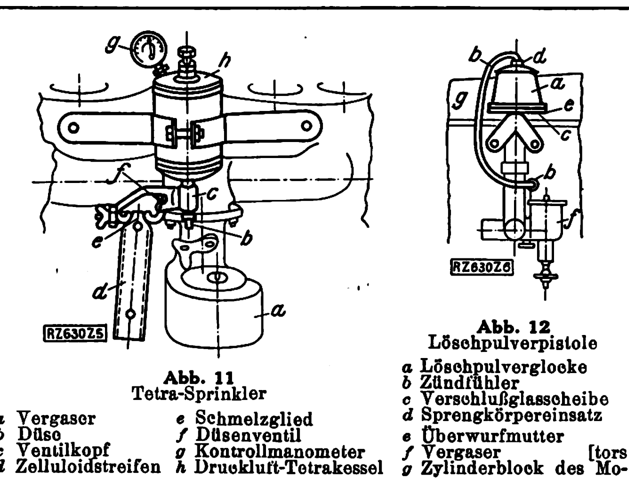


Abb. 11
Tetra-Sprinkler

a Vergaser
b Düse
c Ventilkopf
d Zelluloidstreifen
e Schmelzglied
f Düsenventil
g Kontrollmanometer
h Druckluft-Tetrakessel

Abb. 12
Löschpulverpistole

a Löschpulverglocke
b Zündfühler
c Verschlußglasscheibe
d Sprengkörpereinsatz
e Überwurfmutter
f Vergaser
g Zylinderblock des Motors

liefern. Das in Blechbüchsen aufbewahrte Schaumpulver wird durch die Einschüttöffnung *a* in den Behälter gefüllt. Es fällt durch das Sieb *b* je nach Einstellung der Reglerglocke *d* über den Strahlkopf *i*. Hier spült es Wasser aus der Brausenringleitung *h* in den Mischraum *k*. Diesem wird durch den Betriebswasseranschluß *l* über den Reglerhahn *e* und einen Rohrkrümmer das Wasser zugeleitet. Der Schaum tritt aus den Rückschlagklappen *m* durch die Schaumleitungsanschlüsse *n* aus.

Die Vergaser raschlaufender Verbrennungskraftmaschinen schützt man durch Tetra-Sprinkler, Abb. 11. Dabei setzt die Flamme einen Zelluloidstreifen *d* in Brand, der ein Schmelzglied *e* löst. Hierdurch wird die Düse mit dem Tetra-Druckluftkessel verbunden.

Nach Abb. 12 schleudert ein Sprengkörper eine Löschpulverwolke über den brennenden Vergaser. Die Zündung vermittelt der Zündfühler *b* über ein Zündrohr. Neuerdings rüstet man auch Handfeuerlöscher mit Sprinklerverschlüssen aus. [M 630]

München J. Brandl

Kleine Mitteilungen

Dieselelektrische Eisenbahn-Triebwagen

Die kanadischen Bahnen haben mit Diesel-Triebwagen mit elektrischer Kraftübertragung so gute Erfahrungen gemacht, daß sie fünf weitere Triebwagen von je 300 PS Leistung in Betrieb genommen haben, die wie die früheren mit Dieselmotoren von Beardmore & Co. und mit elektrischer Einrichtung von Westinghouse versehen sind. Mehrere von den Triebwagen haben im Jahre 1926 über 160 000 km zurückgelegt, ohne daß eine vollständige Überholung notwendig geworden wäre. Die vorhandenen 9 Triebwagen sind im Mittel während des Betriebjahres täglich 375 km gefahren und haben für je 100 km rd. 68 l Brennstoff und 3,7 l Schmieröl verbraucht. Die Kosten an Betriebstoffen haben 0,136 ℳ/km, die gesamten Betriebskosten 0,76 ℳ/km betragen. („Railway Age“ 24. September 1927 Teil 1 S. 578)
[N 1022 a] H.

Hundertjahrfeier

Aus Anlaß des hundertjährigen Bestehens der Baltimore- und Ohio-Bahn fand vom 24. September bis 12. Oktober 1927 in Halethorp, Md., U. S. A., eine Ausstellung unter dem Namen „Die Schau des eisernen Pferdes“ statt. Sie beschränkte sich aber keineswegs auf die geschichtlichen Lokomotiven der Baltimore- und Ohio-Bahn, sondern gab ein allgemeines Bild aus der Lokomotivgeschichte der Vereinigten Staaten. Die Schau gliederte sich in zwei Abteilungen: die Ausstellung und die „Parade“. In der Ausstellung wurde ein allgemeiner Überblick über den Stand des Eisenbahn- und Verkehrswesens gegeben; die Parade aber bestand in einem historischen Festzug, der jeden Nachmittag um 2 Uhr an den Besuchern vorüberfuhr und neben den eigentlichen technischen Schaustücken noch Gruppen zeigte, die mit der Geschichte des Eisenbahn- und Verkehrswesens in irgendeinem Zusammenhang standen. („Railway Age“ 24. September 1927 S. 555*) [N 1022 b] Krs.

Kraftwasserstollen von 25,6 km Länge

Durch den höchsten Berg Großbritanniens, Ben Nevis, wird gegenwärtig ein 25,6 km langer unterirdischer Kanal gebohrt, der zur Versorgung einer Wasserkraftanlage dient und 4,8 m l. Dmr. hat. Um den Bau möglichst zu fördern, hat man bisher von der Seite her zwölf Zugangsstollen vorgetrieben. Sobald die Stollen die Linie der Kanalführung erreicht haben, wird nach vor- und rückwärts der Hauptstollen ausgebohrt, so daß an 24 Stellen zugleich die Ausschachtung des Stollens beginnen kann. Am Eingang jedes der zwölf Zugangsstollen saugt ein elektrisch angetriebener Lüfter die schlechte Luft in besonderen Rohrleitungen ab, während die Außenluft ständig nachströmt. Insgesamt werden 8200 m³ Luft in 1 h abgesogen. („Engineering News Record“ 17. November 1927 S. 795.) [N 1022 c] Sd.

Betriebserfahrungen mit Kesselspeisewasser bei Höchstdruckanlagen

In einem Vortrag in der Sitzung des Instituts of Fuels in London machte einer der Direktoren des Lakeside-Kraftwerks in Milwaukee, J. Anderson, sehr beachtenswerte Mitteilungen über die bisherigen Betriebserfahrungen mit der neuen Höchstdruck-Dampfanlage von 92 at, die sich seit fast einem Jahr mit voller Leistung (rd. 50 kg/m²h Kesselbelastung) im Betriebe befindet[1]). Die Wirtschaftlichkeit des ganzen Kraftwerkes hat sich in dieser Zeit infolge der viel besseren Brennstoffausnutzung der Höchstdruckanlage um 4 vH verbessert.

[1]) Z. Bd. 70 (1926) S. 869.

Allerdings traten in den ersten Monaten nach Inbetriebnahme zahlreiche Schwierigkeiten auf, und zwar fast ausschließlich durch das Speisewasser. In der ersten Zeit bildete sich sehr viel Kesselstein in den Wasserrohren, der unzulässige Beanspruchungen einzelner Kesselteile infolge hoher Überhitzung zur Folge hatte. Als Ursache der Kesselsteinbildung wurden Undichtheiten im Kondensator festgestellt, durch die 2 vH Rohwasser in den Wasserkreislauf gelangten. Nach Beseitigung dieser Störungen stellte man an verschiedenen Stellen der Kesselbleche Anfressungen fest, die offenbar vom Sauerstoffgehalt herrührten. Das Wasser wurde nunmehr entgast, worauf man keine Anfressungen mehr bemerkte. („The Engineer“ 25. November 1927 S. 606)
[N 1022 c] Pt.

Hochdruckdampf auf Schiffen

Nach den ersten Versuchen mit Hochdruckdampf auf dem englischen Dampfer „King George V“, deren Ergebnisse recht günstig waren[2]), hat nun auch eine holländische Reederei, die Nederlandsche Stromvaart Maatschappij, auf dem Dampfer „Borneo“ versuchsweise in die Dreifach-Expansionsmaschine für 12 at neue Hochdruckzylinder eingebaut und die veralteten Kessel durch Armstrong-Hawthorn-Wasserrohrkessel ersetzt. Der Dampf wird mit rd. 35 at erzeugt und auf 400 ° erhitzt; die Verbrennungsluft wird in Lufterhitzern auf 140 bis 160 ° vorgewärmt, wobei die Abgase auf 240 ° abgekühlt werden.

Die bisherigen Betriebsergebnisse sind sehr günstig; bei 6350 kcal/kg oberem Heizwert der Kohle erzielte man bei einem Betriebsversuch 0,52 kg/kWh Kohlenverbrauch, während unter gleichen Verhältnissen bei normalen Drücken der Kohlenverbrauch im Mittel 0,67 kg/kWh beträgt. („Engineering“ 25. November 1927 S. 686.) [N 1022 e] Pt.

[2]) Z. Bd. 70 (1926) S. 1143 und Bd. 71 (1927) S. 410.

Der neue Schleppdampfer „Österreich“

Der neue Dampfer „Oesterreich“, der am 19. November in Dienst gestellt wurde, ist der stärkste Schleppdampfer auf der Donau. Er ist 71,80 m lang, 9 m breit im Hauptspant, 21,41 m über den Radkasten und hat eine Maschinenanlage mit 2500 PS Höchstleistung. Vier Kessel von insgesamt 640 m² Heizfläche, mit Überhitzern von zusammen 200 m² Überhitzer-Heizfläche, mit Saugzuganlagen und mit den von den eigenen Werften besonders ausgebildeten Rostanlagen ausgerüstet, liefern bei Verwendung der aus den Kohlengruben der Schiffahrtsgesellschaft stammenden Fünfkirchner Kohle den Betriebsdampf. Auf dem Rost können unter Benutzung von Saugzug 150 kg/m²h Kohlen verbrannt werden.

Die Zweizylinder-Kolbenmaschine gibt bei Vor- und Rückwärtsfahrt Leistungen zwischen 1800 bis 2500 PS, her. Alle Ausrüstungs-Hilfsmaschinen, wie: Rudermaschine, Ankerwinde, Schleppseil-Einholwinden, Lenz- und Feuerlöschpumpe werden mit Dampf betrieben, ein Bergungsejektor von 150 m³/h Leistung ermöglicht bei Beschädigungen das rasche Auspumpen der Leckräume. Durch acht Schotten ist der Dampfer in neun wasserdichte Abteilungen unterteilt.

Trotz seiner hohen Maschinenleistung hat der Dampfer nur einen Tiefgang von 1,35 m, wobei er sämtliche Donaustrecken befahren kann. Er vermag zwei Lastkähne mit 1200 t Ladung durch den Kanal im Eisernen Tor zu schleppen. [N 1022] Gsl.



BÜCHERSCHAU

Elektrische Widerstandschweißung und -erwärmung. Von A. J. Neumann. Berlin 1927, Julius Springer. 193 S. m. 250 Abb. Preis 17,50 ℳ.

Die elektrische Widerstandschweißung ist im Schrifttum, abgesehen von Fachzeitschriften und von bemerkenswerten Katalogen der Geräteindustrie, zumeist nur gelegentlich der Darstellung der elektrischen Lichtbogenschweißung behandelt worden. Es war sicherlich eine dankbare Aufgabe, für das Gebiet der Schweißtechnik, das sich auf dem vollkommensten aller Schweißverfahren aufbaut, ein Lehrbuch zu schaffen. Der Verfasser hat seinen Stoff im ganzen zweckmäßig gegliedert und fachkundig behandelt. Die Hauptabschnitte betreffen Begriffe und Bezeichnungen, Grundzüge der Elektrotechnik und der Erwärmungstechnik, Schweißbarkeit der Werkstoffe, die metallurgischen Vorgänge beim Schweißen, die Gütewerte geschweißter Verbindungen und ihre Prüfung, die Bauart und Betriebsweise der Transformatoren, die Schweißmaschinen für Stumpf-, Punkt- und Nahtschweißen und das Gerät für Erwärmungszwecke mit Beispielen der industriellen Anwendung.

Bei der Abfassung des Buches hat der Verfasser es für zweckmäßig angesehen, verschiedene Abschnitte, wie die über Festigkeitsprüfungen, Emaillierung geschweißter Rohware, Elektrotrennmaschinen aus Veröffentlichungen zu übernehmen. Die Darstellung verliert hierdurch an einheitlichem Gesamteindruck. Die Wiederholung der Begriffe und Bezeichnungen der Schweißtechnik im Abschnitt VI dürfte sich vermeiden lassen. Ein Teil der Tabellen zur Wärmemessung und die hüttenmännischen Ausführungen über Roheisen sind für die Behandlung der Widerstandschweißung entbehrlich. An andern Stellen wäre eingehendere und anschaulichere Darstellung erwünscht. Zu den Abschnitten Schweißmaschinen wird die eine oder andre Erbauerin den Wunsch haben, an Stelle einer älteren Bauart die neueste aufgenommen zu sehen. Die Abschnitte über die Wirtschaftlichkeit der Widerstandschweißungen, die von besonderer Bedeutung für den Praktiker sind, werden um so größere Beachtung finden, wenn hier auch die außerordentlich hohe Arbeitsgeschwindigkeit und damit die Leistungsfähigkeit der elektrischen Widerstandschweißung im Vergleich zu andern Verfahren gebührend beleuchtet wird. Auch die Eigenart der rein maschinellen Fertigung, die gestattet, alle Stufen des Herstellungsganges, als Vorbereitungsarbeit, Wärmequelle, Schweißtemperatur und Schweißdruck, Nachbehandlung genau zu beherrschen und damit Ausschußarbeit zu verhindern, wird als bedeutsames wirtschaftliches Moment mehr und mehr gewertet werden, je mehr eine auf Unterlagen der Praxis gestützte Darstellung diese betrieblichen Vorzüge hervorhebt.

Anregungen und Wünsche der vorgebrachten Art können bei Herausgabe einer weiteren Auflage wohl leicht verarbeitet werden. Für die Verbreitung des Buches wäre es nützlich, wenn der Verlag seinen ungewöhnlich hohen Preis erheblich herabsetzen würde. [E 889] Füchsel

Einführung in die theoretische Aerodynamik. Von C. Eberhardt. München und Berlin 1927, R. Oldenbourg. 138 S. m. 118 Abb. Preis 9,50 ℳ.

Der Verfasser kommt mit seiner Einführung einem vielfach geäußerten Wunsch der Luftfahrtstudierenden nach, die sehr verstreuten Arbeiten, die die Grundlage der Aerodynamik des Flugzeuges bilden, verständlich zusammenzufassen. Der Flugzeugingenieur muß mit den Zusammenhängen der theoretischen Aerodynamik vertraut sein, um zielsicher seine Flugzeuge entwerfen zu können. Das Eberhardtsche Buch gibt ihm eine gute Unterlage hierzu, da es dem Verfasser gelungen ist, das Buch auch mathematisch einfach zu halten.

Ausgehend von der klassischen Hydrodynamik wendet sich der Verfasser den neueren Betrachtungen zu, die den Flugzeugauftrieb und -widerstand theoretisch erklären. Die zahlreichen Abbildungen, die Text und Rechnungen erläutern, tragen zum Verständnis bei. Das vorliegende Buch kann den Ingenieuren der Praxis und den Studierenden bestens empfohlen werden. [E 910] Hoff

Der Bauingenieur in der Praxis. Von Theodor Janssen. 2. Aufl. Berlin 1927, Julius Springer. 494 S. Preis 23,50 ℳ.

Dem Buche „Technische Wirtschaftslehre“ des um die Einführung der Betriebwirtschaftslehre in das Studium der Ingenieurbauwissenschaften sehr verdienten Verfassers ist nunmehr die vorliegende zweite Auflage des im Jahre 1913 in erster Auflage herausgegebenen Werkes „Der Bauingenieur in der Praxis“ gefolgt. Es wird von allen Fachgenossen, denen die wirtschaftliche Ausbildung der jungen Bauingenieure am Herzen liegt, gewiß ebenso freudig begrüßt werden wie das erstgenannte Buch. Die wesentliche Erweiterung des Inhaltes der neuen Auflage ist besonders den Kapiteln über die Wirtschafts- und Sozialpolitik sowie über die Kostenberechnungen und Bauausführung, die den seit 1913 erheblich veränderten Verhältnissen anzupassen waren, zugute gekommen. Sie bilden den zweiten, dritten und vierten Teil des Buches, während der erste Teil das Gebiet „Wirtschaftslehre“ umfaßt, die mit Rücksicht auf die ausführliche Sonderbehandlung in dem Buche „Technische Wirtschaftslehre“ entsprechend knapp gefaßt ist.

Zur Einführung in die Praxis sind die Ausführungen über Kostenberechnungen, insbesondere die Selbstkostenberechnung, besonders geeignet. Das Kapitel „Veranschlagung“ wird in willkommener Weise durch das Beispiel der Veranschlagung einer Nebenbahn ergänzt. Auch das Beispiel der Preisberechnung einer Eisenbeton-Bogenbrücke kleinerer Spannweite, das den Abschnitt Bauausführung abschließt, bietet eine lehrreiche Einführung in das Verfahren und den Gang von Preisberechnungen. In einem Anhang finden sich eine Reihe von Verordnungen, Bestimmungen, Verträge, z. B. arbeitsrechtlicher Art, die Anlagen zu den sehr lesenswerten Kapiteln des Teiles „Soziallehre“ bilden. Das Buch wird nicht nur den im Vorwort ausgesprochenen Zweck, dem jungen Bauingenieur den Eintritt in die Praxis zu erleichtern, vollauf erfüllen, sondern kann auch dem in der Praxis stehenden Ingenieur eine Bereicherung seiner Kenntnisse bringen. [E 930] Bu.

Il cemento armato nelle costruzioni civili ed industriali. Von Luigi Santarella. 2. Aufl. Milano 1927, Ulrico Hoepli. 687 S. m. 522 Abb. Preis 75 Lire.

Der Eisenbetonbau spielt in Italien eine besonders wichtige Rolle, da dieses Land bekanntlich kein Eisen besitzt. Gleich nach dem Kriege begann hier ein mächtiger Aufschwung auf dem Gebiete des Eisenbetonbaues, und der Wunsch nach einem entsprechenden Handbuch wurde immer fühlbarer. Das Buch von Prof. Santarella, das 1925 erschien, wurde daher lebhaft begrüßt, und daß es seinem Zwecke vollständig entsprach, beweist der Umstand, daß nach anderthalb Jahren bereits die zweite Auflage erscheinen konnte.

Das Buch ist in drei Teile eingeteilt. Der erste Teil behandelt die Eigenschaften der Baustoffe und die Herstellung des Betons. Der zweite Hauptteil beschäftigt sich mit der Statik des Eisenbetons. Diese beiden Teile bilden die Übersetzung der beiden Hälften der 5. Auflage des „Eisenbetonbaues“ von Mörsch. Die Übersetzung ist von dem Original etwas abweichend, es sind vor allem die Versuche weggelassen worden, und die Bemessungstafeln sind umgerechnet, entsprechend den italienischen Eisenbetonvorschriften ($n = 10$).

Der dritte Teil beschäftigt sich mit einigen Eisenbetonkonstruktionen, mit den Hauptkonstruktionselementen und mit ihrer statischen Berechnung. Behandelt werden die Gründungen, Decken, die Berechnung der Platten, die Hochbauten mit besonderer Berücksichtigung der erdbebensicheren Bauten und schließlich die Dachkonstruktionen. Auch dieser dritte Teil steht stark unter dem Einfluß des einschlägigen deutschen Schrifttums; das ist aber durchaus selbstverständlich, wenn man bedenkt, daß die Theorie (einschl. der Versuche) des Eisenbetons bis zur letzten Zeit fast ausschließlich deutsche Arbeit war und daß in keinem Lande das Schrifttum über Eisenbeton so hoch entwickelt ist wie bei uns.

Das Buch wird bei den italienischen Eisenbetonkonstrukteuren ebenso unentbehrlich sein wie das ihm zu Grunde liegende Werk bei uns. [E 911] Dr. Kelen.

Manual of the endurance of metals under repeated stress. By H. F. Moore. New York City 1927, Engineering Foundation. Engineering Societies Building. 63 S.

Die Engineering Foundation hat dies kleine Buch herausgegeben, das die große Menge der Konstruktionsingenieure, Betriebsingenieure und Versuchsingenieure mit den Grundlagen unserer Kenntnisse von der Schwingungsfestigkeit der Werkstoffe bekannt machen soll. Die Herausgabe zeigt, welch großen Wert die Amerikaner darauf legen, daß jeder Ingenieur seine von früher überlieferten Kenntnisse über Festigkeitseigenschaften von Werkstoffen ergänzen soll durch Berücksichtigung der neuen Ergebnisse von Dauerversuchen.

Seit 1919 haben sich das National Research Council der Universität Illinois und die Engineering Foundation besonders bemüht, um die alte Frage, die statt „Ermüdung der Metalle" richtiger „Fortschreiten des Dauerbruches" heißen sollte, aufzuklären. Vor allem sollte doch jeder Ingenieur über den großen Einfluß von mikroskopisch kleinen Oberflächenbeschädigungen, Fehlstellen und scharfen Übergängen auf die Haltbarkeit eines Bauteils im Dauerbetrieb genau Bescheid wissen.

Die meisten Dauerprüfungen haben die Amerikaner auf der Biegungsschwingungsmaschine vorgenommen, bei der ein umlaufender Stab durch zwei symmetrische Kräfte von gleicher Größe beansprucht wird. Nach den Ergebnissen haben die Metalle eine ausgesprochene Beanspruchungsgrenze (Schwingungsfestigkeit), unterhalb deren ein Bauteil auch bei beliebig häufigem Wechsel der Last nicht bricht. In Übereinstimmung mit uns sind die Amerikaner zu dem Ergebnis gekommen, daß die minutliche Lastwechselzahl keinen Einfluß auf die Schwingungsfestigkeit hat.

Der große Einfluß der Querschnittabmessungen eines Probekörpers wird hervorgehoben. Man darf deshalb die Werte der Schwingungsfestigkeit, die durch Laboratoriumsversuche an kleinen Versuchstäben gewonnen worden sind, nicht ohne Berücksichtigung eines Sicherheitswertes auf die großen Stücke der Praxis übertragen.

Die Biegungsschwingungsfestigkeit wird für gewalzten Stahl zu 45 bis 55 vH der Bruchfestigkeit angegeben; für Stahlguß 40 vH, für Gußeisen 33 vH. Für Nichteisenmetalle geht das Verhältnis herunter bis auf 25 vH und weniger.

Den Schluß bilden Angaben über Entstehen und Aussehen von Dauerbrüchen und wie man sie vor dem völligen Durchbruch durch geeignete Untersuchungsmethoden erkennen kann.

Das Buch gibt einen guten Abriß über den Stand der Dauerversuchsfrage in Amerika und wird auch bei uns Interesse finden.

[E 668] O. Föppl

Statistik für das Jahr 1926. Herausgeg. v. d. Vereinigung der Elektrizitätswerke e. V. Dortmund 1927, W. Crüwell. 577 S. Preis 45 ℳ zuzügl. 1,50 ℳ Versandkosten.

Das Buch bringt eine Zusammenstellung der in der Vereinigung zusammengeschlossenen Elektrizitätswerke, eingeteilt in Werke im deutschen Reichsgebiet und in außerdeutschen Staaten und den von Deutschland abgetrennten Gebieten. In den Verzeichnissen sind die Werke zunächst nach dem ABC, dann nach der Stromabgabe und schließlich nach der Betriebskraft geordnet. Ein besondres Verzeichnis zeigt die Erzeugung, den Bezug und die Abgabe von Strom, die Größe der Versorgungsgebiete, die Anzahl der angeschlossenen Verbraucher usw. Diese Angaben sind dann ausgewertet nach Benutzungsdauer in Stunden, Höchstleistung in Hundertsteln des Anschlußwertes, Verlusten, Stromdichte in kW/km², Zahl der Verbraucher auf 1000 Einwohner, Verhältnis der angeschlossenen Haushaltungen zu den vorhandenen, dasselbe bei den Gewerbebetrieben und schließlich das Verhältnis der Stromeinnahmen zum Anlagekapital. Eine beigeheftete Karte zeigt die Grenzen der Bezirksverbände der Vereinigung der Elektrizitätswerke e. V.

Bei dieser Gelegenheit sei darauf hingewiesen, daß die Vereinigung der Elektrizitätswerke e. V. außer der vorliegenden wichtigen Statistik auch Karten der Elektrizitätsversorgung Deutschlands im Maßstab 1 : 300 000 und 1 : 600 000 herausgegeben hat, die in verbesserter Auflage neu erschienen sind. Sie geben zusammen mit der Statistik ein gutes Bild der deutschen Elektrizitätswirtschaft.

[E 918] Parey

Was müssen Käufer und Verkäufer elektrischer Arbeit von der Phasenverschiebung und ihrer Bekämpfung wissen? Von Gustav W. Meyer. Bodenbach/E. und Schöna 1927, Meyers Technischer Verlag. 182 S. m. 72 Abb. Preis 5 ℳ.

In gemeinverständlicher Weise wird das Wesen der Phasenverschiebung beim Wechselstrom behandelt. Besonders die wirtschaftlichen Gesichtspunkte werden hervorgehoben. So ist u. a. auch über die Einflüsse auf die Gestaltung der Phasenverschiebung und der Strompreise, über Messung und Verrechnung von Blindarbeit gesprochen. An Hand von Beispielen aus der Praxis sind gute Erläuterungen gegeben.

Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit, RKW-Veröffentlichungen Nr. 5: **Zweckmäßige Verpackung aus Holz.** Zusammengestellt vom Ausschuß für Verpackungswesen beim AWF. Berlin 1927, Beuth-Verlag. 44 S. Preis 1,50 ℳ.

Die vorliegende kleine Druckschrift, die auf Grund amerikanischer Untersuchungen zusammengestellt ist, dient dem Zweck, allen deutschen am Verpackungswesen beteiligten Stellen Anregungen zu gedeihlicher Zusammenarbeit zu geben.

Gemeinfaßliche Darstellung der gesamten Schweißtechnik. Von P. Bardtke. Berlin 1927, VDI-Verlag. 274 S. m. 250 Abb. Preis 12,50 ℳ; für VDI-Mitglieder 11,25 ℳ.

Technologie der Textilfasern. 2. Bd. 2. T.: **Die Weberei.** Von A. Lüdicke. **Die Maschinen zur Band- und Posamentenweberei.** Von K. Fiedler. **Die Bindungslehre.** Von Johann Gorke. Berlin 1927, Julius Springer. 319 S. m. 854 Abb. Preis 36 ℳ.

Neuere Methoden zur Statik der Rahmentragwerke. Von A. Straßner. 3. Aufl. 2. Bd.: Der Bogen und das Brückengewölbe. Berlin 1927, Wilhelm Ernst & Sohn. 171 S. m. 102 Abb. Preis 13,50 ℳ.

Festigkeitslehre für Ingenieure. Von H. Winkel. Bearb. u. erg. von K. Lachmann. Berlin 1927, Julius Springer. 494 S. m. 363 Abb. Preis 26 ℳ.

Selbstkostenberechnung und moderne Organisation von Maschinenfabriken. Von Herbert W. Hall. 3. Aufl. München und Berlin 1927, R. Oldenbourg. 66 S. m. 18 Abb. Preis 5,20 ℳ.

Die Treidel-Schwebebahnen. Von Arthur H. Müller. Hamburg 1927, Boysen & Maasch. 63 S. m. 24 Abb. Preis 5 ℳ.

Der deutsche Stahltrust. Von Paul Ufermann. Berlin 1927, Verlagsgesellschaft des Allgemeinen Deutschen Gewerkschaftsbundes. 204 S. Preis 7 ℳ.

Schaffende Arbeit und bildende Kunst vom Mittelalter bis zur Gegenwart. Von Paul Brandt. Leipzig 1928, Alfred Kröner. 348 S. m. 442 Abb. Preis 18 ℳ.

Güter-Kursbuch der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft. Ausgabe vom 2. Oktober 1927. Berlin 1927, Verlag der Verkehrswissenschaftlichen Lehrmittelgesellschaft bei der Deutschen Reichsbahn. 740 S. Preis 3 ℳ.

Lebensbilder führender österreichischer Polytechniker. Von Wilhelm Exner. Wien 1927, Julius Springer. 56 S. m. 7 Bildnissen. Preis 2,70 ℳ.

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ *SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS* ★

Bd. 71 | **SONNABEND, 17. DEZEMBER 1927** | **Nr. 51**

Eindrücke von meiner ersten Amerikareise

Von Dr.-Ing. I. Lauster, Augsburg, Direktor der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg

Die Eindrücke beim Besuch von 23 amerikanischen Fabriken werden geschildert. Sie beziehen sich auf Konstruktion, Fertigung, Betriebsorganisation, persönliche Verhältnisse von Arbeitgebern und Arbeitnehmern. Besonderes Augenmerk wird dem Gebiete der Dieselmotoren gewidmet. Beachtenswertes und Ausnutzbares für deutsche Verhältnisse.

Allgemeines

Im ganzen habe ich 23 Fabriken besucht, darunter sind vier Firmen für reine Massenherstellung von Kraftwagenmotoren und neunzehn für solche Fertigung, die zwar das Grundsätzliche der Massenfertigung weitgehend verwendet, aber infolge der Art der Erzeugnisse und des Absatzes nicht in der vollendeten Weise wie die genannten anderen vier Firmen durchführen kann.

Leider war zur Zeit meines Besuches ein Rückgang des Beschäftigungsgrades eingetreten, so daß die meisten Fabriken nur zu etwa 60 bis 80 vH beschäftigt waren. Und doch war der allgemeine Eindruck sehr gut. Musterhafte Ordnung und strenge Zucht sind überall mehr oder weniger aufgefallen.

In allen Werken tritt der tief eingedrungene Geist der Massenfertigung hervor, der den höchsten Vollendungsgrad in den Kraftwagenfabriken erreicht. Ford hat hier Pionierarbeit geleistet.

Ein ganzer Wald von Werkzeugmaschinen einfacher und verwickelter Bauart beherrscht das Bild einer solchen Massenfabrikations-Werkstätte im ersten Gesamteindruck; die ganze Fabrik ist Automatenwerkstätte geworden. Diese Art der Herstellung stellt an die Geschicklichkeit des Arbeiters keine besonderen Anforderungen; alles wichtige besorgt die Maschine. Selbst das Einsetzen und Härten der einzelnen Maschinenteile wird schließlich durch die besondere Einrichtung und die Übung des Arbeiters so sorgfältig und zweckentsprechend durchgeführt, daß volle Gewähr für die richtige Ausführung gegeben scheint. Allen Einflüssen wird möglichst Rechnung getragen, damit die Festigkeit und die sonstigen Eigenschaften des Werkstoffes nicht leiden.

Der überraschende Erfolg von Ford hat naturgemäß die Konkurrenz gezüchtet, die mit mehr oder weniger gleichen Arbeitsverfahren und doch mit Steigerung der Güte und Schönheit der Formgebung die Erfolge von Ford schmälert. Allgemein habe ich durch diese Besichtigung feststellen können, daß die Automatenherstellung einen so hohen Grad von Qualität und Sicherheit gibt, wie ich ihn mir vordem nicht vorgestellt hatte.

Auch alle anderen Fabriken, bis hinauf zu den Firmen, die die größten Maschinenteile herstellen, wie die Westinghouse Electric Co. und die General Electric Co., stehen unter der Befruchtung der genannten Herstellverfahren. Wenn auch die Ungleichheit der verschiedenen Größen und der verschiedenartigen Typen-Ausführungen zunächst die Anwendung der Massenfabrikationsverfahren zu hindern scheint, so hat sich doch auch hier eine recht hochentwickelte Fabrikation herausgebildet, die genau so darauf ausgeht, jeden Cent Arbeitslohn zu sparen wie Ford. Schon die Anordnung der Arbeitsmaschinen und aller sonstigen Einrichtungen läßt darauf schließen, daß hier Erfahrung auf Erfahrung aufgebaut ist, um alle unnötigen Transporte wie überhaupt alle unproduktiven Arbeiten zu sparen. Es ist klar, daß das Erzeugnis um so billiger werden muß, je weniger unproduktive Löhne aufzuwenden sind, und es ist der Mühe wert, hierauf besonderes und dauerndes Augenmerk auch bei uns zu richten. Nicht nur das Positive: die Abkürzung der reinen Herstellzeiten ist wichtig; ebenso sehr, fast noch mehr, ist es das Negative: die Ausschaltung des Unproduktiven.

Die beiden genannten Firmen, Westinghouse und General Electric Co., die wohl die größten ihrer Art in Amerika sind, haben große Hallen, die General Electric Co. solche von 200 bis 300 m Länge, die von Kranen bis zu 100 t Tragfähigkeit beherrscht werden und äußerst eindrucksvoll wirken. Dazu kommen die ausgezeichneten Werkzeugmaschinen. Kaum eine große Drehbank, Karussellbank, Hobelmaschine oder Fräsmaschine ist zu sehen, die nicht mit mindestens zwei und mit bis zu sechs Stählen gleichzeitig arbeitet. Dampfturbinen werden in beiden Fabriken in verschieden großen Bauarten reihenweise hergestellt. Unwillkürlich drängt sich einem das Gefühl der Betriebsicherheit dieser Maschinen auf, wenn man sieht, wie einfach und genau die vielen Einzelteile dazu hergestellt werden. Die Turbinenschaufeln werden bei der General Electric Co. aus dem Vollen gefräst, ausgenommen die großen Niederdruckschaufeln, die man walzt oder zieht. Das Einsetzen der Schaufeln in die Scheibe wird mit einfachen Mitteln auf das genaueste durchgeführt. Es ist eine wahre Freude, hier zu sehen, mit welch geringer Anstrengung und wie ohne Künsteleien der amerikanische Arbeiter diese schwierigen Aufgaben durchführt. Bei Westinghouse werden sämtliche Schaufeln gewalzt oder gezogen. In beiden Werken werden die fertigen Dampfturbinen vor Versand mit mehr oder weniger Belastung, je nach Größe der Turbine, ausgeprobt.

Mit wenigen Ausnahmen sind, wie schon erwähnt, alle Firmen möglichst auf Sonderfertigung eingestellt. Es war ohne weiteres festzustellen, daß gerade diese Betriebe einen viel lebendigeren Eindruck machen gegenüber denjenigen Betrieben, in denen die Spezialisierung noch nicht so weit gediehen ist, wo also im gewissen Sinne noch eine Zersplitterung der Kräfte vorhanden ist.

Konstruktion, Fertigung und Versuche

Für die Konstruktion und die Herstellung der Erzeugnisse ist oberster Grundsatz: Betriebsicherheit. Damit im Zusammenhang steht die Einfachheit der Gestaltung und der Bedienung bei geringen Herstellkosten, und erst in dritter Linie kommt die Wirtschaftlichkeit der erzeugten Maschinen. Des weiteren soll nach Möglichkeit so konstruiert und ausgeführt werden, daß keine falsche Bedienung denkbar ist und daß kein nennenswerter Schaden entstehen kann, wenn sie dennoch erfolgt. Unsere Konstruktionen sind dem Amerikaner zu verwickelt, zu wissenschaftlich und vielfach zu schwierig in der Herstellung. Deshalb konstruiert er um, wobei ihm wiederum seine praktische Veranlagung sehr zustatten kommt.

Diese amerikanischen Kennzeichen der Konstruktion gelten nicht allein für die Dampfturbinen, die ich bei der General Electric Co. und bei Westinghouse gesehen habe, sie gelten auch in gleicher Weise für den Dieselmotor, wie ich später feststellen konnte. Die Einzelteile sind so geformt, daß sie in einfachster Weise ohne Anwendung von Künsteleien oder sonstigen Spitzfindigkeiten laufend fabriziert werden können. Schwer herzustellende Gußstücke stören die laufende Fabrikation besonders deshalb, weil Vorräte in Halbfabrikaten nicht üblich sind. Die Teile aus den Vorbereitungswerkstätten werden sofort in die Bearbeitung gegeben.

Auf die Behandlung vorgenannter Fragen nimmt auch die Werkstätte im vorhinein besonderen Einfluß im Zusammenwirken mit dem Konstrukteur, wodurch naturgemäß der Konstrukteur selbst wieder seine Gedanken denjenigen der Werkstätte entsprechend einstellt. Die Werkstätte gibt sich nicht zufrieden mit der nächstbesten Konstruktion; sie nimmt sie erst dann in die laufende Fabrikation, wenn sie auch die Verantwortung dafür übernehmen kann. Gerade zugunsten des Fortschrittes von der verwickelten zur einfachen Bauart sollte in Deutschland zusammen mit den Werkstätten gleich im vorhinein viel mehr Aufwand an Zeit und Geist getrieben werden.

Das wissenschaftliche Konstruieren liegt dem Amerikaner weniger; trotzdem werden seine Erzeugnisse allmählich hochwertig, weil sie im Lauf ihrer Entwicklung nach und nach Verbesserungen erhalten, die auf den fortlaufenden Erfahrungen aufgebaut sind. Diese Art der Amerikanisierung ist eine ganz natürliche Folge der laufenden Fabrikation ein und desselben Gegenstandes und bildet im hohen Grad einen gewissen Ausgleich der fehlenden wissenschaftlichen Grundlage.

Solche amerikanisierten hochwertigen Erzeugnisse sind in erster Linie die weltberühmten Werkzeugmaschinen; später kommen andre Gegenstände mit mehr oder weniger Vollkommenheit in der Ausführung und im Aufbau, wie Kraftwagen, Dampfturbinen, Gasmaschinen und Dieselmotoren.

Die Vorteile der Stetigkeit in der laufenden Fabrikation werden in Deutschland noch viel zu viel unterschätzt. Die wesentliche Verbilligung und der vereinfachte Betrieb würden angenehme Überraschungen ergeben, wenn man nur einmal ernstlich den Anfang machen wollte. Tatsächlich sind in Amerika viel weniger Beamte und Hilfskräfte zu sehen als bei uns. Schon die verhältnismäßig kleinen Verwaltungsgebäude lassen auf diese Tatsache schließen.

Demgegenüber ist die Werkstättenausrüstung mit ihren besonders hochentwickelten Werkzeugmaschinen, in deren Aufbau und Anordnung Erfahrung auf Erfahrung gehäuft ist, geeignet für Höchstleistungen in der Fabrikation, wie sie in Deutschland noch nicht üblich sind. Die Entwicklung der Werkzeug- und Werkzeugmaschinen-Ausrüstung zur Herstellung von Kraftmaschinen ist unverkennbar mehr fortgeschritten als die der Kraftmaschinen selbst.

Chemische Laboratorien sind bei allen großen Firmen der Gießerei behufs Feststellung von laufenden Analysen und Untersuchungen der Probestücke angegliedert. Auf tiefergehende wissenschaftliche Arbeiten, wie Vorausberechnung der Abmessungen und Bestimmung von kritischen Drehzahlen, bin ich nur vereinzelt gestoßen, und dies war nur der Fall unter Mitwirkung von Ausländern. An Versuchen wissenschaftlicher Art nimmt der Amerikaner weniger Anteil, abgesehen von der großen Elektrizitätsindustrie, die auf diesem Gebiete namhafte wissenschaftliche Grundlagen geschaffen hat.

Organisation

Der Werkstättenvorsteher und der Verkäufer sind diejenigen verantwortlichen Personen, die dem Leiter zunächst zur Seite stehen. Das Konstruktionsbureau ist nicht mit den bei uns üblichen Vollmachten ausgestattet. Alle technischen Entscheidungen unterliegen mit dem Werkstättenvorsteher, der die ganze Verantwortung für richtige und rechtzeitige Lieferung trägt, während die Sorge und Verantwortung für den Absatz dem Verkaufsleiter zufällt. Der Werkstättenvorsteher beeinflußt die Konstruktion und ihre Einzelheiten in bezug auf Formgebung und Bearbeitung der Teile. Dadurch kommt gegenüber unseren Verhältnissen der Einfluß der Werkstätte erheblich mehr in den Vordergrund. Diese Einteilung, die besonders für diejenigen Werke, die Massenfabrikation betreiben, ohne weiteres als die natürliche und verständliche erscheint, ist auch auf alle andern Werke übertragen.

Da auf allen Gebieten des Maschinenbaues, namentlich bei Dampfturbinen und Dieselmotoren, der Wettbewerb schärfste Formen angenommen hat, spielen die Unterscheidungen in Konstruktion und Herstellung der einzelnen Bauarten für den Verkäufer bei der Bearbeitung des Käufers die größte Rolle. Ein erfolgreicher Verkäufer muß also alle Einzelheiten der Konstruktion seiner eigenen Firma und jener der anderen Firmen beherrschen. Er kennt am besten die Einstellung der Kundschaft und nimmt demgemäß maßgebenden Einfluß auf die Konstruktion und auf die Herstellung im Einvernehmen mit dem Werkstättenvorsteher, der seinerseits sich wieder mit dem Konstruktionsbureau in Verbindung setzt. Diese Art der gegenseitigen Verständigung gibt der Ausführungszeichnung einen besonders hohen Wert. Bei Fehlern ist die Werkleitung in erster Linie verantwortlich und die Organisation ergibt zwangläufig das so gut bewährte „Ziehen an einem Strang". Gefördert wird dieses Zusammenwirken dadurch, daß die einzelnen Meister und praktisch veranlagten Arbeiter mehr als bei uns schöpferisch mitwirken und Verbesserungsvorschläge machen.

Das Verhältnis der Werkleitung zu den Beamten und Arbeitern ist durch die in Amerika überall gepflegte werktätige Zusammenarbeit gekennzeichnet. Jeder sieht in dem Aufblühen und in der gedeihlichen Entwicklung des Werkes seinen eigenen Vorteil und sein Vorwärtskommen.

Vorgesetzte und Untergebene stehen einander trotz der strengen Disziplin als freie Menschen gegenüber, die sich gegenseitig achten. Es wird im Verkehr und in der Behandlung kein nennenswerter Unterschied gemacht zwischen solchen, die hochwertige, und solchen, die geringere Arbeit leisten; jeder wird als schaffendes, das Ganze förderndes Glied betrachtet und fühlt sich auch demgemäß. Dem Vorgesetzten wird das Vertrauen entgegengebracht, daß er gerecht gegen seine Leute ist.

Vor allen Personen, die infolge ihrer Leistungen vorwärtskommen, hat man Hochachtung, während dies in Deutschland vielfach umgekehrt ist. Hier wird in der Regel der fleißige Arbeiter von seinen Kollegen schief angesehen; in Amerika ist das gerade umgekehrt, der faule Arbeiter wird entsprechend behandelt, weil er das Vorwärtskommen der Fabrik schädigt und hemmt.

Auffallend ist, daß unter den Arbeitern und unter den Beamten nur selten ältere Leute tätig sind. Vorherrschend ist in den meisten Werken jüngere, mutige Tatkraft. Wer seinen Posten nicht ausfüllt, wird zurückversetzt und durch besser geeignete Kräfte ersetzt.

Die Arbeitzeit ist verschieden. Sie beträgt in den Werkstätten 54 bis herab auf 48 h in einer Woche. Grundsätzlich ist der Samstagnachmittag freigehalten. Bei der Westinghouse Electric Co. in Chester bei Philadelphia ist seit acht Jahren die gesamte Arbeitzeit auf fünf Tage verlegt, so daß der Samstag vollständig frei ist. Die Arbeitzeit für die Beamten der gleichen Firma beträgt 42 h in einer Woche. Bei der General Electric Co. beträgt die Arbeitzeit der Arbeiter 50 h, die der Beamten 44½ h in einer Woche.

Die Verdienste der gelernten Arbeiter liegen bei Stundenlöhnen durchschnittlich zwischen 60 und 70 Cents; es kommen aber auch solche darunter und darüber vor. Bei Stücklöhnen kommen sie auf 70 bis 100 Cents, ausnahmsweise auch auf mehr. Die angelernten Arbeiter verdienen in einer Stunde etwa 50 bis 60 Cents, im Stücklohn ebenfalls entsprechend mehr. Das Bestreben geht dahin, soweit wie nur möglich gelernte Arbeiter zu ersparen, was bei manchen Werken so weit geht, daß auf etwa 1000 Arbeiter angeblich ein Dutzend gelernter Arbeiter kommen (Cin-

cinnati Milling Machine Co. Dieses Verhältnis ist gerade bei dieser Firma bemerkenswert, weil sie ganz ausgezeichnete Fräsmaschinen herstellt, die in Deutschland einen besonders guten Ruf haben!).

In der Westinghouse Electric Co. entfallen auf einen Meister etwa 10 Arbeiter, wenn es sich um feine Arbeiten, z. B. in der Dreherei, handelt; dagegen 35 bis 40 Arbeiter, wenn es sich um gewöhnliche Arbeiten, also etwa um die Beaufsichtigung von Bohrmaschinen, handelt. Gewöhnlich aber haben dann die Meister einen oder zwei Gehilfen. Auf 2200 Arbeiter entfallen etwa 250 Beamte, das sind also 8 bis 9 Arbeiter auf einen Beamten. An Bezahlung und Prämien wird nicht gespart, wenn sie dem Gedeihen des Werkes und der Hebung der Arbeitsfreudigkeit dienen. So erhalten z. B. bei der Cincinnati Milling Machine Co. Arbeiter, die an keinem Tage der Woche zu spät kommen, 10 vH Lohnzuschlag. In einem andern Fall erhalten die Arbeiter am Schluß des Jahres einen Betrag aus dem erzielten Gewinn ausbezahlt, der je nach der Höhe des Gewinnes mehr oder weniger als einen Monatslohn beträgt.

Akkordarbeit ist in ähnlicher Weise wie bei uns eingeführt, aber nicht durchweg bei allen Werken. In vielen Fällen wird der Verdienst vom Meister nach persönlicher Schätzung festgesetzt.

Die Entlohnungen sind hoch, das sagen auch die amerikanischen Arbeitgeber, ohne darüber zu klagen. Die Leistungen haben offenbar mehr zugenommen, als der Lohnerhöhung entsprechen würde.

Das Versicherungswesen ist gegenüber unseren Verhältnissen noch wenig ausgebildet. Dort, wo Vorschriften bestehen, scheinen sie hohe Ansprüche an den Arbeitgeber zu stellen. Z. B. erhält im Staate New York ein verunglückter Beamter oder Arbeiter den vollen Verdienst weiter, gegebenenfalls solange er lebt; bewirkt der Unfall den Tod, so bekommt die Witwe die Hälfte des Verdienstes bis zu ihrem Tode oder ihrer Wiederverheiratung.

In jedem Werk ist ein Arzt tätig, sehr häufig auch ein Zahnarzt, die die unentgeltliche Behandlung für alle Werkangehörigen übernehmen. Die übrige ärztliche Behandlung soll durch Krankenkassen oder sonstige Umlagengelder, zu denen die Firmen in hohem Maße beisteuern, beglichen werden. Diese Einrichtungen, besonders diejenige der zahnärztlichen Behandlung, sollen sich in der Abnahme des Krankenstandes sehr gut ausgewirkt haben.

Das Lehrlingswesen ist wenig ausgebaut. Zum Beispiel hat die mehrfach erwähnte Cincinnati Milling Machine Co., die etwa 1000 Arbeiter beschäftigt, überhaupt keine Lehrlinge. Sie kümmert sich nicht um deren Ausbildung, weil sie wenig gelernte Arbeiter einstellt. Die Westinghouse Co. hat in einem Werk bei gegenwärtig 2200 Arbeitern 140 Lehrlinge aufgenommen, und zwar in der Dreherei, Schlosserei, Modellschreinerei und Formerei. Im allgemeinen wird nur bei denjenigen Fabriken, die mehr Reihenanstatt Massenherstellung betreiben, der Frage der Lehrlingsausbildung höhere Aufmerksamkeit zugewendet. Es bestehen gesetzliche Vorschriften über die Behandlung der Lehrlinge. Offenbar legt man also auch von behördlicher Seite Wert auf die Ausbildung der Lehrlinge.

Das Einvernehmen zwischen Arbeitgeber und Arbeitnehmer ist ganz ausgezeichnet. Es ist zweifellos mit eine der Hauptursachen für das lebhafte Aufblühen der Werke. Die Auffassung der Arbeitgeber geht recht deutlich aus einem Teil eines amerikanischen Arbeitsvertrages hervor. Das Schriftstück hat den Titel: „Interne Geschäftsgrundsätze und -politik gegenüber den Angestellten und Arbeitern." Es heißt dort unter anderm wörtlich:

„Der individuelle Vertrag bewirkt einen hohen Grad von gegenseitigem Vertrauen und Achtung, die die einzigen Beziehungen sind, unter denen die Industrie bestehen kann. Er stellt eine moralische Verpflichtung dar, durch die jeder persönlich gebunden ist.

Der individuelle Vertrag reizt den Ehrgeiz und den Unternehmungssinn an und führt dadurch zu einem glücklicheren Leben. Er fördert die Individualität und der Amerikaner verlangt eine individuelle Behandlung. Er öffnet die Wege zu einer Beförderung."

Der Bau von Dieselmotoren

Als Sonderfachmann im Dieselmotorenbau war es für mich besonders wichtig, die Entwicklung dieser deutschen Erfindung unter den amerikanischen Verhältnissen festzustellen. Diese Entwicklung erfolgte bekanntlich recht zögernd, obwohl der Dieselmotor seinerzeit nach seiner Entstehung um die Jahrhundertwende gerade in Amerika, dem Petroleumlande, eine besonders begeisterte Aufnahme hätte finden müssen. Diese Erscheinung erklärt sich aber nach dem Vorhergesagten damit, daß der damalige Motor für amerikanische Verhältnisse noch viel zu verwickelt und zu schwierig herzustellen war. Dazu kam, daß die neuzeitlichen Arbeitsverfahren damals noch vollständig fehlten.

Erst lange nachdem der Dieselmotor in den verschiedenen Ländern Europas, Deutschland, Rußland, Schweden usw., bereits Verbreitung in allen möglichen Anwendungsgebieten gefunden hatte, kamen auch in Amerika wieder schüchterne Ansätze zu seiner Einführung zum Vorschein. Größere Bedeutung gewann er aber erst um das Jahr 1910 durch Übernahme von Lizenzen aus Deutschland und bald darauf auch aus anderen Ländern.

Heute betreiben mehr als schätzungsweise 20 Fabriken — 11 davon habe ich besucht — den Bau von Dieselmotoren von kleinen Leistungen bis zu mehreren tausend Pferdestärken, u. zw. wie bei uns in Viertakt- und Zweitakt-Ausführung, die kleineren und mittleren Motoren vorwiegend kompressorlos, die großen Motoren mit Kompressor. Dabei lehnt sich die Konstruktion der Motoren bei der Mehrzahl der Fabriken an die deutschen Vorbilder oder an diejenigen der Lizenzgeber aus andern Ländern an; allerdings mit mehr oder weniger starken Abänderungen nach amerikanischer Art. Gerade die kompressorlose Bauart kam dem Streben des Amerikaners nach größter Vereinfachung des Motors entgegen, und dies war auch der Grund, weshalb er die ersten brauchbaren Erfolge in dieser Richtung, die Vickers, London, zuerkannt werden müssen, schon während des Krieges aufgegriffen und fortentwickelt hat.

In großen Einheiten sind bereits doppeltwirkende Zweitakt- und Viertaktmaschinen ausgeführt, deren Erbauer jedoch aus dem Auslande stammen, sich aber bemüht haben, amerikanischen Geist in weitestgehendem Maße zu berücksichtigen. Bei der doppeltwirkenden Zweitaktmaschine von Worthington ist dies besser gelungen als bei der doppeltwirkenden Viertaktmaschine von Mac Intosh & Seymour, jedoch unter gewisser Einbuße der Wirtschaftlichkeit. Die doppeltwirkende Viertaktmaschine ist zu verwickelt und die unteren Zylinderdeckel und Zylinderbüchsen sind schwer zugänglich. Immerhin bedeutet dieser Motor schon einen erheblichen Fortschritt gegenüber dem doppeltwirkenden Viertaktmotor von Burmeister & Wain.

Auch die Firma Nordberg hat bisher ihre eigenen Konstruktionen von einfachwirkenden Zweitakt- und Viertaktmotoren gebaut, allerdings in Anlehnung an europäische Ausführungen; neuerdings fertigt sie nur noch nach Lizenz und Konstruktion von Fiat.

Von der Firma Falk, Milwaukee, werden Motoren eigener Konstruktion erzeugt, und zwar nur im Viertakt arbeitende mit verhältnismäßig hoher Zylinder- und Drehzahl. Damit diese Maschine möglichst allgemein verwendbar wird, kommen als weitere Sondererzeugnisse der Firma hinzu die Bibby-Kupplung und ein Rädergetriebe, die erstere als elastische Kupplung zur Vermeidung von Drehschwingungen, das letztere für Übersetzung ins Schnelle zum Antrieb von Dynamomaschinen, mit Übersetzung ins Langsame zum Antrieb von Schiffen. Neuerdings soll ein Getriebe geliefert werden, das die Umsteuerung besorgt und damit den Motor selbst noch vereinfacht.

Weitgehende Anwendung amerikanischer Gepflogenheiten auch bei dieser Firma zeigt sich in der Ausführung auch großer Zylindereinheiten von mehr als 150 PS ohne Kolbenkühlung und mit luftloser Einspritzung. Falk *konstruiert* ebenso wie die meisten andern Fabriken ungewöhnlich *schwer*.

Ganz allgemein sei hervorgehoben, daß die Amerikaner in bezug auf Gewichte sehr wenig sparsam sind. Dünn-

wandiger Guß macht der Werkstätte Schwierigkeiten, also erhöht man die Wanddicken; das ist nicht schlimm, denn die Werkstoffe sind billig, dagegen müssen Arbeitskosten gespart werden.

Die vorgenannten Dieselmotorfabriken bauen weniger vollkommen nach dem Verfahren der Reihenherstellung; von wirklicher Massenfertigung kann jedoch nur gesprochen werden bei den Firmen Fairbanks Morse und de la Vergne. Fairbanks Morse, Beloit, bauen neben kleinen, in vollendeter Massenherstellung ausgeführten Benzinmotoren Dieselmotoren in größtem Maßstab. Diese Firma kann wohl auf diesem Gebiet als die größte und leistungsfähigste der Erde bezeichnet werden. Ihre wöchentliche Erzeugung beträgt etwa 5000 PS bei kleinen und mittleren Leistungen bis zu 100 PS Zylinderleistung. Der Motor arbeitet kompressorlos im Zweitakt mit Kurbelkastenspülung und wird in Leistungen bis zu 600 PS in sechs Zylindern hergestellt. Seine verblüffende Einfachheit im Aussehen und in der Bedienung ist allerdings erkauft durch eine recht wenig befriedigende Werkstoffausnutzung. Während der mittlere Kolbendruck von Viertaktmotoren 5 bis 6 at beträgt, erreicht er bei den soeben genannten Zweitaktmotoren nur etwa 2,5 bis 3,2 at. Diese echt amerikanische Konstruktion würde deshalb für Deutschland Raubbau im wahrsten Sinne des Wortes bedeuten. In Amerika dagegen ist der Werkstoff billig, der Arbeitslohn teuer; deshalb wird so etwas in den Kauf genommen. Wegen des niedrigen Preises ist der Motor im Konkurrenzkampf der gefürchtetste und einer der am meisten verbreiteten in Amerika.

Aber schon zeigt sich der Wettbewerb der Viertaktmotoren, und Fairbanks Morse suchen deshalb nach Mitteln, die Leistung ihrer Maschine zu verbessern. Wenn der Arbeitsvorgang so gestaltet wird, daß der mittlere Druck demjenigen der Viertaktmotoren näher kommt — was mir durchaus nicht unmöglich erscheint, allerdings unter Einführung eines besonderen Gebläses und besserer Spülung —, dann wird die hochentwickelte Massenfertigung der Firma den jetzigen Vorsprung weiterhin sichern.

Die Firma Fairbanks Morse zeigt bei Störungen an den gelieferten Maschinen größtes Entgegenkommen; im Zweifelsfall übernimmt sie im vornhinein die Kosten für Ersatzlieferungen. Solche Verfahren sind nur möglich, wenn bei der Herstellung der Motoren selbst entsprechender Gewinn erzielt wird.

Massen- und Planfertigung dieser Art sind bei großen Leistungen bei mehreren tausend Pferdestärken nicht festzustellen; diese Motoren tragen noch den Stempel der Entwicklung, die selbst dem amerikanischen Geist nicht so einfach liegt. Erklärend für diese langsamere Entwicklung ist es, daß der Bedarf an diesen Maschinen nicht allzu groß war. Er wird aber zweifellos zunehmen, wenn erst einmal die amerikanische Großölmaschine wirklich vorhanden ist. Die Anzeichen lassen darauf schließen, daß die doppeltwirkende MAN-Zweitaktmaschine, die man gegenwärtig den amerikanischen Bedingungen anpaßt, hierbei in hohem Maße beteiligt sein wird. Bemerkenswert ist, daß die erste doppeltwirkende MAN-Maschine, gebaut von den MAN-Lizenznehmern The Hooven, Owens, Rentschler Co., Hamilton (Ohio), einem 30tägigen ununterbrochenen Volleistungsbetriebe unterworfen worden ist, der vollauf befriedigt hat und keinerlei Störungen ergab. Nach mir gewordener Mitteilung soll sie die einzige Maschine in Amerika sein, die bisher solche Proben überstanden und deshalb allgemein großen Eindruck, namentlich bei der Marine, hervorgerufen hat.

Absatz der Dieselmotoren

Der Absatz der Dieselmotoren in Amerika steht in engstem Zusammenhang mit dem Gestehungspreis der einzelnen Kraftanlage. Mehr als in Deutschland sind in Amerika die Einflüsse der großen Elektrizitätswerke zu spüren, namentlich im Osten und im mittleren Westen, wo die Kohle noch verhältnismäßig billig ist. Der Absatz geht hauptsächlich nach dem Westen, wo die eigentliche Ölindustrie liegt. Ein großer Teil der Motoren wird im Schiffsbetriebe verwendet. Für die ganz großen Einheiten — wenn solche gebaut werden — muß das Absatzgebiet in größerem Umfange erst noch erschlossen werden; voraussichtlich werden die Großdieselmotoren in Elektrizitätswerken und sonstigen Kraftanlagen als Aushilfs- und Spitzendeckungsmaschinen benutzt werden.

Dem Reklamewesen wird mehr Geld geopfert als bei uns. Drastisch und treffend bei kürzester Fassung sind die Texte im Prospektmaterial. Die Zeichnungen werden klar in der Aufmachung gebracht, möglichst für das Laienverständnis hergerichtet.

Die Diesellokomotive

Die Diesellokomotive hat für Amerika ganz besondere Bedeutung; sie muß unter allen Umständen in wenigen Jahren geschaffen werden, nicht nur für kleinere, sondern auch für große Leistungen, wenn das Gesetz: Verbot der Dampflokomotive in der Umgebung größerer Städte — das in Vorbereitung sein soll — herauskommt. Die erste Motorlokomotive in Form eines Triebwagens soll bereits 1917 bei der General Electric Co., Schenectady, mit einem etwa 300 PS leistenden Benzinmotor gefahren sein. Dieses Fahrzeug mit elektrischer Kraftübertragung auf die Räder soll als Verschiebelokomotive gute Dienste geleistet haben. Inzwischen sind neue Motorlokomotiven mit 600 PS leistenden Dieselmotoren der Ingersoll-Rand von der American Locomotive Co., Schenectady, geliefert worden. Eine solche Lokomotive, die von uns besichtigt wurde, hat ausgezeichnet gearbeitet. Der Viertaktdieselmotor ist ähnlich unseren deutschen Ausführungen, allerdings weniger gut durchgebildet und sehr schwer. Man hat den Eindruck, daß hier schon eine Reihe von Erfahrungen vorliegen. Auspuff- und Motorengeräusch waren nach außen hin kaum hörbar, so daß der Führer alle Befehle, die für das Verschieben gegeben werden mußten, ohne Schwierigkeit entgegennehmen und ausführen konnte. Man gab uns an, daß zwölf solche Lokomotiven für Rangierzwecke bereits im Dienst seien und daß monatlich bei jeder Lokomotive etwa 1500 $ gegenüber Dampflokomotiven gespart würden. Inzwischen sollen weitere 100 Lokomotiven bei der Firma bestellt worden sein.

Dieseltriebwagen

Auf dem Gebiete der Triebwagen hat die von mir besuchte Firma J. G. Brill Co., Philadelphia, Erhebliches geleistet. Sie benutzt nur Benzinmotoren. 100 Triebwagen hat sie bereits ausgeführt. Die Erfahrungen mit diesen Wagen sollen ausgezeichnet sein und zu immer weiterer Einführung ermutigen. Diese Triebwagen sind in Amerika in erster Linie dazu berufen, den Verkehr von den kleineren Orten und Städten nach den Hauptstädten zu leiten; von den Hauptstädten übernehmen ihn die Hauptschnellzüge. Aber auch hier wird nach dem Dieselmotor gesucht, der an Gewicht und Leistung dem hochvollendeten Benzinmotor nicht nachstehen darf.

Alles in allem kann gesagt werden, daß der Dieselmotor heute in Amerika bereits eine hohe Stufe der Entwicklung erreicht hat, daß es aber wohl noch Jahre dauern wird, bis er so vollkommen sein wird wie die Motoren europäischer und besonders deutscher Herkunft. Man sollte aber nicht übersehen, daß es nur erstklassige Firmen sind, die den Bau des Dieselmotors pflegen und daß sie auf dessen Vervollkommnung und Vereinfachung in amerikanischem Sinne alle die Energie, den Mut und die Tatkraft verwenden, die sich auf anderen Gebieten so sehr bewährt haben. Allerdings wird Amerika in hohem Maße deutsche Wissenschaft und deutschen Geist auch weiterhin, wie dies bisher geschehen ist, als Grundlage für seine Arbeiten benutzen müssen, und es wird auch noch viel wissenschaftliche Forschungsarbeit zu leisten sein und viele Aufgaben werden noch zu lösen sein, vor allem auf dem Gebiete der Großölmaschine und der Leichtölmaschine, besonders auf letzterem, nachdem der Amerikaner, wie erwähnt, bisher gewohnt war, schwer zu bauen. Die amerikanische Industrie ist sich der Schwierigkeiten beim Bau hochwertigster Maschinen mit geringstem Gewichte, wie sie jetzt zunächst für Lokomotiven und Triebwagen notwendig sind, sicher auch wohl bewußt, und sie wird deshalb die Mitarbeit europäischer und insbesondere deutscher Firmen und die Verwertung ihrer Erfahrungen künftighin noch stärker nötig haben als bisher.

Schluß

Man trifft vielfach bei uns in Deutschland auf die Neigung, die amerikanischen Leistungen gegenüber den unsrigen zu überschätzen und das amerikanische Vorbild sklavisch nachzuahmen. Dieser Neigung nachzugeben, halte ich für ebenso unrichtig wie die Ablehnung alles des Vorbildlichen, das die Amerikaner tatsächlich geschaffen haben. Vorbildlich ist tatsächlich das überall mit Tatkraft verfolgte Bestreben, die beste Lösung auf einfachstem Wege zu finden, wobei der Amerikaner durch seine praktische Veranlagung und seinen gesunden Menschenverstand in der glücklichsten Weise unterstützt wird. In diesem Sinne bedeutet mir amerikanisieren im wesentlichen nichts anderes als vereinfachen. Auch wenn unsre Absatzmöglichkeiten eine Massenherstellung, wie man sie in Amerika kennt, nicht rechtfertigen, so läßt sich doch nicht bestreiten, daß wir vielfach methodischer und stetiger arbeiten könnten, als dies jetzt der Fall ist. Was Ausnutzung der Produktionsstätten auch durch emsige und freudige Arbeit, weitestgehende Ausschaltung aller unproduktiven Arbeiten und vor allem reibungslose und innige Zusammenarbeit zwischen Bureau und Werkstätte und Einflußnahme der letzteren, auf der heute sicherlich das Schwergewicht jedes Betriebes liegt, auf die Konstruktion der Maschinen betrifft, so kann man sicherlich in Deutschland von den Amerikanern allenthalben noch viel lernen.

Ich möchte diese Ausführungen nicht beschließen, ohne noch hervorzuheben, daß ich in allen Werken, die ich besucht habe, eine Aufnahme, wie man sie sich nicht freundlicher denken kann, gefunden habe und daß die Werkleitungen bestrebt waren, ohne kleinliche Geheimniskrämerei alle Einzelheiten ihrer Werke zu zeigen. Es wird der Aufrechterhaltung der angenehmen Beziehungen zu der amerikanischen Industrie dienen, wenn man auch bei uns Besuche aus Amerika freundlich und zuvorkommend behandelt; denn eine gegenteilige Einstellung wird, wie ich wiederholt hören mußte, von den Amerikanern sehr übel vermerkt. Daß die deutsche Industrie im allgemeinen und die MAN im besonderen in Amerika ein hohes Ansehen genießt, habe ich immer wieder mit Freude feststellen können.

[B 406]

Straßenbahntriebwagen aus Leichtmetall

Seit einigen Monaten läuft bei der Cleveland-Eisenbahn ein Straßenbahntriebwagen, dessen tragendes Gerippe und Untergestell nahezu vollständig aus Leichtmetall gebaut sind. Der Bau des Wagens sollte in sehr kurzer Zeit vor sich gehen; man beschränkte sich daher darauf, nach den vorhandenen Zeichnungen für die eiserne Bauart mit möglichst wenig Änderungen den Wagen aus Leichtmetall auszuführen. Nur an einigen besonders hoch beanspruchten Stellen ging man über die Abmessungen der eisernen Bauart hinaus, so bei den Bekleidungsblechen, bei den Drehzapfenträgern des Untergestells und bei den Drehgestellrahmen. Die Wahl einer größeren Dicke der Bekleidungsbleche erklärt sich aus dem geringen Elastizitätsmaß der Leichtmetalle, das ein verhältnismäßig frühes Erschlaffen und Ausbeulen der Bekleidungsbleche zur Folge hätte. Es ist ausschließlich Duralumin in vergüteter Form verwendet worden.

Die Übernahme der grundsätzlichen Bauweise des eisernen Wagens auf die Leichtmetallbauart muß als ein sehr kümmerlicher Notbehelf bezeichnet werden, weil die ganz andern Baustoffeigenschaften entsprechende Abänderungen der Konstruktion bedingen, wenn wenigstens der teure Baustoff wirtschaftlich ausgenutzt werden soll. Infolgedessen ist die erzielte Gewichtersparnis auch nicht bei weitem so groß, wie sie sich bei Anpassung der Konstruktion an den Baustoff hätte erzielen lassen: der 15,6 m lange vierachsige Wagen wiegt leer 13 800 kg aus Leichtmetall gegen 19 600 kg aus Eisen, also nur etwa 30 vH weniger.

Für die Bleche und die gepreßten tragenden Teile wurde eine Duraluminlegierung von 39 bis 42 kg/mm² Festigkeit im vergüteten Zustande bei 18 bis 20 vH Dehnung verwandt. Für die Schmiedestücke wurde eine Legierung mit ähnlichen Eigenschaften, jedoch nur 16 bis 18 vH Dehnung verwandt, während die Rohre aus einem Material von 28 bis 32 kg/mm² Festigkeit und 10 bis 12 vH Dehnung bestehen. Die Gußstücke haben 20 bis 21 kg/mm² Festigkeit, 10,5 kg/mm² Streckgrenze und 6 vH Dehnung bei 50 Brinellhärte.

Die Drehgestelle mit 1,8 m Radstand und Radsätzen von 660 mm Durchmesser haben geschmiedete Lang- und Querträger, die gegenüber der Stahlgußausführung ebenfalls etwas verstärkt worden sind. Für das Motorgehäuse ließ sich die Verwendung von Eisen nicht umgehen; für alle Motorteile, bei denen dies wegen des magnetischen Flusses nicht unumgänglich notwendig war, wurde indessen Leichtmetall benutzt. Die Rohrleitungen, Bremszylinder, Bremshebel und Zugstangen sowie die Teile der Aufhängungen bestehen aus Leichtmetall. Sogar die Tomlinson-Kupplung und deren Einbauteile sind aus Leichtmetallguß hergestellt mit Ausnahme der Federn und des Hakens für die Kupplung. Alle im Untergestell, Gerippe und in den Drehgestellen benutzten Nieten sind Eisennieten, weil es nicht möglich schien, in absehbarer Zeit ein Verfahren für die einwandfreie Warmnietung und Vergütung von Leichtmetallnieten ohne eingearbeitete Leute zu entwickeln.

Der Wagen hat eine Stirnwandeinsteigtür sowie doppelte mittlere Aussteigtüren, 49 Sitzplätze und 91 Stehplätze, bei 15,6 m Länge über die Puffer, 2,53 m Breite über den Bekleidungsblechen, 3,29 m Höhe über S.-O., 7,8 m Drehzapfenabstand. Zum Antrieb dienen vier Motoren von je 35 PS Stundenleistung. Eine Gegenüberstellung der durch die Verwendung von Leichtmetall gegenüber der gleichen Bauart des Wagens in Stahl erzielten Gewichtersparnisse in den einzelnen Bauteilen gibt Zahlentafel 1.

Zahlentafel 1

Vergleich der Gewichte von Wagen aus Eisen und aus Leichtmetall

Bauteile	Gewichte bei Eisen kg	Gewichte bei Leichtmetall kg	Gewichtersparnis gegen Eisen vH
Untergestell und Wagenkasten ohne Drehgestelle und Ausrüstung	8 330	6 280	24,7
Drehgestelle (zwei) ohne Getriebe	5 470	3 770	31
Motoren, vollständig	4 190	2 590	40,5
Steuerung, „	588	375	36
Bremsausrüstung mit Leitungen	800	590	26,2
Heizkörper und Heizleitungen	202	173	14
Dienstgewicht des Wagens	rd. 19 600	rd. 13 800	30

Da der Wagen als Versuchswagen erbaut wurde, konnten die für die Wirtschaftlichkeitsrechnung grundlegenden Herstellkosten nicht einwandfrei und vergleichfähig gegenüber der eisernen Bauart ermittelt werden. Immerhin konnte man so viel feststellen, daß nach den amerikanischen Preisverhältnissen die Kosten für das Leichtmetallgerippe etwa das Doppelte betragen. Da beim Stromverbrauch des Wagens das Gewicht bei weitem nicht in demselben Maße mitspricht, so muß die Klärung der Frage, ob in der Gesamtwirtschaftlichkeit die Schonung der Gleisanlage und der geringere Stromverbrauch die höheren Kapitalkosten rechtfertigen, einer längeren Betriebserfahrung überlassen bleiben, ebenso wie über die Bewährung der Leichtmetallbauart selbst noch erst Erfahrungen gesammelt werden müssen. („Electric Railway Journal" Bd. 70 (1927) S. 655) [N 492] Günther

Der Stand der Fernsprecherei

Von Telegraphendirektor Paul Riemenschneider, Berlin-Zehlendorf

Rückblick — Selbstanschlußbetrieb — Heb-Drehwähler von Strowger — Viereckwähler — Grundschaltung eines Selbstanschlußamtes — Fernkabel — Dämpfung — Pupinspulen — Hochvakuum-Verstärker — Doppelrohr- und Vierdrahtschaltung — Wirkung des Echos und der Einschwingvorgänge — Erhöhung der Wirtschaftlichkeit durch Doppelsprecheinrichtungen — Nebensprechen — Zukünftige Aufgaben

Am 12. November war es fünfzig Jahre her, daß die Deutsche Reichspost als erste Verwaltung den Fernsprecher als neues Nachrichtenmittel in den Dienst stellte; sie benutzte ihn anfänglich zum Austausch von Telegrammen zwischen kleineren Telegraphenanstalten. Hierzu eignete er sich besonders gut, weil seine Handhabung im Gegensatz zu den Telegraphenapparaten leicht zu erlernen war. Seine Einführung setzte die Reichspost in den Stand, ihr Telegraphennetz feinmaschiger zu gestalten.

Erst einige Jahre später (1881) ließ sich der Plan verwirklichen, Stadtfernsprechnetze einzurichten, nachdem es dem Generalpostmeister Stephan gelungen war, den Widerstand der zur wirtschaftlichen Verwendung des Fernsprechers berufenen Kreise zu überwinden. Dann setzte aber eine Entwicklung ein, die nahezu beispiellos in der Geschichte der Technik ist, und die Erfindung des Fernsprechers hat inzwischen eine Bedeutung erlangt, die allein mit der Erfindung der Buchdruckerkunst verglichen werden kann.

Die fünfzig Jahre haben eine stete Entwicklung gebracht. Die Apparate wurden zierlicher und technisch vollkommener, Abb. 1, die Vermittlungsämter wurden für schnellen Massenverkehr eingerichtet und das Fernsprechnetz wurde umfassend ausgebaut. Dabei gelang es, sowohl die Übertragungsgüte als auch die überbrückte Entfernung erheblich zu steigern.

Inzwischen hat die Fernsprechtechnik einen gewissen Abschluß erreicht, so daß die Reichspost in der nächsten Zukunft vor der Erfüllung von zwei großen Aufgaben steht: Durchführung des Selbstanschlußbetriebes und Ausbau des Fernkabelnetzes.

Selbstanschlußbetrieb[1])

Bei der Herstellung einer Verbindung war man bisher auf die Mitwirkung einer Beamtin angewiesen. Diese Abhängigkeit war in verschiedener Hinsicht unerwünscht, insbesondre wurde die Wartezeit, bis das Amt sich meldete, störend empfunden, obwohl sich die mittlere Wartezeit nach zuverlässigen Erhebungen nur auf wenige Sekunden belief. Besonders unangenehm war jedoch die Beschränkung auf gewisse Dienststunden bei kleineren Ämtern. Hier brachte die Einführung des Selbstanschlußbetriebes einen bedeutenden Wandel.

Die ersten Vorschläge zu dieser Betriebsweise stammen aus der Mitte der achtziger Jahre. Auf verschiedenste Weise wurde die Lösung versucht. Es sind auch — besonders in Amerika — größere Fernsprechämter nach den verschiedenen Verfahren gebaut worden. Die Deutsche Reichspost hat sich jedoch für ein einziges Verfahren entschieden, das nach sorgfältiger Prüfung sich für die in Frage kommenden Verhältnisse als vorteilhaft erwiesen hatte. Es wird gekennzeichnet durch den auf elektromagnetischem Wege in Gang gesetzten Heb-Drehwähler von Strowger. Dieser Wähler, der bei größeren Fernsprechämtern in viel hundertfacher Wiederholung vorhanden ist, wurde von Amerika übernommen und von deutschen Ingenieuren im Laufe der Jahre fortschreitend entwickelt mit dem Ziel, sein Arbeiten sicherer zu gestalten und den Platzbedarf zu verringern.

Im „Viereckwähler" ist eine Bauart gefunden, die in nächster Zeit das Feld beherrschen dürfte. Dieser Wähler macht Heb- und Drehschritte, aber nachdem er diese beendet hat, kehrt er nicht rückwärts in die Ruhelage zurück, sondern schreitet weiter vorwärts und fällt dann auf die Anfangslage zurück. Damit wird eine gleichmäßige Beanspruchung aller Kontakte und eine hohe Betriebsicherheit erreicht. Weil die Kontaktarme hierbei



Abb. 1
Neuer Wandfernsprecher

ein geschlossenes Viereck durchlaufen, hat er den Namen „Viereckwähler" erhalten. Die Antriebteile und die Kontaktbänke sind in gleicher Höhe untergebracht — beim ersten Modell lagen sie übereinander —; das ergibt eine gedrungene Bauweise und somit Raumersparnis.

An sich könnte man mit diesem Wähler alle gewünschten Schaltungen ausführen, aber die Kosten würden zu groß sein; deshalb ist ein Schaltorgan eingefügt worden, das wesentlich einfacher, also billiger ist, weil seine Aufgabe nur darin besteht, einen freien Heb-Drehwähler auszusuchen. Das war möglich, weil die Zahl der gleichzeitig in Betrieb befindlichen Teilnehmerleitungen auch in der Hauptverkehrszeit selten mehr als 10 vH beträgt. Dieser einfache Wähler wird Vorwähler genannt.

Die Aufgabe eines Vermittlungsamtes besteht darin, jedem Teilnehmer die Möglichkeit zu geben, mit jedem andern Teilnehmer in Verbindung zu treten. Bei den Handämtern wurde dies dadurch erreicht, daß die Beamtin mit Hilfe von Schnurstöpseln und Klinken den Zwischenraum überbrückte. Beim Selbstanschlußamt fällt diese Aufgabe den Wählern zu.

An einem Amt für 1000 Teilnehmer sei der Grundgedanke kurz geschildert, weil sich hier die Verhältnisse noch klar überblicken lassen. Als zweckmäßig erwiesen hat sich folgende Einteilung: Zur Verwendung kommen zehnteilige Vorwähler, deren Kontaktarm über zehn verschiedene Kontakte gleiten kann; je ein Kontakt ist für die beiden Adern der Anschlußleitung vorhanden. Als zweites Schaltglied dient der Heb-Drehwähler, dessen Kontaktarm zehn Höhen- und zehn Drehschritte, im ganzen also 100 Schritte machen kann. Die einzelnen Kontakte sind in drei Bänken zu je 100 übereinander angebracht, und zwar je 100 für die beiden Zweige der Leitung und eine dritte Leitung für besondere Zwecke.

Jedem Teilnehmer ist ein Vorwähler zugeordnet. Dieser läuft beim Abheben des Hörers allein an und sucht den ersten freien Heb-Drehwähler (Gruppenwähler) aus. Inzwischen wählt der Teilnehmer die erste Zahl der gewünschten Nummer, z. B. 4 in 427. Der Kontaktarm des Heb-Drehwählers wird dann um vier Schritte gehoben. Nun dreht sich der Arm des Heb-Drehwählers



[1]) Vergl. auch Z. Bd. 69 (1925) S. 1330.

selbsttätig weiter, bis er einen zweiten freien Heb-Drehwähler (Linienwähler) findet, an den die Teilnehmer der gewünschten Zehnerreihe angeschlossen sind. Dieser Wähler macht beim Wählen der 2 der gewünschten Nummer zwei Höhenschritte (er wird von der Nummernscheibe des rufenden Teilnehmers gesteuert) und beim Wählen der 7 sieben Drehschritte. Durch besondre Magnetschalter (Relais), die in bestimmter Abhängigkeit voneinander arbeiten, wird geprüft, ob die gewünschte Nummer frei ist, wird der Rufstrom an- und abgeschaltet, der Gesprächzähler in Gang gesetzt und die Verbindung schließlich beim Herunterdrücken der Hörergabel gelöst, wobei alle Wähler in ihre Anfangstellung zurückfallen.

Für den Fall, daß nicht mehr als 10 vH Verbindungen vorkommen, gebraucht man zehnteilige Vorwähler, und zwar 1000 (ebenso viele wie Teilnehmer vorhanden sind), an Gruppenwählern zehn Gruppen zu je 10, also 100, und für jede Zehnerreihe 10 Linienwähler, also auch 100.

Die Schaltung zeigt Abb. 2, wobei jede Teilnehmerleitung nur durch eine einfache Linie dargestellt ist, um die Übersichtlichkeit nicht zu stören.

Der Aufbau eines Amtes für 10 000 Teilnehmer kann im Rahmen des vorliegenden Aufsatzes nicht geschildert werden, weil dazu besondre, umfangreiche Schaltmaßnahmen erforderlich sind; es werden gebraucht: 10 000 erste Vorwähler, 800 zweite Vorwähler, 800 erste Gruppenwähler, 1000 zweite Gruppenwähler, 1200 dritte Gruppenwähler und 1500 Linienwähler.

Bisher sind über 400 000 Teilnehmer an Selbstanschlußämter angeschlossen, d. s. 25 vH der vorhandenen Sprechstellen. Es ist vorgesehen, daß in den kommenden 10 Jahren alle Handämter in Selbstanschlußämter umgebaut werden, wenn keine unvorhergesehenen Störungen eintreten.

Ausbau des Fernkabelnetzes

Die zweite große Aufgabe der Reichspostverwaltung besteht darin, die Betriebsicherheit der Leitungen zu verbessern. Anfänglich wurden nur oberirdische Leitungen verwendet. Diese waren aber den Witterungseinflüssen stark ausgesetzt, und es kam häufig vor, daß ganze Linienzüge durch Unwetter tagelang gestört waren. Die starke Zunahme der Fernsprechanschlüsse in den Städten hatte schon bald dazu geführt, die Leitungen als Kabel zu verlegen. Für den Fernverkehr ließ sich das aber nicht durchführen, weil die elektrischen Eigenschaften

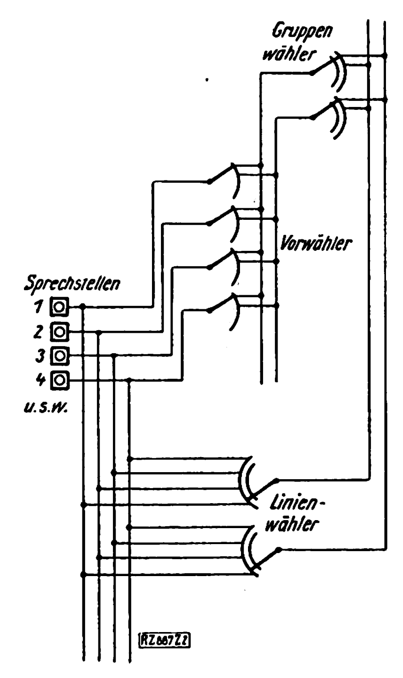


Abb. 2
Grundschaltbild eines Selbstanschlußamtes

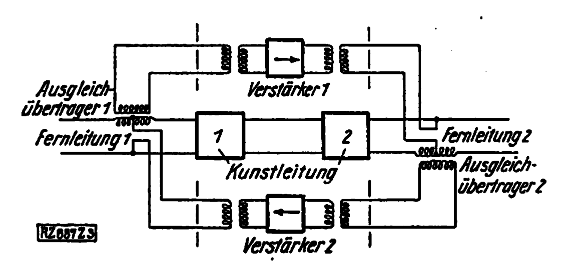


Abb. 3
Doppelrohrschaltung der Verstärker in Fernsprechleitungen

der Kabel keine großen Reichweiten zuließen. Die ersten Versuche, auf gewöhnlichen Kabeln über weitere Entfernungen zu sprechen, zeigten, daß dies ohne besondere Maßnahmen nicht möglich war. Die Dämpfung, d. h. die Größe, die für das Verhältnis zwischen der Sende- und der Empfangsleistung maßgebend ist, wird bei gewöhnlichen Kabeln mit Leitern von 0,8 mm Dmr. schon bei 30 km Länge zu groß. Außerdem steigt die Dämpfung für die höheren Sprechfrequenzen sehr viel stärker, so daß auch noch eine Verzerrung eintritt, die die Sprache dumpf und hallend macht; die helleren Vokale und Konsonanten fallen aus, die Sprache bleibt unverständlich. Diese Erscheinungen werden durch die elektrischen Eigenschaften der Kabel, insbesondere durch die Kapazität verursacht.

Es ist bekannt, daß die Selbstinduktion der Kapazität entgegenwirkt. Pupin gab ein Mittel an, wie man wirtschaftlich eine Selbstinduktion in die Leitungen einfügen kann. Er verwendete Selbstinduktionspulen, die in Abständen von 1700 m eingeschaltet wurden. Der erste große Versuch wurde 1912 mit dem Rheinlandkabel gemacht. Bei einer Reichweite von 600 km war jedoch sehr bald die Grenze der Verständlichkeit erreicht, und dabei mußte man schon 3 mm dicke Adern verwenden. Noch dickere Adern zu benutzen, wäre unwirtschaftlich gewesen, weil dann die Herstellung und Verlegung wohl unüberwindliche Schwierigkeiten bereitet hätten. Hier trat eine Wendung ein durch die Entwicklung der Hochvakuum-Verstärker; sie gab die technische und wirtschaftliche Grundlage für die Verwendung dünndrähtiger Kabel mit vielen Sprechkreisen auch für weiteste Entfernungen. Wir sind heute imstande, jede Entfernung in Europa durch pupinisierte Fernsprechkabel mit Verstärkern zu überbrücken. Nur für Kabeltelephonie über den Ozean fehlen diese Möglichkeiten noch; hier wird die drahtlose Sprechübermittlung vorläufig helfend eingreifen.

Auf den Bau und die Wirkungsweise der durch den Rundfunk allgemein bekannt gewordenen Verstärkerröhren braucht hier nicht eingegangen werden. Hervorzuheben ist nur, daß die Röhren ihrer Natur nach nur in der Richtung vom Steuergitter zur Anode hin verstärken können. Da man jedoch in einer Fernsprechleitung in beiden Richtungen sprechen will, muß man eine besondre Schaltung, die „Doppelrohrschaltung", anwenden, Abb. 3.

Die Fernleitungen werden mit Hilfe von Ausgleichübertragern, an welche künstliche Leitungen angeschaltet sind, angeschlossen. Diese Kunstleitungen sind aus Widerständen und Kapazitäten so aufgebaut, daß sie den Scheinwiderstand der Fernleitung nachbilden; je besser dies erreicht wird, um so günstiger ist ihre Wirkung. Der Strom, der die Verstärkerröhre 1 verläßt, teilt sich in dem Ausgleichübertrager 2 in zwei Teile. Davon geht der eine in die Fernleitung 2, der andere in die Kunstleitung 2. Sind beide genau gleich, so hebt sich ihre Wirkung in der Sekundärwicklung des Übertragers auf, es kann kein Strom in die Verstärkerröhre 2 zurückfließen. Wäre das nicht der Fall, so würde der Teilstrom in der zweiten Röhre verstärkt werden, über den Ausgleichübertrager 1 wieder zur ersten Röhre gelangen und erneut verstärkt werden; es träte Rückkoppelung auf, die sich durch Pfeifen störend bemerkbar machen müßte.

Diese Art der Verstärkerschaltung gestattet es, mit dünnen Kabeladern große Reichweiten zu erzielen, man braucht nur in gewissen Abständen gleichartige Verstärker — außer den schon erwähnten Pupinspulen — einzubauen. Für 1,4 mm dicke Adern wählt man 150 km Abstand, für 0,9 mm-Kupferleiter 75 km. Man kommt dann zu Reichweiten von 700 km für die 1,4 mm dicke Leitung. Will man noch größere Reichweiten erzielen, so muß man zu einer anderen Schaltung greifen, die unter dem Namen „Vierdrahtschaltung" bekannt ist. Hierbei wird für eine Sprechverbindung je eine Doppelleitung für die Hin- und die Rückleitung genommen. Die Leitungsnachbildungen sind dabei nicht mehr bei allen Verstärkerpunkten nötig, sie brauchen nur an den Stellen vorhanden zu sein, wo die Teilnehmerleitungen angeschlossen werden. Auf der Strecke Hamburg—Berlin—Frankfurt a. Main (1000 km) ist eine betriebsichere Übertragung dauernd erreicht worden.

Zur Erzielung größerer Reichweiten ist es notwendig, zwei Erscheinungen zu beseitigen, die jede für sich die Verständigung hindert: Die Echoerscheinungen und die Einschwingvorgänge.

Die Echoerscheinungen treten dadurch auf, daß an den Stellen, wo das Kabel durch eine künstliche Leitung nachgebildet wird, diese Nachbildung nicht für alle Frequenzen gleich vollkommen ist; ein gewisser Teil der Energie fließt wieder in die Leitung zurück und trifft das Ohr des Sprechers als Echo. Die Einschwingvorgänge äußern sich in der Weise, daß ein am Kabelanfang gegebenes Zeichen in gewisser Weise verändert zum Kabelende gelangt.

Die Echoerscheinungen können unterbunden werden durch eine weitgehend getreue Nachbildung der Leitungen und neuerdings durch besondre Echosperren, auf die aber hier nicht näher eingegangen werden kann. Die Einschwingvorgänge werden bei der Deutschen Reichspost dadurch weniger schädlich gemacht, daß für große Entfernungen eine schwächere Pupinisierung gewählt wird. Die dadurch entstehende Dämpfungserhöhung wird durch Verringerung des Abstandes der Vierdrahtverstärker ausgeglichen. Z. B. nimmt man für Kabel mit 0,9 mm Ader-Dmr. nicht mehr 150 km, sondern nur 75 km Abstand zwischen den Verstärkern, d. h. man braucht eine größere Anzahl von Verstärkern. Es wird Aufgabe der Technik sein, hier Mittel zu finden, daß auch bei nicht so schwacher Pupinisierung keine Störungen durch Einschwingvorgänge auftreten.

Zu erwähnen ist noch, daß man, um die Leitungen besser auszunutzen, mit Hilfe der „Doppelsprechschaltung" zwei Doppelleitungen zu einem „Vierer" zusammenfassen kann dergestalt, daß die zwei Adern der einen Doppelleitung die Hinleitung und die der andern die Rückleitung einer neuen Sprechverbindung bilden. Der Erfolg dieser Maßnahme besteht also darin, daß man auf den beiden „Stammleitungen" und dem aus beiden gebildeten künstlichen „Vierer" je ein Gespräch, also insgesamt drei von einander unabhängige Gespräche führen kann; das bedeutet eine Vermehrung der Sprechverbindungen um 50 vH ohne Mehraufwand an Leitungen.

Dabei war eine Schwierigkeit zu überwinden, nämlich die gegenseitige Beeinflussung der zu einem Vierer gehörenden Sprechkreise. Es ist wohl verständlich, daß bei den in sehr engem Abstand viele Kilometer lang nebeneinander laufenden Stromkreisen die Gefahr der gegenseitigen Beeinflussung groß ist. Zwar gelingt es durch ein besondres Verseilverfahren, bei dem die einzelnen Paare und Vierer in verschiedener — genau festgelegter — Weise verdrallt werden, die induktive Beeinflussung der einzelnen Sprechkreise fast ganz auszuschalten, auch die kapazitive Beeinflussung kann dadurch weitgehend vermindert werden; aber es bleibt trotz dieser vollendeten Bauweise noch ein Rest kapazitiver Beeinflussung, die sich durch „Nebensprechen" bemerkbar macht. Dieses Nebensprechen zeigt sich darin, daß die in den Stammleitungen geführten Gespräche in den Vierern — wenn auch schwach — infolge der kapazitiven Kopplung mitgehört werden können. Die Firma Siemens & Halske, A.-G., beseitigt das Nebensprechen durch kleine Ausgleichkondensatoren, die in die einzelnen Adern an bestimmten Punkten eingeschaltet werden. Die Größe der Ausgleichkondensatoren wird beim Verlegen der Kabel durch ein besondres Meßverfahren ermittelt; sie dienen dazu, die bei der Fabrikation nicht ganz erreichbare Genauigkeit nachträglich auszugleichen. Das Verfahren hat sich glänzend bewährt.

Trotz der bereits erzielten hohen Vollendung der technischen Einrichtungen und der Kabel wird es in den kommenden Jahren nicht an weiteren Arbeiten fehlen. Es wird notwendig sein, die Verstärkertechnik weiter auszubauen, damit die Zahl der erforderlichen Verstärker möglichst verringert wird, die kostspielig sind und häufiger Wartung bedürfen, wenn sie jederzeit voll betriebsbereit sein sollen. Daneben muß das Fernkabelnetz ausgebaut werden. Mit ihrem 8000 km langen Fernkabelnetz steht die Deutsche Reichspost an der Spitze; sie wird seine Vollendung fördern und dafür Sorge tragen, daß durch Anschlußkabel an die Netze der Nachbarstaaten sein Nutzen immer größer wird. [B 887]

Neue Walzenstraßen bei der Illinois Steel Co.

Die kürzlich bei der Illinois Steel Co., Chikago[1]), in Betrieb gesetzten Walzenstraßen mit Walzen von 305 und 450 mm Dmr. sollen hauptsächlich Stahllegierungen zu verschiedenen Querschnitten auswalzen. Das Walzwerk besteht aus 13 Gerüsten, die einzeln durch Gleichstrommotoren mit veränderlicher Umdrehungszahl angetrieben werden, so daß man die notwendigen Geschwindigkeiten der verschiedenen Gerüste leicht einstellen kann. Die Blöcke werden in zwei je 4 m breiten und 16,6 m langen Wärmöfen vorgewärmt. Die Leistung jedes Ofens beträgt 360 t in 24 h. Soweit wie möglich erhält man in den Öfen eine reduzierende Atmosphäre aufrecht, um eine Oxydbildung zu verhindern. Geheizt werden die Öfen mit Generatorgas.

Von den dreizehn Gerüsten sind fünf Gerüste mit ihren Kammwalzen unmittelbar mit den Motoren gekuppelt, während für die übrigen acht Gerüste Übersetzungsgetriebe zwischen Motor und Kammwalzen geschaltet sind. Die vier ersten Gerüste haben Walzen von 450 mm Dmr. und 1016 mm Länge. Nach Verlassen des vierten Gerüstes läuft der Stab in entgegengesetzter Richtung durch die Gerüste 5 und 6, die hintereinander stehen und Walzen von 405 mm Dmr. und 915 mm Länge haben. Nach Verlassen des Gerüstes 6 wird die Richtung des Walzens wieder umgekehrt und die Stäbe gehen durch die Gerüste 7, 8 und 9a, die hintereinander stehen und auch Walzen von 405 mm Dmr. und 915 mm Länge haben. Das Gerüst 9a ist ein Fertiggerüst für die größeren Querschnitte. Die Stäbe gehen von hier zu einer Warmsäge und dann zu einem 30,5 m langen und 8,5 m breiten Warmbett.

Beim Walzen leichter Querschnitte ist das neunte Gerüst außer Betrieb, und die Stäbe gehen von Gerüst 8 zu vier Gerüsten mit Walzen von 305 mm Dmr. und 610 mm Länge, die gegeneinander versetzt angeordnet sind. Diese vier Gerüste sind sowohl mit Rollgängen als auch mit Umführungen versehen, so daß jeder Querschnitt ausgewalzt werden kann. Von hier gehen die Stäbe zu einem 6,1 m breiten und 91 m langen Schwingwarmbett.

Hergestellt werden: Rundeisen von 13 bis 115 mm Dmr., scharfe und rundkantige Flacheisen von 25 × 13 bis 230 × 64 mm² und hohl gewölbter Federstahl von 38 × 14 bis 127 × 11 mm².

Im Anschluß an das Walzwerk ist eine Werkstätte für Warmbehandlung eingerichtet, in der bis zu 9 m lange Stäbe geglüht, normalisiert und bis zu 3,6 m lange Stäbe in elektrisch geheizten Öfen warm behandelt werden können. Zum Glühen benutzt man gasgefeuerte Öfen. Die Stäbe kann man in Öl oder in Wasser abschrecken und in einem Bleibad anlassen. [N 943] Ill.

[1]) Vergl. „The Iron Age" Bd. 120 (1927) S. 729.

Die erste Brücke über den Hudson bei New York

mit 1,067 km weit gespannter Mittelöffnung

Von Dr.-Ing. Rudolf Bernhard, Reichsbahnrat, Berlin

Die im Bau begriffene neue Kabelbrücke über den Hudson bei New York mit zur Zeit größter Spannweite wird beschrieben. Nach Darstellung der Grundzüge der beiden vorgelegten Entwürfe wird auf Einzelheiten näher eingegangen.

Wie in Berlin ist auch in New York die Bildung von neuen Handels- und Verkehrsmittelpunkten, neben denen der Altstadt zu beobachten. Das Geschäftsviertel New Yorks, das bislang auf der Südspitze von Manhattan, in Hochhäusern räumlich eng zusammengedrängt lag, verschiebt sich allmählich nach Norden. Der zweite Mittelpunkt, mit seiner Anhäufung von großen Warenhäusern, Bahnhöfen und Kinos, liegt jetzt etwa in der 42. Straße.

Einen weiteren Schritt auf diesem unaufhaltsamen Zug nach dem Norden auf der Manhattanhalbinsel, dem Gleiten der „City", ist nun mit dem Bau der neuen Hudsonbrücke im Zuge der 178. und 179. Straße New Yorks hinüber nach den nördlichen Vororten New Jerseys gemacht. Die Schaffung dieser großen Verkehrsader wird zweifellos einen neuen, dritten Verkehrsmittelpunkt hervorrufen, Abb. 1.

Etwas mehr als dreißig Jahre sind verstrichen, seitdem Gustav Lindenthal seinen berühmten Entwurf der Überbrückung des Hudson mit einer großen Augenstab-Hängebrücke[1]) im Zuge der 57. Straße von Manhattan hinüber nach New-Jersey aufgestellt hat. Dieser Entwurf wird bezüglich seiner Lage übrigens jetzt wieder erörtert. Viele Entwürfe für andre Übergangstellen sind inzwischen noch aufgetaucht, aber außer dem kürzlich dem Verkehr übergebenen Holland-Tunnel im Zuge der Kanal- und Springstraße[2]), ist keinerlei Straßenverbindung über den 1500 m breiten Fluß geschaffen worden.

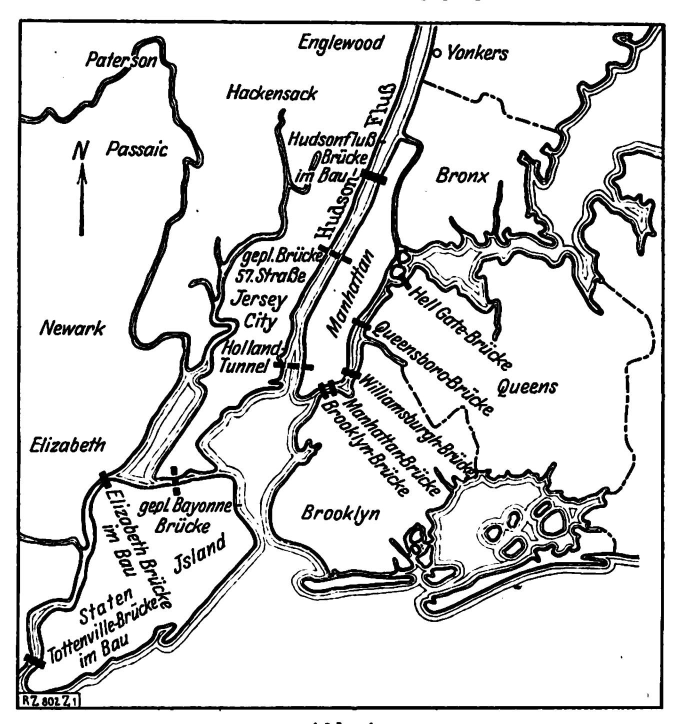


Abb. 1
New York und Umgebung. Lage der fünf neuen, zum Teil geplanten, zum Teil im Bau begriffenen Brücken für New York (Hudson), Jersey City und Staten Island

Der Entwurf

Wie die Zeitschrift „Engineering News Record" vom 11. August 1927 berichtet, ist ein Punkt noch weiter nordwärts, zwischen Fort Washington und Fort Lee, als bautechnisch und zur Zeit auch verkehrstechnisch günstigste Verbindungsstelle für den neuen Brückenbau bestimmt worden. Die Ausführung ist bereits in Angriff genommen. Der Plan stellt das Ergebnis von dreijährigen, eingehenden Untersuchungen der New Yorker Hafenbehörde dar.

Man hat eine Hängebrücke gewählt, die in zwei Ausbauabschnitten ausgeführt werden soll. Infolgedessen können die zunächst erforderlichen Baukosten um etwa 15 Mill. $, ausschließlich Zinsen, verringert werden. Auch ist die Möglichkeit gegeben, sich den wachsenden Verkehrsbedürfnissen allmählich durch weiteren Ausbau anzupassen. Schließlich kann die schädliche Zusammenballung des Verkehrs in den Zubringerstraßen durch die anfänglich nur in geringer Breite ausgebaute Fahrbahn der Brücke etwas hintangehalten werden. Bemerkenswert ist, daß die wichtige Frage, ob die Haupttragglieder durch Kabel oder Augenstabketten gebildet werden sollen, noch nicht entschieden ist, sondern erst von dem Ausfall der Angebote, also von im wesentlichen wirtschaftlichen Fragen abhängig gemacht werden soll[3]).

Da der tragfähige Felsboden, wie umfangreiche Bohrungen ergeben haben, an beiden Ufern bereits am Ende der Pierköpfe bis etwa 45 m unter den Wasserspiegel abfällt und dazwischen durchschnittlich unter 60 m liegt, war eine Gründung in diesem Teile des Flußbettes ausgeschlossen. So erklärt es sich, daß alle Versuche, eine Auslegerbrücke zu bauen, an der großen Mittelspannweite scheitern mußten. Daher ist von vornherein eine Hängebrücke gewählt worden, die in ihren gewaltigen Ausmaßen dem Lindenthalschen Entwurf ähnelt. Der gewählte Platz ist insofern auch noch verhältnismäßig günstig, als beide Steilufer von etwa 60 bis 90 m Höhe, 150 bis 450 m vom Flußufer entfernt, eine einfache Rampenausbildung ermöglichen und auch gleichzeitig die Höhenlage der Fahrbahn so zu wählen gestatten, daß die Schiffahrt auf keine Weise behindert wird. Die Konstruktionsunterkante der Versteifungsträger liegt in Brückenmitte 65 m, an dem westlichen Turmpfeiler 64 m und dem östlichen 59,5 m über MHW. Die Neigungen in den Seitenöffnungen betragen auf der Ostseite 2,2 vH, auf der Westseite 0,4 vH.

Der Überbau selbst weist infolge der vorgenannten Bodenverhältnisse im Fluß eine Mittelöffnung von 1066,80 m (56 Felder von je 18,29 m) und zwei Seitenöffnungen von nur 198,10 m (9 Felder von je 18,29 m) auf, Abb. 2 bis 4. Die Mittelöffnung erhält somit genau die doppelte Spannweite als die der bisher größten, 1926 fertiggestellten Hängebrücke, der Delawarebrücke in Philadelphia. Die Seitenöffnungen sind dagegen rd. 20 m kürzer[4]). In Abb. 5 bis 8 sind die Umgrenzungslinien einiger an Größe rasch zunehmender, bisher ausgeführter Hängebrücken in Vergleich gesetzt.

Die gesamte Brückenbreite beträgt 39,2 m, also nur 0,80 m mehr als die der Delawarebrücke. Die Form der Seillinie in der Mittelöffnung ist in erster Linie nach schönheitlichen Gesichtspunkten bestimmt worden, und zwar liegen die höchsten Punkte, die Kabelsättel, auf den Haupttürmen 182 m über MHW und die Mitte des Seiles etwa 99 m tiefer, so daß sich ein Pfeilverhältnis von 1/10,8, etwas kleiner als bei der Delawarebrücke (1/9) ergibt. Die steil abfallenden, straffen Rückhaltkabel der unverhältnismäßig kleinen, daran aufgehängten Seitenöffnungen ergeben sich durch das Felsprofil. Dem fremdartigen, steifen Aussehen steht der Vorteil der geringeren Nachgiebigkeit der Mittelöffnung, und die damit zusammenhängende kleinere Bewe-

[1]) Vergl. „Bauingenieur" Bd. 8 (1927) S. 89 u. f.
[2]) Desgl.
[3]) Wie während der Drucklegung des Aufsatzes aus New York gemeldet wird, hat die Ausschreibung ergeben, daß die Kosten einer Kabelbrücke rd. 10 vH unter denen einer Augenstab-Kettenbrücke liegen, so daß Kabel ausgeführt werden. Für die Kabel betrug das niedrigste Angebot 1,45 ℳ/kg bei 26 Mill. kg Gesamtbedarf, für die Augenstabkette 0,76 ℳ/kg bei 67 Mill. kg Gesamtbedarf. Die bekannte Drahtfirma A. Roebling Sons Co. in Trenton (N. J.) erhielt den Auftrag für die Kabel.

[4]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 1401 und Bd. 71 (1927) S. 145, 422 u. 857

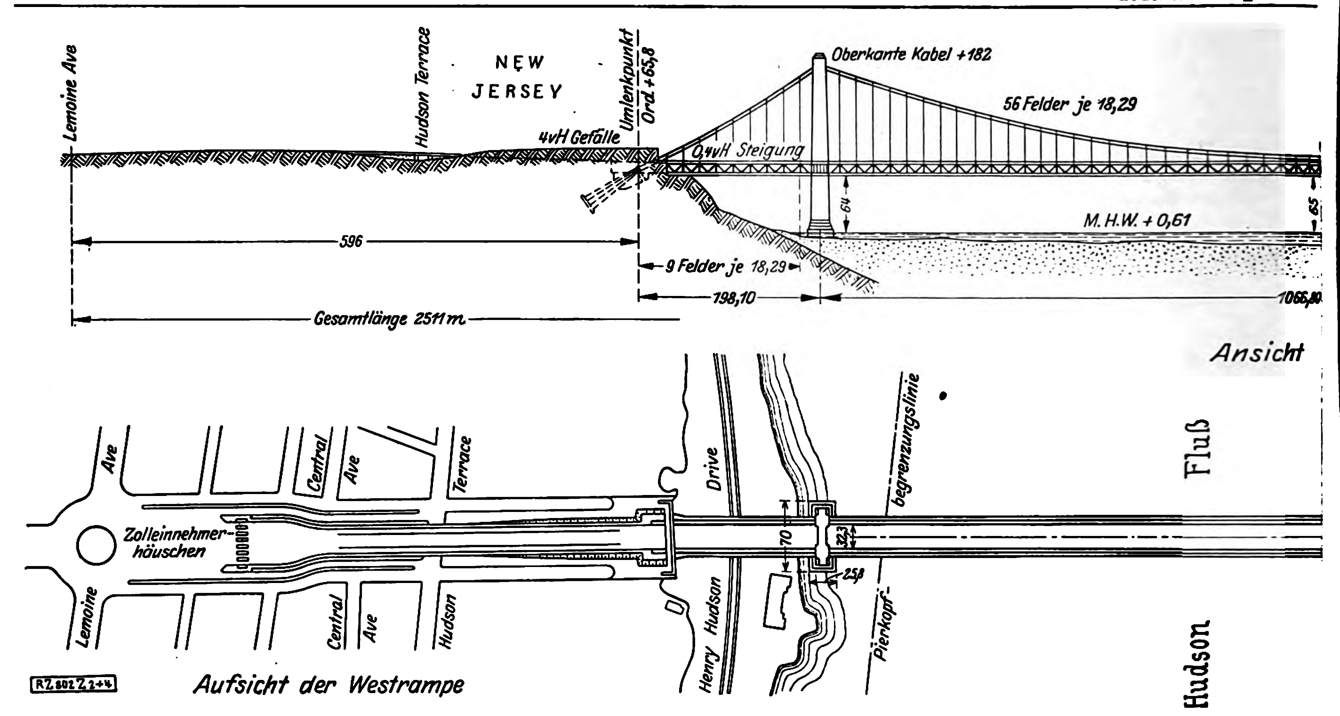


Abb. 2 bis 4. Gesamtanordnung

gung der Hauptturm-Kabelsättel gegenüber. Durch das Aufhängen der Fahrbahn in den verhältnismäßig kurzen Seitenöffnungen an den Rückhaltkabeln wird diese Steifigkeit wenig beeinträchtigt. Der Entwurf ist für eine Ausführung mit Kabeln und eine solche mit Augenstabketten ausgearbeitet, in beiden Fällen in 32,3 m Entfernung.

Falls Kabel zur Ausführung kommen, sollen im ganzen vier angeordnet werden, und zwar je zwei in den beiden Haupttragebenen in 2,24 bis 3,35 m Abstand übereinanderliegend, von 91 cm Gesamtdurchmesser, Abb. 9 und 10. Jedes der vier Kabel setzt sich aus 61 Strängen von 434 Einzeldrähten, also insgesamt 26 474 Stück, mit einem nutzbaren Gesamtquerschnitt zweier Kabel von 1,03 m² zusammen. Die Kabel sollen nach dem in Amerika fast ausschließlich angewandten Paralleldraht-Spinnverfahren hergestellt werden, und zwar muß bereits nach Fertigstellung eines unteren Kabels auf jeder Seite mit dem Anhängen der Fahrbahn begonnen werden. Der Bauvorgang kann auch bei der Ausführung einer Augenstabkette in zwei Abschnitte geteilt werden, doch scheint dann der gesamte Zusammenbau bedeutend schwieriger. Der ursprüngliche

Zahlentafel 1

Übersicht verschiedener Augenstabquerschnitte amerikanischer Hängebrücken

Name und Ort der Brücke	Fertigstellung Jahr	Spannweite m	Anzahl der Augenstäbe	Querschnitt der Augenstäbe mm²	Gesamtquerschnitt m²	Mindest-Bruchfestigkeit kg/cm²
Mississippi, Memphis . .	1892	240,8	12	250 × 50	0,15	4340
Queensboro, New York .	1909	360	20	400 × 50	0,426	5950
St. Lawrence, Quebec . . .	1918	548,6	32	400 × 55	0,722	5600
Hudson, New York	1932 (?)	1066,8	96	400 × 50	2,23	7350

Plan, Kabel oder Kette so auszubilden, daß der obere Teil überhaupt erst beim zweiten Ausbau verlegt wird, ist fallengelassen worden.

Falls eine Kette gewählt wird, setzt sie sich aus sechzehn einzelnen Gruppen, bestehend aus je sechs Augenstäben, also im ganzen 96 Stück, von im Mittel 5 × 40 cm² Querschnitt zusammen, Abb. 11 und 12. Diese Gruppen sind in vier lotrechten und vier wagerechten Reihen (Abstand 1,07 bis 1,52 m) angeordnet und ergeben einen nutzbaren Gesamtquerschnitt von 2,23 m² für jede Hauptträgerebene. Die ausgebohrten Verbindungsbolzen der Augenstäbe weisen 38 cm Dmr. auf. Der Nachteil der zweieinhalbmal schwereren Augenstabkette soll durch die größere Steifigkeit des Gesamttragwerks ausgeglichen werden. Übersichten über die bemerkenswertesten Kabel- und Kettenquerschnitte amerikanischer Hängebrücken, vergl. auch Abb. 6 bis 8, zeigen Zahlentafel 1 und 2.

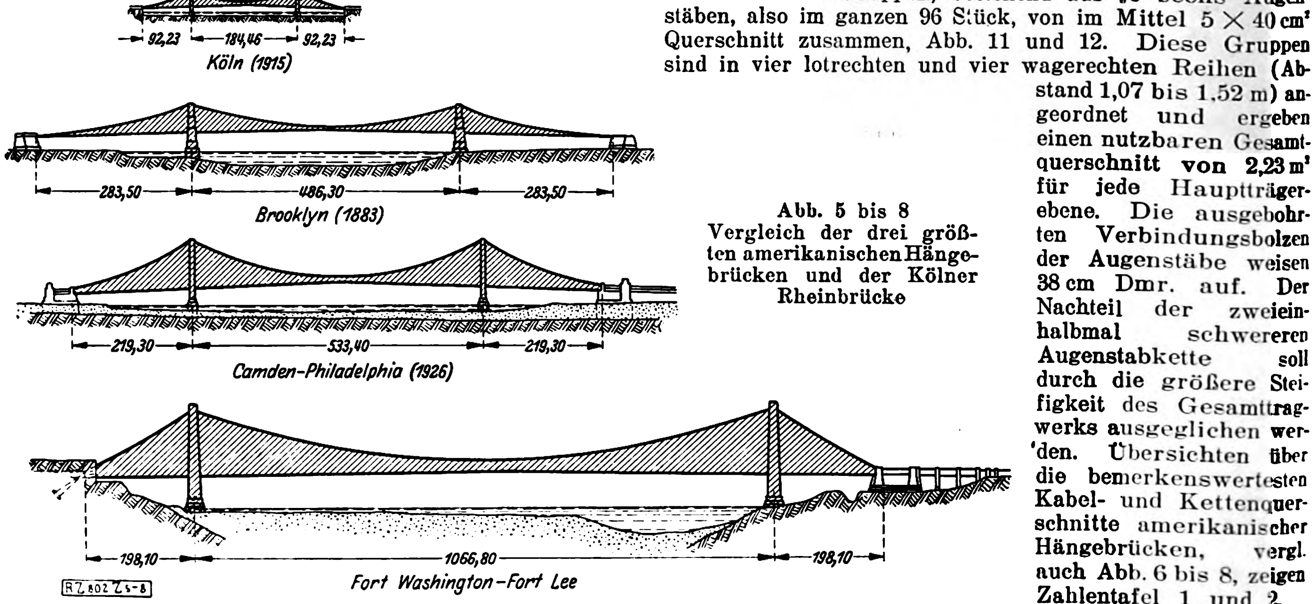
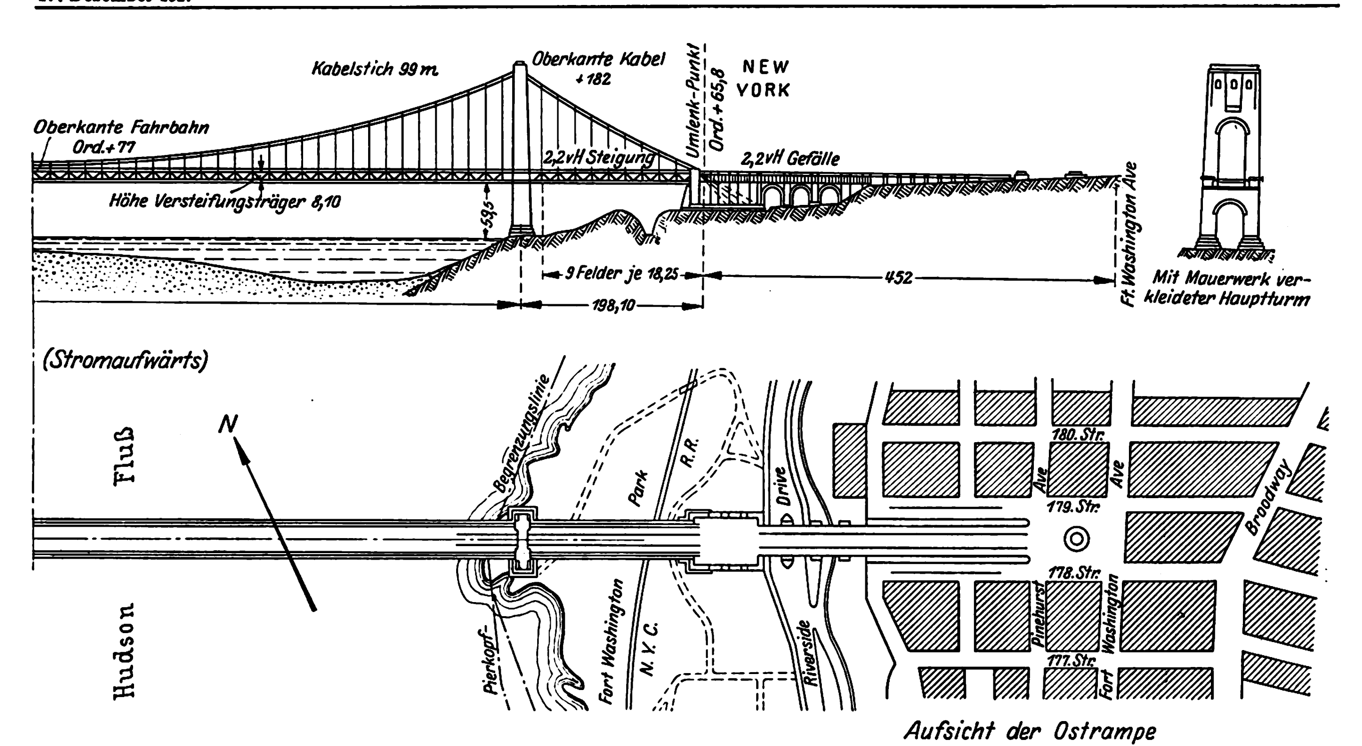


Abb. 5 bis 8 Vergleich der drei größten amerikanischen Hängebrücken und der Kölner Rheinbrücke



Zahlentafel 2
Übersicht verschiedener Kabelquerschnitte amerikanischer Hängebrücken

Name der Brücke	Fertigstellung Jahr	Strangzahl je Kabel	Drahtzahl je Kabel	Zahl der Kabel	Kabeldurchmesser mm	Kabelquerschnitt (für eine Brückenseite) m²
Cincinnati	1867	7	2 590	2	310	0,054
Brooklyn	1883	19	5 358	4	400	0,172
Williamsburgh	1903	37	7 696	4	470	0,287
Manhattan	1910	37	9 472	4	540	0,368
Delaware	1926	61	18 666	2	760	0,362
Hudson	1932(?)	61	26 474	4	910	1,030

Die einzelnen Teile der Brücke

Für die **Aufhängung** des Versteifungsträgers sind in beiden Fällen Drahtseile von 7 cm Dmr. vorgesehen mit der Begründung, daß der verhältnismäßig schmale Flachverband in der oberen Fahrbahn sich in wagerechter Richtung verformen wird und eine möglichst gleichmäßige Übertragung der wagerechten Kräfte auf die bedeutend steiferen Haupttragkabel durch die nicht biegungsfeste Seilaufhängung am besten gewährleistet ist. Die Hängeseile werden in den Knotenpunkten des Versteifungsträgers in Abständen von 18,29 m (bei der Delawarebrücke rd. 6,30 m) mittels je vier Seile befestigt, die in Schleifen über die Haupttragkabel oder die untersten Gruppen der Augenstabkette geführt sind, vergl. Abb. 9 bis 12. Die Befestigung der acht Seilenden an den oberen Fahrbahnquerträgern wird in der üblichen Weise mit Vergußköpfen durchgeführt, Abb. 13 und 14. Bei Wahl eines Kabels liegen die vier Seile in Richtung der Brückenachse (Abstand: 0,33 m, 0,66 m, 0,33 m), bei Wahl einer Kette winkelrecht dazu (Abstand zweier Gruppen von je zwei Seilen 2,28 m).

Bemerkenswert ist, daß hier zum ersten Mal bei einer größeren Hängebrücke der **Versteifungsträger**, jedenfalls für den ersten Ausbau, als **überflüssig** erachtet wird. Die große Spannweite und das riesige Eigengewicht der Kabel oder der Ketten sollen genügen, um keine nennenswerte Durchbiegung infolge der verhältnismäßig kleinen Verkehrslasten auftreten zu lassen; der beim ersten Ausbau vorgesehene. reine Straßenverkehr, ohne jegliche Schienenbahnen, ergibt ohnehin eine ziemlich gleichmäßig verteilte Belastung.

Erst wenn die verkehrsanziehende Wirkung der Brücke den zweiten Ausbau erfordert, soll der Versteifungsträger

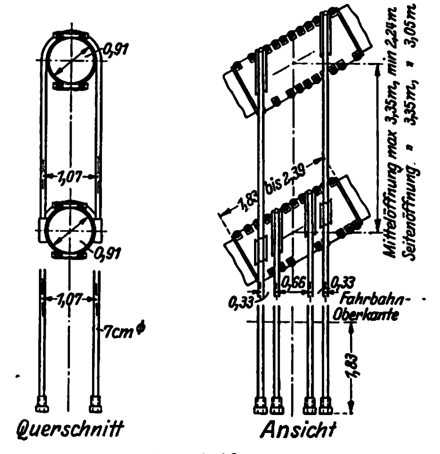


Abb. 9 und 10
Aufhängeseile und Kabelschellen bei Wahl von Haupttragkabeln

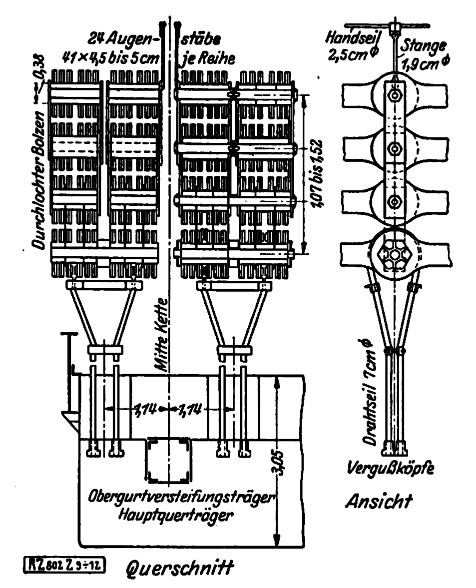


Abb. 11 und 12
Aufhängeseile bei Wahl von Augenstabketten

Abb. 13 und 14
Fahrbahnquerschnitt (dünne Linien, zweiter Ausbauzustand)

mit dem unteren Deck für die Schnellbahnen mit ihren schweren Einzellasten eingebaut werden. Durch Hinzufügen der Schrägen, Pfosten und eines Untergurtes — der Obergurt ist beim ersten Ausbau bereits eingebaut — wird der Versteifungsträger hergestellt, und zwar über den Mittelpfeilern nicht durchlaufend. Er dient dann lediglich dazu, örtliche Durchbiegungen der Kabel oder Ketten und somit der Fahrbahn infolge schwerer Einzellasten zu vermeiden und auf mehrere Hängeseilgruppen zu verteilen. Bei der Querschnittbestimmung ist in erster Linie die Knickfestigkeit maßgebend. Die Höhe des Versteifungsträgers beträgt nur 8,10 m; für die Mittelöffnung ergibt sich mithin das geringe Pfeilverhältnis von $^1/_{132}$. Die Obergurte dienen gleichzeitig als Gurte des bereits beim ersten Ausbau vorgesehenen Windverbandes. Der Knotenpunktabstand beträgt, wie schon erwähnt, 18,29 m; dazwischen sind steigende und fallende Schrägen angeordnet.

Den Brückenquerschnitt mit seinem Ober- und Unterdeck zeigen Abb. 13 und 14. Die 32,3 m langen, rd. 3,05 m hohen oberen Querträger sind, in ebenfalls 18,29 m Abstand, durch acht 1,71 m hohe Längsträger unter der Fahrbahn verbunden; die unteren Querträger von 2,13 m Höhe erhalten noch vier Längsträger von ebenfalls 2,13 m Höhe zur Aufnahme von Zwischenquerträgern mit 0,91 m Höhe in den Drittelpunkten.

Auf dem Oberdeck ergeben sich mithin drei nebeneinander liegende Fahrbahnen von 7,32 m, 12,18 m und 7,32 m, die durch zwei 1,83 m breite Fußwege begrenzt sind. Die vierspurige, mittlere Fahrbahn soll zuerst, die beiden seitlichen, zweispurigen, entsprechend dem Verkehrsbedürfnis, später ausgebaut werden. Beim zweiten Ausbau können durch Hinzufügung des Unterdecks bis sechs Schnellbahngleise oder weniger und dafür noch Straßenfahrbahnen eingebaut werden. Für die Straßenfahrbahn des Oberdecks ist eine 13 cm, an den Vouten 20 cm dicke Eisenbetonplatte mit längslaufender Profileisenbewehrung (etwa N.P.I. 15 entsprechend) vorgesehen, die sich über die in 1,52 m Abstand angeordneten Nebenquerträger spannt, vergl. Abb. 13. Die Schnellbahngleise des Unterdecks sind durch eine offene Konstruktion unterstützt.

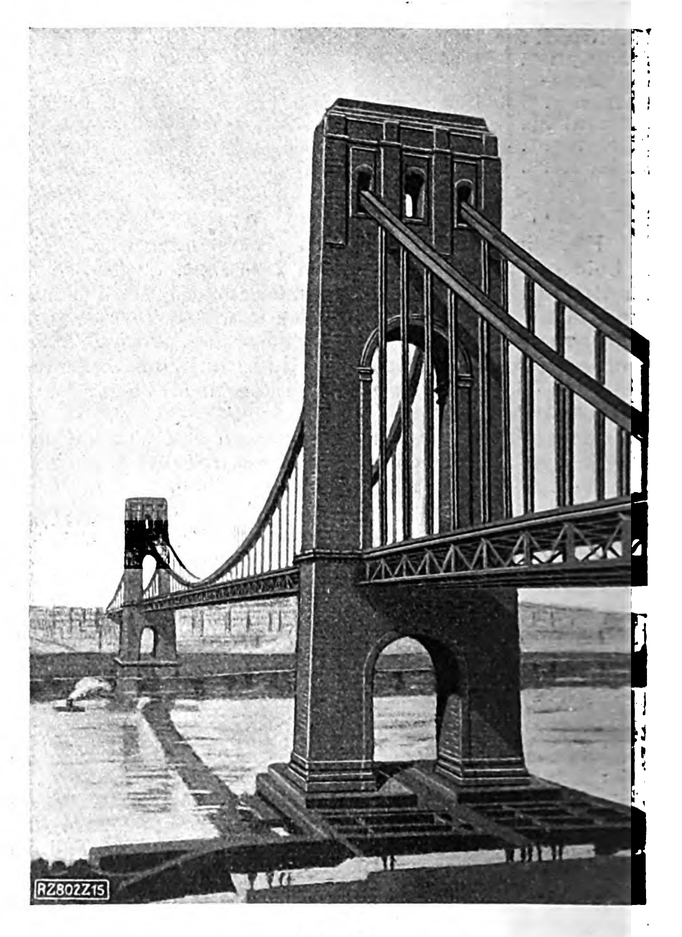


Abb. 15
Brückenansicht von Fort Washington aus. Turmverkleidung ausgeführt (zweiter Ausbau beendet).

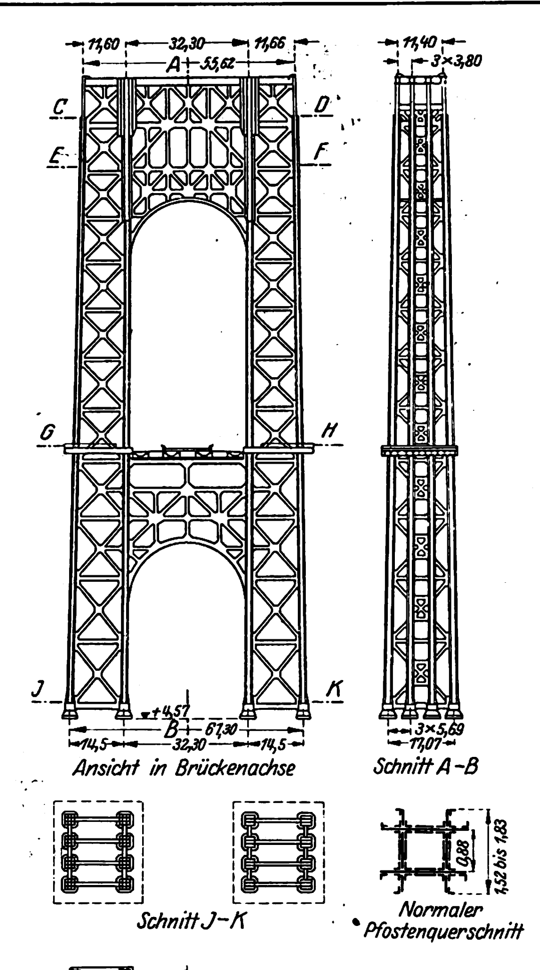


Abb. 16 bis 22 (oben) Hauptturm-Stahlgerippe, unverkleidet

Die Haupttürme bestehen aus einem tragenden Stahlgerippe, das mit Beton und einer Steinverkleidung umhüllt wird, Abb. 15 und 16 bis 22. Während man bei den ersten Entwürfen durch die Verbundwirkung des Eisenbetons, jedenfalls für den zweiten Ausbauabschnitt, den Beton mit zum Tragen heranziehen wollte, ist dieser Plan fallengelassen und das Eisengerippe stark genug konstruiert, um für sich allein genügend Tragfähigkeit zu bieten. Beton und Mauerwerk brauchen also erst nach Verkehrseröffnung oder gar beim zweiten Ausbau hinzugefügt werden. Vom rein ingenieurtechnischen Standpunkt aus betrachtet, dienen sie mithin lediglich als Wetterschutz und zusätzliche Sicherheit, z. B. bei wachsenden Verkehrslasten. Die beim Bau der Delawarebrücke noch maßgebende Ansicht, daß das Stahlgerippe auch unverkleidet in schönheitlich einwandfreie Formen gebracht werden kann, ist somit hier verlassen und eine, wenn auch einfache und wirkungsvolle, zusätzliche, verhüllende Schmuckform gewählt, über deren bauliche Sachlichkeit sich streiten läßt.

Jedes Turmbein setzt sich aus acht, fachwerkartig miteinander verbundenen Säulen zusammen; je vier in Brückenachse, die am Kopfende näher zusammenrücken, vergl. Abb. 16 bis 22. Oberhalb und unterhalb der Fahrbahnen ist eine portalartige Verbindung geschaffen. Die einzelnen Säulen bestehen aus zellenartig zusammengenieteten Profileisen mit einer inneren Zellenweite von 88 cm. In Stromrichtung beträgt der Abstand der äußeren Pfosten am Fuß 61,30 m, am Kopf 55,62 m, winkelrecht dazu am Fuß 17,07 m, am Kopf 11,40 m.

Die Lager auf den Turmköpfen sind über der inneren Säulenreihe angeordnet und setzen sich aus Gußstahlteilen zusammen. Bei der Kabelausbildung ist jedes Lager auf zwei Lagen von Walzen von je 20 cm Dmr. gestützt, Abb. 23 und 24, die untere Walzenlage ruht auf einem genieteten Fuß. Bei der Kette besteht jedes Lager dagegen aus 4 × 4 Gruppen von Gußstahl-Pendelstützen in 3,90 m Abstand, Abb. 25 bis 27. Weitere Einzelheiten gehen aus Abb. 23 bis 27 hervor.

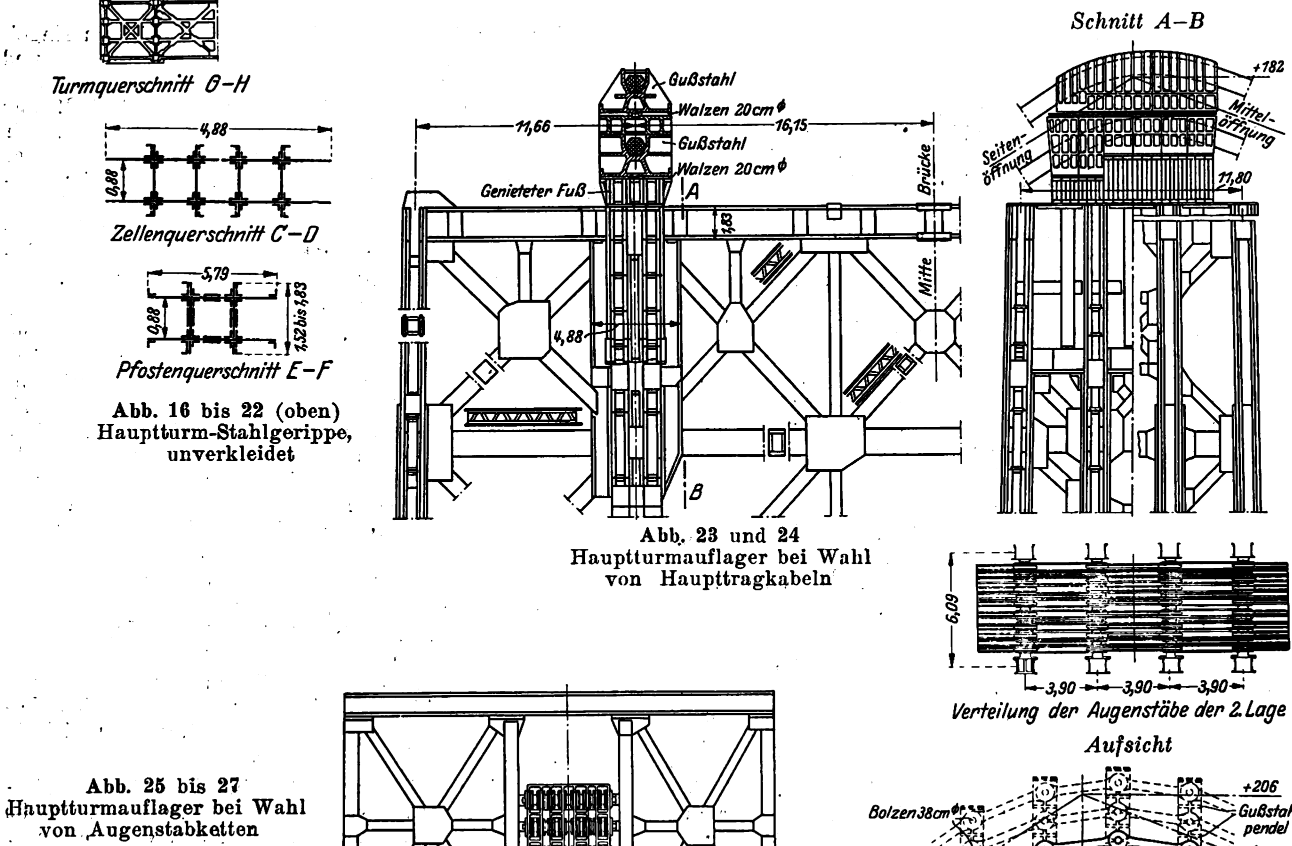


Abb. 23 und 24 Hauptturmauflager bei Wahl von Haupttragkabeln

Abb. 25 bis 27 Hauptturmauflager bei Wahl von Augenstabketten

Die Kabel oder die Ketten sollen auf der Seite von New Jersey durch Befestigung der einzelnen Stränge in 76 m langen, schräg in den natürlichen Felsen getriebenen Ankerstollen befestigt werden. Auf der New Yorker Seite muß dagegen eine Schwergewichtsverankerung aus Betonmauerwerk geschaffen werden, die in dem gleichen Abstand von den Haupttürmen wie die linksseitige, durch den Felsen in ihrer Lage bestimmte Verankerung, angeordnet ist. Dadurch soll ein symmetrisches Brückenbild geschaffen werden. Die anschließenden Rampen sind als Betonbogen weitergeführt.

Die Fundamente der Verankerungen und des östlichen Mittelpfeilers können im Trocknen ausgeführt werden; für den westlichen Pfeiler muß erforderlichenfalls eine Luftdruckgründung gewählt werden, da der Felsboden dort 30 m unter MHW liegt.

Für die statische Berechnung dieser Riesenbrücke sind die Verkehrslasten entsprechend einer wachsenden Belastungslänge vermindert, von der Erwägung ausgehend, daß eine volle Brückenbelastung sämtlicher Spuren auf die ganze Länge von 1463 m einen kaum jemals auftretenden Ausnahmefall darstellt. Für die Längsträger mit einer Belastungslänge von 18,29 m sind daher 46 t/m Brückenlänge für die Querträger, bei einer Belastungslänge von zwei Feldern, also 36,58 m, nur 28,7 t/m gewählt; für die Aufhängeseile bei einer Belastung über fünf Felder, also 91,44 m, sind dagegen bloß 26,8 t/m und schließlich für die Haupttürme, Kabel oder Ketten und Verankerung bei Vollast auf der ganzen Brückenlänge von 1463 m 11,9 t/m zugrunde gelegt. Es ist dafür jeweils der ungünstigste Fall der Vollbelastung von Ober- und Unterdeck gleichzeitig angenommen.

An Baustoffen werden drei Stahlsorten verwendet. Für die Hauptteile der Türme und des Fahrbahngerippes wird ein Siliziumstahl, voraussichtlich mit einem, mit St. Si verglichen, sehr geringen Siliziumgehalt, für die Füllungsstäbe der Türme und weniger wichtigen Teile des Fahrbahngerippes ein gewöhnlicher Kohlenstoffstahl verwendet. Bei Ausführung einer Augenstabkette wird ein ausgeglühter Kettenstahl mit einer Bruchfestigkeit von mindestens 7350 kg/cm² und einer Elastizitätsgrenze von mindestens 5250 kg/cm² bei einer zulässigen Beanspruchung einschließlich Nebenspannungen von 3500 kg/cm² vorgeschrieben. Bei Ausführung eines Kabels ist dagegen ein kalt gezogener verzinkter Stahldraht mit mindestens 15 400 kg/cm² Bruchfestigkeit und mindestens 10 500 kg/cm² Elastizitätsgrenze bei einer zulässigen Beanspruchung ausschließlich Nebenspannungen von 5740 kg/cm² vorgesehen. Schließlich ist bei den Gurten des Versteifungsträgers im ersten Fall für die Mittelöffnung ein Silizium-, für die Seitenöffnung gewöhnlicher Kohlenstoffstahl, im zweiten Falle Nickel- oder Siliziumstahl wegen der größeren Durchbiegung und mithin auch größeren Beanspruchungen vorgeschrieben.

An Eigengewichtslasten hat dann die statische Berechnung für eine Kettenbrücke in der Mittelöffnung 74,4 t/m, in den Seitenöffnungen 83,4 t/m, für eine Kabelbrücke 58 und 60,5 t/m ergeben.

Die Kosten des gesamten Baues sind auf 75 Mill. $ geschätzt, von denen auf den ersten Ausbau etwa 55 bis 60 Mill. entfallen. Auch soll die Brücke, nach den über Erwarten günstigen Ergebnissen der Zolleinnahmen bei der Delawarebrücke[5]), durch den Verkehr sich selbst bezahlt machen. Für 20 Mill. $ Obligationen sind bereits gezeichnet und dienen zur Ausführung der schon in Angriff genommenen Gründungsarbeiten des westlichen Hauptturms und der Verankerung. Die Verkehrseröffnung ist im Jahre 1932 geplant. Der Entwurf der Brücke stammt von O. H. Amman, dem Brückeningenieur der New Yorker Hafenbehörde. [B 802]

[5]) Z. Bd. 71 (1927) S. 1210.

Armin Engelhard †

Am 5. Oktober verschied völlig unerwartet in Offenbach der Generaldirektor der Firma Collet & Engelhard, Dr.-Ing. E. h. Armin Engelhard, an einem Herzschlage, während er in gewohnter Frische und Lebendigkeit eine neue Maschine vorführte. Damit ist ein arbeitsreiches und erfolgreiches Leben viel zu früh für seine Firma und für den deutschen Werkzeugmaschinenbau zum Abschluß gekommen.

Der Verstorbene wurde 1869 in Offenbach geboren als vierter Sohn des Kommerzienrates Otto Engelhard. Nach praktischer Arbeit in der väterlichen Fabrik besuchte er die Technische Hochschule Karlsruhe. Nach Beendigung seiner Studien trat er 1893 in die väterliche Firma ein, der er über 30 Jahre lang seine ganze Arbeitskraft widmete. Seit 1899 war er in der Geschäftsleitung tätig; 1913 wurde er bei der Umwandlung der Firma in eine Aktiengesellschaft zum Generaldirektor ernannt.

Er erkannte frühzeitig, daß nur durch die Einschränkung des Bauprogrammes auf wenige Maschinentypen Erfolge möglich seien und verfolgte auch zäh den Gedanken der Vereinheitlichung von Maschinenteilen. Seit seinem Eintritt in die Leitung hat das Werk einen bedeutenden Aufschwung genommen. Die Zahl der Arbeiter stieg bedeutend, und große und mustergültige Neubauten entstanden. Auf dem Gebiete der schweren Bohr- und Fräswerke, der Sonderfräsmaschinen, der Kesselbohrwerke, beweglichen Bohrmaschinen, Sondermaschinen für den Lokomotivbau, für Eisenbahnwerkstätten und die Heizungsindustrie erlangte die Firma hohen Ruf. Mit beweglichem Geiste hat der Verstorbene alles Neue auf seinem Fachgebiete verfolgt und besonderes Interesse an wissenschaftlichen Untersuchungen bekundet.

Neben der Arbeit für seine Firma hat Armin Engelhard eine bedeutsame Tätigkeit im öffentlichen und wirtschaftlichen Leben entfaltet. Er gehörte dem Verein deutscher Ingenieure seit 1897 an; 1919 bis 1921 war er Vorsitzender des Frankfurter Bezirksvereines. Er war stellvertretender Vorsitzender des Vereins Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken und Vorsitzender im Verband Deutscher Metallindustrieller, Ortsgruppe Offenbach. Er gehörte weiter dem Hauptausschuß der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Betriebsingenieure an und bekleidete eine Anzahl Ehrenämter seiner Vaterstadt.

In Anerkennung seiner hervorragenden Verdienste um die Entwicklung des deutschen Werkzeugmaschinenbaues, insbesondere auch dessen vorbildlicher Organisation und weit vorausschauenden Normung, wurde ihm im Jahre 1923 von der Technischen Hochschule Darmstadt die Würde eines Dr.-Ing. E. h. verliehen. Er zeigte stets großes Interesse an der Entwicklung der Hochschule, war ein eifriges Mitglied der Vereinigung von Freunden der Technischen Hochschule und nahm stets regen Anteil an Arbeiten, die in den Laboratorien der Hochschule ausgeführt wurden.

Nicht nur als Fachmann, sondern auch als Mensch wurde er von allen, die mit ihm in nähere Berührung traten, hoch geachtet. Sein frisches Wesen, die Echtheit seines Charakters, die Sachlichkeit und Lauterkeit seiner Bestrebungen mußten Jeden für ihn gewinnen. Er hatte ein warmes Herz für seine Arbeiter, die ihm volles Vertrauen schenkten. Ihre Anhänglichkeit zeigte sich in rührender Weise bei seinem Tode.

Sein früher Heimgang traf seine Familie besonders hart. Neben seiner treusorgenden Gattin trauern um ihn vier Kinder, denen er ein lieber Vater und Vorbild treuer Pflichterfüllung war. [P 926]

Nebenströmungen in gekrümmten Kanälen

Von Dipl.-Ing. A. Hinderks, Hannover

Entstehung der Doppelquerwirbel in Krümmern durch Wandreibung, Versuchsergebnisse von Lell, Geschwindigkeitsrichtungen im Krümmer. Beschreibung der in der Versuchsanstalt für Grund- und Wasserbau der T. H. Hannover ausgeführten Versuche nach neuerem Verfahren. — Aus den Grenzschicht-Strombildern bei wirbelfreien Krümmern und Krümmern mit Wirbelräumen wird auf den Verlauf der Nebenströmung geschlossen. — Strömungserscheinungen an Schaufelprofilen.

Bei Untersuchungen von Strömungen in einem gekrümmten Rohr oder Kanal wird man im allgemeinen in Kanälen größerer Abmessungen und geringer Rauhigkeit zunächst eine reibungslose nicht zusammendrückbare Flüssigkeit voraussetzen. Bei Annahme ebener stationärer Strömung dieser Flüssigkeit und Einführung eines Geschwindigkeits-Potentials Φ lassen sich dann die Potentialkurven $\Phi(x, y) = \text{konst.}$ angeben, sowie Kurven $\Psi(x, y) = \text{konst.}$, die Stromlinien, die zu ersteren senkrecht stehen; die Potentialfunktion Φ und die Stromfunktion Ψ genügen der Laplaceschen Differential-Gleichung und sind verbunden durch eine analytische Funktion Z, derart, daß $Z = f(z) = f(x + iy) = \Phi + i\Psi$, daß also Φ reeller und Ψ imaginärer Bestandteil einer beliebigen Funktion der komplexen Variablen $z = x + iy$ sind.

Ist diese Funktion bekannt, so läßt sich durch Netzübertragung das Strombild für den gesuchten Fall darstellen, und man kann die Geschwindigkeitskomponenten v_x und v_y durch die Beziehung $\mathfrak{v} = \text{grad}\,\Phi$ aus einem an irgendeinem Punkte der Strömung bekannten Werte $\mathfrak{v}$ ermitteln.

Solange man sich also auf die Untersuchung der idealen Strömung beschränkt, wird man nach einer solchen komplexen Funktion suchen, die die Darstellung des Netzes und die Auswahl zweier passender Grenzstromlinien als Kanalbegrenzungen gestattet; oder, man wird sich da, wo eine gegebene Kanalform für die rechnerische Behandlung zu schwierig erscheint, der bekannten zeichnerischen Methoden der Potentialtheorie bedienen, um die Geschwindigkeitsverteilung und den Energieverlauf längs eines Schnittes, einer Stromlinie oder einer Kanalwand näherungsweise zu finden.

Derartige Auswertungen von Versuchen sind mehrfach durchgeführt, und Messungen nach verschiedenen Verfahren haben gezeigt, daß bei Kanälen mit sanften Rundungen und glatten Wänden sowohl hinsichtlich der Geschwindigkeits- als auch der Druckverteilung für erste Überschlagrechnungen die aus der Theorie ermittelten Werte benutzt werden können.

Für genauere Untersuchungen muß man beim Auswerten der Meßergebnisse aber die physikalischen Eigenschaften des Wassers berücksichtigen, da bei der wirklichen Strömung durch den Zähigkeitseinfluß eine Änderung des Strömungszustandes hervorgerufen wird. Vor allem ist es die unterschiedliche Größenordnung der Wandreibung gegenüber der inneren Flüssigkeitsreibung, durch die der Hauptströmung die verschiedenartigsten Nebenströmungen überlagert werden. Eine rechnerische Erfassung dieser Strömungserscheinungen ist zur Zeit noch nicht möglich, man kann bisher nur in besonders einfachen Fällen auf Grund bekannter hydraulischer Beziehungen über die Flüssigkeitsreibung den allgemeinen Verlauf der Nebenströmung ermitteln und durch Versuch gefundene Werte des statischen Druckes oder der Geschwindigkeitsrichtung auf ihre Wirkung zurückführen.

Da die Wandreibung mit dem Quadrat der Geschwindigkeit wächst, wird der Druckverlust an der Krümmeraußenwand bedeutend größer als an der Innenwand sein, während im Innern der Flüssigkeit dieser Abfall von außen nach innen auch nicht annähernd so groß wird. Der Reibungsverlust überlagert sich dem Gleichgewichtsdruckverlauf der ideellen Strömung als Zusatzdruckgefälle und ruft zunächst eine Nebenströmung in der Grenzschicht von der Krümmeraußenwand zur Krümmerinnenwand hervor. Dadurch entsteht in den Mittelschichten des Kanals ein Gegenstrom, so daß sich ein Doppelquerwirbel, Abb. 1 und 2, bildet.

Diese Doppelquerwirbel in gekrümmten Kanälen sind seit langem bekannt und auch bereits hier und da, z. B. bei Staubabscheidern nützlich verwertet worden[1]). Im allgemeinen stellt aber die Nebenströmung eine Verlustquelle im Krümmer dar, die wegen ihres unbekannten Verlaufes schwer zu erfassen ist.

Mittels verdichteter Luft, durch Düsen mit feinen Bohrungen an verschiedenen Stellen und in verschiedenen Schichthöhen eines Kreiskrümmers von 180° mit rechteckigem Querschnitt eingeblasen, hat Lell[2]) die Nebenströmungen sichtbar gemacht. Die Luftfähnchen geben die aus Neben- und Hauptströmung resultierende Geschwindigkeitsrichtung an und zeigen, daß die Nebenströmung tatsächlich als Doppelwirbel auftritt. Dabei ist die Ausbreitung der Nebenströmung auf die inneren Schichten ersichtlich. Da die Stromrichtung nur an einzelnen Stellen bestimmt wird, ist die Geschwindigkeitsverteilung nur ganz allgemein zu ermitteln.

Um nun ein genaueres Bild der Strömung in der Grenzschicht zu erhalten, habe ich bei Untersuchungen an Kanalkrümmern die Wände des Kanals, insbesondere die abnehmbare Deckplatte aus Glas, mit einer von Wasser schwer lösbaren Farbe — verschieden stark angerührte, weiße Öl- und Lackfarben — bestrichen. Bei ausreichender Geschwindigkeit wird dann die noch

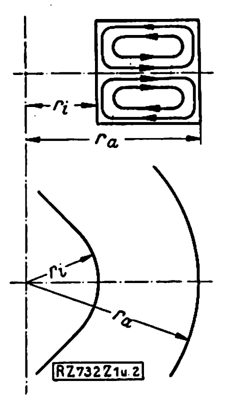


Abb. 1 und 2
Doppelquerwirbel in einem Kreiskrümmer

nicht getrocknete Farbschicht in Form von winzigen Wirbeln nach ganz bestimmten Richtungen langsam weggeschwemmt. Besonders unter der Lupe ist die langsame Entstehung des Grenzschicht-Strombildes gut zu verfolgen.

Abb. 3 bis 6 stellen Versuche dar mit drei verschiedenen wagerecht liegenden Krümmermodellen. Die Modellabmessungen entsprechen einer von Grether[3]) untersuchten Krümmermodellgruppe, nur der Querschnitt des Kniekrümmers, Abb. 5, ist anders gewählt. Die Modelle sind in Holz hergestellt, sie konnten daher nicht so genau ausgeführt werden, wie die von Grether verwandten Messingmodelle. Innen wurden die Modelle jedoch sorgfältig geglättet, und man darf daher annehmen, daß die Druckverteilung hier angenähert so verlaufen wird, wie sie von Grether angegeben ist. Die Wassermenge konnte von rd. 3 auf 6,3 l/s, entsprechend 1,5 bis 3,1 m/s Geschwindigkeit gesteigert werden, jedoch wurden nur gute Strömungsbilder erzielt bei mittleren Geschwindigkeiten über rd. 2 m/s, entsprechend einer Wassermenge von 4 l/s. Eine Abhängigkeit des Strömungsbildes von der Geschwindigkeit konnte in dem untersuchten Bereich nicht festgestellt werden.

Die Versuchsanordnung für das Kreiskrümmermodell zeigt Abb. 7. Um die Störungen an der Übergangstelle von der Schlauchleitung zum Modell zu beseitigen, ist im

[1]) s. Isaachsen: Über die Wirkungen von Zentrifugalkräften in Flüssigkeiten und Gasen, „Zivilingenieur" 1896.

[2]) Lell: Beitrag zur Kenntnis der Sekundärströmungen in gekrümmten Kanälen, Diss. Darmstadt 1918.

[3]) H. Grether: Über Potentialbewegung tropfbarer Flüssigkeiten in gekrümmten Kanälen, Dissertation Karlsruhe 1908.

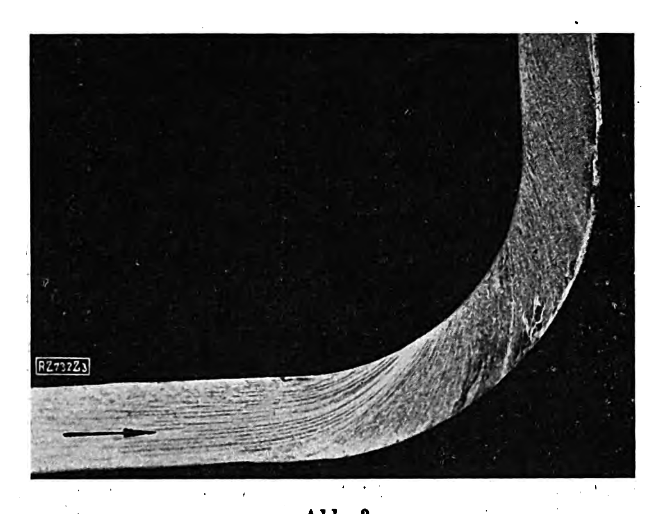


Abb. 3
Nebenströmung am Glasdeckel

Abb. 4
Nebenströmung am Holzboden

Abb. 3 und 4
Kreiskrümmer von 45 . 45 mm² Querschnitt, 145 mm mittlerem Krümmungshalbm. und 90° Krümmungswinkel

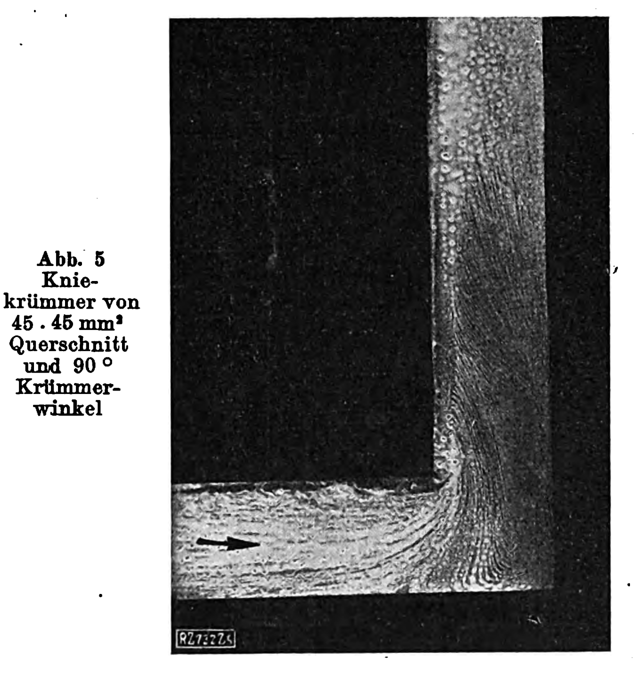


Abb. 5
Kniekrümmer von 45 . 45 mm² Querschnitt und 90° Krümmerwinkel

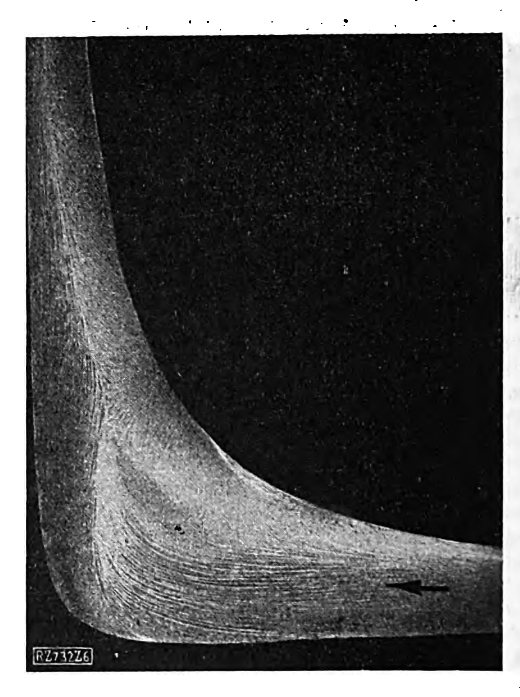


Abb. 6
Hyperbelkrümmer von 45 mm Kanalhöhe, 45 . 45 mm² Ein- und Auslaufquerschnitt und 87° Krümmerwinkel

Abb. 3 bis 6
Versuche an drei verschiedenen, wagerecht liegenden Krümmermodellen

Einlauf ein Gleichrichter aus dünnwandigen Messingröhrchen eingebaut worden. Bei einem Versuch ohne Gleichrichter zeigten die Farbfasern vom Einlauf an einen Schraubenwirbel, der eine Vorwirkung der Krümmung anzudeuten schien; der Gleichrichter beseitigt diese Einlaufstörung; Abb. 3 bis 6 zeigen, daß in der Grenzschicht die sekundäre Wirkung der Umlenkung des Wassers erst kurz vor dem Krümmer sichtbar wird, und nach mehrfachen Messungen darf man dasselbe für die inneren Schichten der Strömung als sicher annehmen.

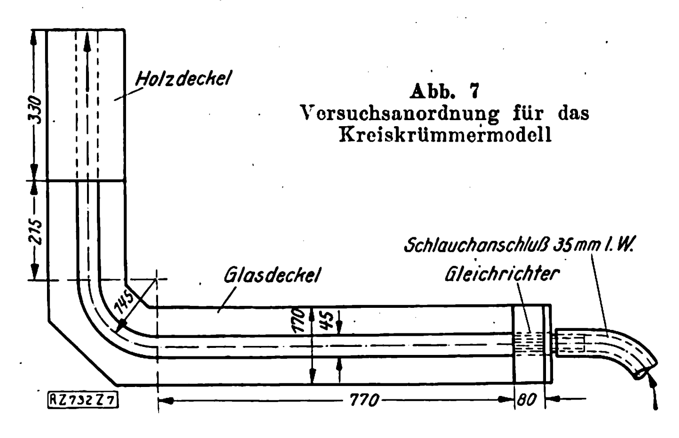


Abb. 7
Versuchsanordnung für das Kreiskrümmermodell



Abb. 8
Abgewickelte Krümmeraußenwand

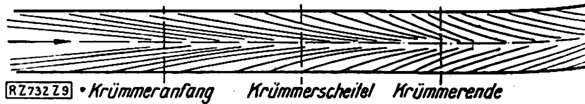


Abb. 9
Abgewickelte Krümmerinnenwand

Abb. 8 und 9
Farbstriche an den Wänden zeigen die Symmetrie der Wirbel zur Mittelschicht der Strömung

Abb. 3 und 4 zeigen die Nebenströmung je an dem Glasdeckel und am Holzboden des Kreiskrümmermodells und bringen den Nachweis, daß die Nebenströmung sich als Doppelwirbel ausbildet. An den Seitenwänden des Krümmers waren nach beendetem Versuch außerdem Farbstrichzeichnungen zu erkennen, Abb. 8 und 9, aus denen die Symmetrie der Wirbel zur Mittelschicht der Strömung hervorgeht.

An der Innenwand, in der Nähe des Krümmerscheitels, drängen sich die Grenzschichtstromlinien, wo infolge der Krümmerprofilausbildung eine starke Beschleunigung des Wassers in den der Innenwand benachbarten Stromfäden einsetzt, stark zusammen, Abb. 3 bis 6, 12 und 13. Das zur Innenwand strömende Wasser der Nebenströmung wird hier für die Beschleunigung mitverwandt und setzt die von den äußeren Stromfäden mitgebrachte höhere Druckenergie teilweise in Geschwindigkeit um. Es besteht also hier noch kein Grund für ein Zurückströmen des Wassers in der Mittelschicht nach der Außenwand, und man muß annehmen, daß vor dem Scheitel nur die Wandschichten an der sekundären Bewegung beteiligt sind.

Der eigentliche Doppelwirbel entsteht erst im Gebiet nach dem Krümmerscheitel, in dem außen eine Beschleunigung, innen eine Verzögerung des Wassers auftritt, bis die Geschwindigkeitsverteilung wieder gleichmäßig geworden ist. Da an der Wandung auch in diesem Gebiet die Nebenströmung nach wie vor von der Außen- zu der Innenwand verläuft, so wird jetzt in den mittleren Schichten ein Nachfließen in gegenläufigem Sinne stattfinden und durch Mitschleppen der Kernschichten der Doppelwirbel der gesamten Fließmenge zustande kommen. Wo dieser Zustand eintritt, ist bisher nicht festgestellt worden und wird von der Krümmung der Kanalwände und der Querschnittausbildung abhängen. In den von Lell veröffentlichten Aufnahmen scheinen schon kurz hinter dem Krümmerscheitel die Luftfähnchen in 20 mm Schichthöhe — der ganze Kanal ist 100 mm, ein Querwirbel also etwa 50 mm hoch — eine kleine Ablenkung nach innen zu haben, so daß hier bereits die Nebenwirbel praktisch voll ausgebildet sein könnten; genaueres ist jedoch aus den Aufnahmen nicht zu schließen.

Die Arbeit zur Erzeugung der Quergeschwindigkeit ist, da die Wirbel hinter der Krümmung allmählich wieder verschwinden, als Verlustarbeit zu betrachten. Sie wird je nach der Form des Krümmers einen mehr oder weniger großen Anteil des Gesamtverlustes darstellen und darf daher bei dessen Bestimmung keineswegs vernachlässigt werden. Der Versuchstand des Verfassers war für Verlustuntersuchungen nicht eingerichtet.

Von Lell ist an dem erwähnten Krümmermodell die Druckverteilung genauer untersucht worden. Abb. 10 und 11 zeigen die Druckverteilung über der Krümmerinnenwand. Man sieht, wie vor dem Krümmerscheitel der Druck in der Mittelschicht, also im Gebiet stärkster Beschleunigung sinkt; sobald sich aber der Querwirbel voll ausgebildet hat, zeigt sich ein wachsendes Ansteigen in der Mittelschicht, die nach Abb. 1 und 2 als Folge der Krümmerwirkung der beiden gegeneinander fließenden Sekundärströme zu erklären ist.

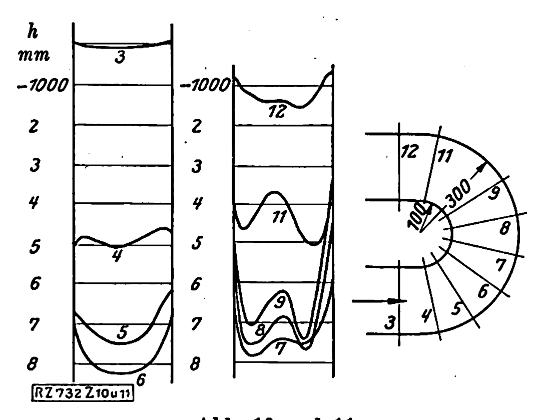


Abb. 10 und 11
Untersuchung der Druckverteilung an einem Krümmermodell durch Lell

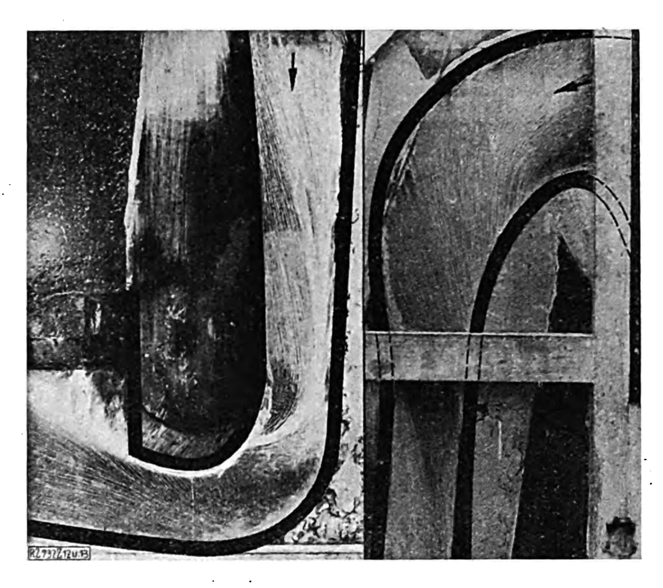


Abb. 12 und 13
Durch Holzschablonen mit Blechverkleidung gebildete Krümmer, die vorn mit Glas abgedeckt sind.

Für genauere Untersuchungen fehlt noch ein brauchbares Verfahren für die Ermittlung der Fließrichtung in den inneren Stromschichten.

Die Krümmer, Abb. 12 und 13, sind durch Holzschablonen mit Blechverkleidung gebildet und vorn mit Glas abgedeckt. Die Stromprofile sind in den Abbildungen durch schwarze Umrandung gekennzeichnet. Die Aufnahmen sind während des Versuchs gemacht.

Der Krümmer, Abb. 12, hat einen senkrechten Einlauf und wagerechten Auslauf in die Atmosphäre. Der engste Querschnitt beträgt 82×302 mm², die durchfließende Wassermenge rd. 85 l/s. Eine oberhalb liegende, nicht sichtbare gekrümmte Zuleitung ruft im Einlauf eine starke Schräglage der Wandstromlinien hervor. Die Anhäufung der Wandstromlinien vor dem Krümmerscheitel ist deutlich zu erkennen. Die Strahlverbreiterung am Auslauf, die schon verschiedentlich in der Literatur erwähnt wird[4]), erstreckt sich nicht über den ganzen austretenden Strahl, sondern nur auf die der Vorder- und Hinterwand des Modellkastens benachbarten Wasserschichten. Auch sie ist eine Folge der Querströmung; die Nebenströme finden hier keine Krümmerinnenwand vor, die sie zu einem Abbiegen nach innen zwingt, und rufen daher eine seitliche Verbreiterung des austretenden Strahles hervor.

Das zweite Modell, Abb. 13, hat einen senkrechten Auslauf in die Atmosphäre. Naturgemäß hat hier die Nebenströmung die entgegengesetzte Wirkung; da die Schwerkraft hier nicht bewirkt, daß der ganze Querschnitt von Wasser erfüllt bleibt, dringt die Luft keilförmig in den Auslauf hinein. Neben den scharf sichtbaren Strahlen ist in dem Gebiet, wo Luft vorhanden ist, der Farbstoff fast im ursprünglichen Zustand haften geblieben und nur durch Wasser-Luft-Spritzer etwas verwaschen.

Zu noch eigenartigeren Erscheinungen führt die Querstromdarstellung in der Grenzschicht bei Krümmungen, in denen infolge der Formgebung Wirbelräume auftreten. In zwei solchen Fällen, Abb. 5 und 6, ist eine Rückströmung in der Grenzschicht zu beobachten sowohl an der Außenkrümmung im Gebiet des Krümmerscheitels und auch an der Innenkrümmung kurz hinter dem Scheitel. Wie weit sich an der Außenkrümmung die Rückströmung auf die von der Wandung entfernteren Schichten ausbreitet, ließ sich aus den Versuchen nicht entnehmen.

Der bei dem Kniekrümmer, Abb. 5, an der Innenwand entstehende Wirbeltotraum wird nun in den mittleren Schichten bedeutend größer als in der Grenzschicht

[4]) s. Isaachsen: Über einige Wirkungen von Zentrifugalkräften in Flüssigkeiten und Gasen, „Zivilingenieur" 1896.



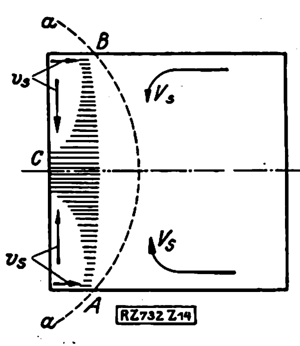
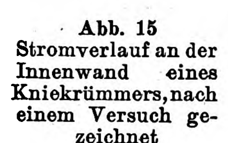
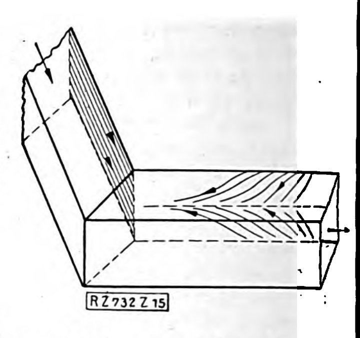


Abb. 14
Strömungsverlauf im Querschnitt hinter dem Scheitel des Kniekrümmers


Abb. 15
Stromverlauf an der Innenwand eines Kniekrümmers, nach einem Versuch gezeichnet



sein, da im Innern das Wasser mit größerer Geschwindigkeit über den Krümmerscheitel hinausschießt. Im Querschnitt hinter dem Scheitel würde dann die Grenze zwischen dem Hauptstrom- und dem Wirbelraum etwa nach der Linie a—a, Abb. 14, verlaufen. Im Hauptstromgebiet möge zunächst V_s die normale Nebenstromrichtung andeuten. Im Wirbelraum herrscht eine starke Rückströmung zum Scheitel hin, Abb. 5, 6 und 15. In dem in Abb. 14 schraffierten Gebiet dürfte die rückwärts gerichtete Geschwindigkeit bedeutend größer sein als in den Profilecken, so daß bei A, B und C ein verstärkter Druckabfall durch Reibungsverluste auftreten müßte und die Richtung der im Wirbelraum beobachteten Querkomponenten v_s der Wandströmung erklärt wäre. Wie weit sich dabei die normale Nebenströmung im Hauptstromraum noch ausbildet, ist nicht ohne weiteres zu entscheiden. Anscheinend wird die Querkomponente v_s, sobald sie das durch Schraffur gekennzeichnete Gebiet erreicht, durch die Rückströmung vernichtet. In größerer Entfernung von dem Krümmerscheitel und in dem aus dem Kanal frei austretenden Strahl habe ich sogar eine vollkommene Umkehrung der Nebenströmung beobachtet. Dies dürfte auf die Wirkung der an der Krümmerinnenseite in einiger Entfernung nach dem Scheitel abschwimmenden Wirbel zurückzuführen sein. In diesem Gebiet wird die Geschwindigkeit außen größer sein und die Querströmung daher infolge vermehrten Reibungsverlustes an der Wand in die angedeutete Richtung gezogen werden.

Die Wände des Hyperbelkrümmers, Abb. 6, sind als Grenzstromlinien aus einem Potentialnetz passend ausgewählt und asymptotisch in parallele Wände übergeführt. Die theoretische Strömung ist durch die Funktion des Netzes vollkommen bekannt, die Linien gleichen Druckes und gleicher Geschwindigkeit bilden konzentrische Kreise um den Asymptotenschnittpunkt. Die Ergebnisse der Druckmessung an einem Krümmer dieser Form von Grethe zeigen nun eine starke Abweichung von den theoretischen Werten, und bei turbulenter Strömung hat der Hyperbelkrümmer trotz kleinerer mittlerer Geschwindigkeit im Gebiet des Krümmerscheitels keinen geringeren Druckverlust als der Kreiskrümmer.

Aus dem Strombild der Grenzschicht ist dieses ungünstige Ergebnis recht verständlich; die Wandströmung des Hyperbelkrümmers zeigt eine starke Verwandtschaft mit der des Kniekrümmers. Das strömende Wasser füllt den erweiterten Scheitelquerschnitt nicht voll aus, sondern es bildet sich ein Wirbelraum, der dann ganz ähnliche Nebenströmungen wie beim Kniekrümmer hervorbringt.

Wie besonders neuere Arbeiten zeigen[5]), können beim Durchfluß des Wassers durch die Leit- und Laufrad-

[5]) s. Hydraulische Probleme, Berlin 1926.

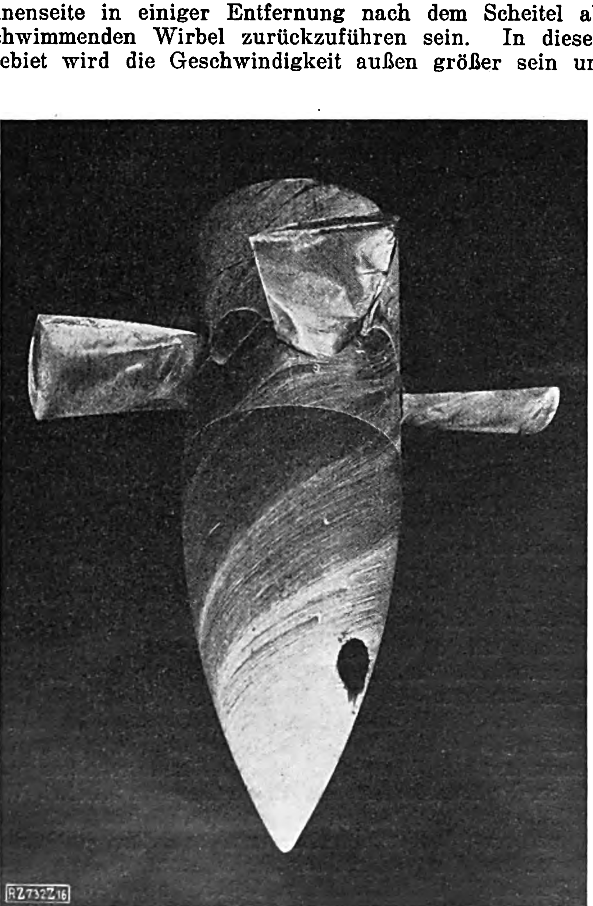


Abb. 16
Relative Bewegung des Wassers in der Grenzschicht der Nabe und der Schaufeln eines Propellerlaufrades

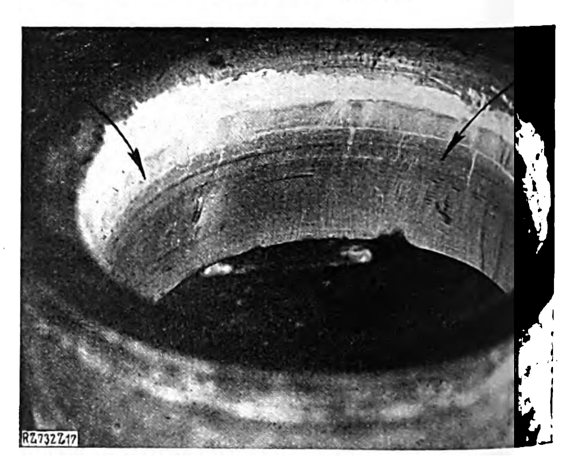


Abb. 17
Absolutströmung am festen Außenkranz des Laufrades

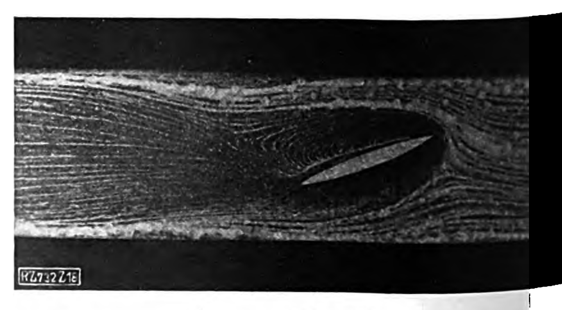


Abb. 18
Nachbildung einer Versuchseinrichtung von Föttinger



Kanäle von Turbinen und Pumpen Nebenströmungen das Auftreten von Anfressungen der Kanalwände begünstigen.

Einige in dieses Gebiet fallende Versuchsergebnisse zeigen Abb. 16 bis 18, die nach beendetem Versuch gemacht worden sind. Abb. 16 zeigt die relative Bewegung des Wassers in der Grenzschicht der Nabe und der Schaufeln eines Propellerlaufrades. Das Modell, ein Versuchsrädchen der Amme-Luther-Werke, Braunschweig, arbeitete während des Versuches im Bereich der Hohlraumbildung, die gefährdeten Stellen sind auf der Unterseite der Schaufeln sichtbar; die Richtung der Strömung und die Ausbildung von Wirbeln an den Schaufelansatzstellen sind deutlich zu erkennen. Abb. 17 gibt die Absolutströmung an dem dazugehörigen festen Außenkranz wieder.

Eine Versuchseinrichtung von Föttinger[6]) ist vom Verfasser in anderem Maßstabe nachgebildet, Abb. 18, und zwar ist ein Kanalquerschnitt von 45 × 45 mm² gewählt, die Länge des Schaufelprofils beträgt 32 mm, seine größte Dicke 3 mm, die Wassergeschwindigkeit liegt zwischen 3 und 4 m/s.

[6]) s. Hydraulische Probleme, S. 38.

Bei den von Föttinger angegebenen Versuchen wurde mit Geschwindigkeiten bis zu 50 m/s gearbeitet. Hierbei zeigten sich starke Anfressungen an der Glasplatte. Als die Stelle stärkster Korrosion wird das Gebiet hinter der Schaufel angegeben, in dem sich unter Wirbelbildung die Stromfäden wieder zusammenschließen, und in geringerem Maße das Gebiet vor der Eintrittskante.

Bei dem vom Verfasser durchgeführten Versuch zeigt das Strombild, daß vor der Schaufel der Farbstoff fast ganz abgerissen ist, woraus man auf eine stark schabende Reibungswirkung schließen kann; in dem Gebiet hinter dem Rückenwirbel der Schaufel dagegen entstehen in einem quellenartigen Gebiet neue Grenzschicht-Stromlinien, die sich mit den seitlich am Profil vorbeiströmenden Linien zu einem regelmäßigen Strombild vereinigen. Hier scheinen Verdichtungsstöße infolge Zusammenstürzens des hinter der Schaufel liegenden Hohlraumes aufzutreten, die durch dauernde Schlagwirkung die Anfressungen an der Wandung hervorrufen. Das Verfahren scheint also geeignet, auch für die Klärung dieser technisch wichtigen Fragen einen Beitrag zu liefern. [B 732]

Steinkohlenschwelung nach Turner und Plaßmann

Zu den zahlreichen Verfahren zur Schwelung von Steinkohle und andern bituminösen Brennstoffen sind in letzter Zeit zwei neue gekommen, die sich in längerem Versuchsbetriebe unter Durchsatz größerer Mengen bewährt haben: das Schwelverfahren von Turner und das von Plaßmann. Während das Turner-Verfahren ein einigermaßen stückiges Aufgabegut verlangt und durch besondere Anordnung sämtliche flüssigen Kohlenwasserstoffe ohne Krackverluste gewinnen will, ist das Plaßmannsche Verfahren bestrebt, neben möglichst großer Teerausbeute aus minderwertigen Kohlen vor allem einen festen stückigen Schwelkoks zu gewinnen.

Das Turner-Verfahren wird von der Firma The Comac Oil Co., Ltd., Coalburn, Lanarkshire, in einer Versuchsanlage für 25 t in 24 h angewendet[1]), Abb. 1. Die zu schwelenden Kohlen gelangen in der Anlage, die in einem rd. 20 m hohen Gebäude untergebracht ist, durch ein · Becherwerk in den Aufgabebunker *a* und von hier in abgemessenen gleichen

[1]) „Engineering" Bd. 123 (1927), S. 558.

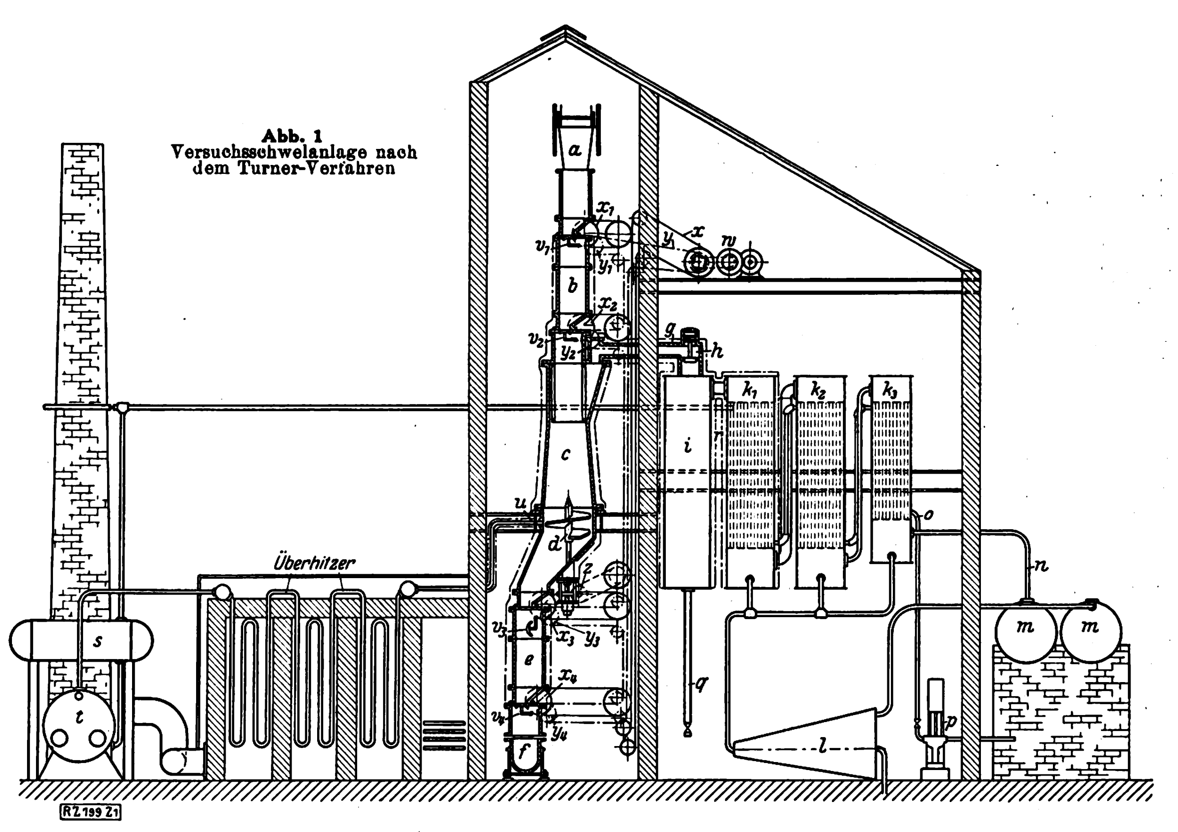


Abb. 1 Versuchsschwelanlage nach dem Turner-Verfahren

a Aufgabebunker
b Vorheizkammer
c Retorte
d Austragschraube
e Zwischenkammer
f bewegliche Austragrinne für Schwelkoks
g Rohr für Schwelgas
h selbsttätiges Druckventil
i Paraffinabscheider
k_1 k_2 k_3 wassergekühlte Kondensatoren
l Ölscheider
m Ölvorratbehälter
n Dampfaustrittleitung
o Wasseraustrittleitung
p Kühlwasserpumpe
q Paraffinabzapfleitung
r Kühlwasseraustritt
s Wasserbehälter für *t*
t Dampfkessel
u Dampfeintritt
v_1 bis v_4 Ventile
w Antriebmotor mit Übersetzungsgetriebe
x Hauptkette zum Schließen der Ventile
x_1 bis x_4 Zahnräder zum Schließen der Ventile v_1 bis v_4
y Kette zum Drehen der Ventile
y_1 bis y_4 Zahnräder zur Übertragung der Drehbewegung auf die Ventile v_1 bis v_4
z Antrieb für die Austragschraube *d*



Mengen über das Ventil v_1 in die Vorheizkammer *b*. Nach kurzer Zeit läßt das jetzt geöffnete Ventil v_2 die Kohle in die eigentliche Retorte *c* zu der übrigen, schon der Schwelung unterworfenen Kohle hinzufallen. Am unteren Ende der Retorte trägt die in 18 bis 20 min eine Umdrehung ausführende Austragschraube *d* den Schwelkoks langsam aus, der bei geöffnetem Ventil v_3 in die Zwischenkammer *e* und von dort durch die bewegliche Austragrinne *f* zum Ablöschen und zum Sieben geht.

Die erforderliche Wärme wird als überhitzter, niedrig gespannter Dampf bei *u* am Unterteil der Retorte *c* eingeführt. Beim Aufsteigen durch die Beschickung macht er die flüchtigen Kohlenwasserstoffe aus der Kohle frei, die dann am Kopf der Retorte durch das Rohr *g* zusammen mit dem jetzt aus Sattdampf bestehenden Wärmeträger entweichen. Das an dem äußeren Ende dieses Rohres liegende Ventil *h* bildet einen wesentlichen Bestandteil der Anlage. Es wird mit Hilfe eines besonderen Dampfzylinders in Abständen von etwa 8 bis 10 s geöffnet und geschlossen. In diesem Zeitraum kann der Dampfdruck im Innern der Retorte auf etwa 1,4 bis 1,6 at abs steigen. Bei dem schnellen Öffnen des Ventils tritt eine plötzliche Druckverminderung innerhalb der Retorte ein, die ein augenblickliches Freiwerden der Kohlenwasserstoffe aus der Kohle bewirkt und diese in einer schützenden Dampfhülle mit großer Geschwindigkeit in kühlere Zonen abführt. Durch diese Art der Abführung der Schwelerzeugnisse ist die gesamte Menge an flüssigen Kohlenwasserstoffen greifbar; die bei andern Verfahren auftretenden Kosten für die Aufbewahrung, Behandlung usw. der gasförmigen Erzeugnisse sind also nicht vorhanden.

Abb. 1 zeigt die Kondensationsanlage. Die Ventile v_1 bis v_4 werden gemeinsam durch die Kette *x* und die Übertragungsgetriebe x_1 bis x_4 nacheinander betätigt. Eine zweite endlose Kette *y* mit den Übertragungsgetrieben y_1 bis y_4 dreht die Ventile in bestimmten Zeitabständen, um die völlige Gasdichtigkeit der ganzen Anlage zu wahren. Die Retorte ist aus Gußeisenplatten aufgebaut, die sich durch die Einwirkung des überhitzten Dampfes schnell mit einer widerstandsfähigen Schicht überziehen, die jede Vermauerung im Innern der Retorte unnötig macht.

Das Plaßmann-Verfahren ist von der Chemisch-Technischen Gesellschaft m. b. H., Duisburg (CTG), ausdrücklich zur Veredlung besonders von geringwertigen Brennstoffen entwickelt worden[2]). Die Beschickung des als Rundzellenofen ausgebildeten, stetig betriebenen Ofens wird in vollkommener Ruhe unter bestimmtem, die Gefügebildung des Schwelkokses günstig beeinflussenden Druck verschwelt. Der ganz aus Eisen erbaute Ofen, Abb. 2 und 3, besteht aus fünf, im Innern in zahlreiche miteinander in Verbindung stehende Kammern unterteilten Hohlzellen, die durch die Heizgasleitung *c* gleichmäßig von Heizgasen durchströmt werden. Die Heizgase werden durch den die Heizgasleitung *c* umgebenden Zylinder *d* in die Abgasleitung *e* abgelassen. Der ortfeste Rundzellenofen ist von dem auf den Rollen *g* laufenden Blechmantel *f* umgeben, der in Verbindung mit dem in die Ringtasse *i* tauchenden Blechring *h* trotz der mechanischen Beweglichkeit des Mantels dem Ofen einen sicheren Abschluß gegen die Außenluft verleiht.

Die zu verarbeitende Rohkohle gelangt aus dem Vorratbehälter *t* mittels der Förderschnecke *v* in den Sammelschacht *w*, in dem die vier wagerechten Schnecken *x* zwischen je zwei Hohlzellen *b* verlegt sind. Die durch die Kegelräder *y* von der senkrechten Welle *z* angetriebenen Förderschnecken *x* pressen die Kohle in Verbindung mit dem Führungsblech d_1 unter bestimmtem Druck in den zwischen zwei Hohlzellen gebildeten Beschickungsraum. Der fertig geschwelte Koks wird durch den unmittelbar neben dem Schneckenführungsblech d_1 liegenden schweren Austragkeil g_1 aus den einzelnen Rundzellen in den Koksschacht i_1 ausgetragen. Der infolge des auf die Beschickung ausgeübten Druckes stückig anfallende Koks fällt in die ortfeste Rinne *m* und wird von hier durch Kratzer in die Rutsche *s* und durch eine Schleuse oder einen Wasserverschluß unter Abschluß der Luft ausgetragen. Die Schwelgase werden aus dem Ofen durch den Sammelzylinder *k* und die Leitung *l* zur Kühl- und Waschanlage abgesaugt. Der Ofenmantel macht je nach der Beschaffenheit der zu verschwelenden Kohlen eine Umdrehung in 5 bis 6 h. Der anfallende Schwelkoks und Urteer ist nach den Ergebnissen der seit September 1925 betriebenen Versuchsanlage der CTG bei Duisburg von guter Beschaffenheit. Die günstigen Ergebnisse mit diesem Ofen haben zum Bau eines großen Rundzellenofens geführt, der täglich 50 t Staub durchsetzt.

[M 799] Pr.

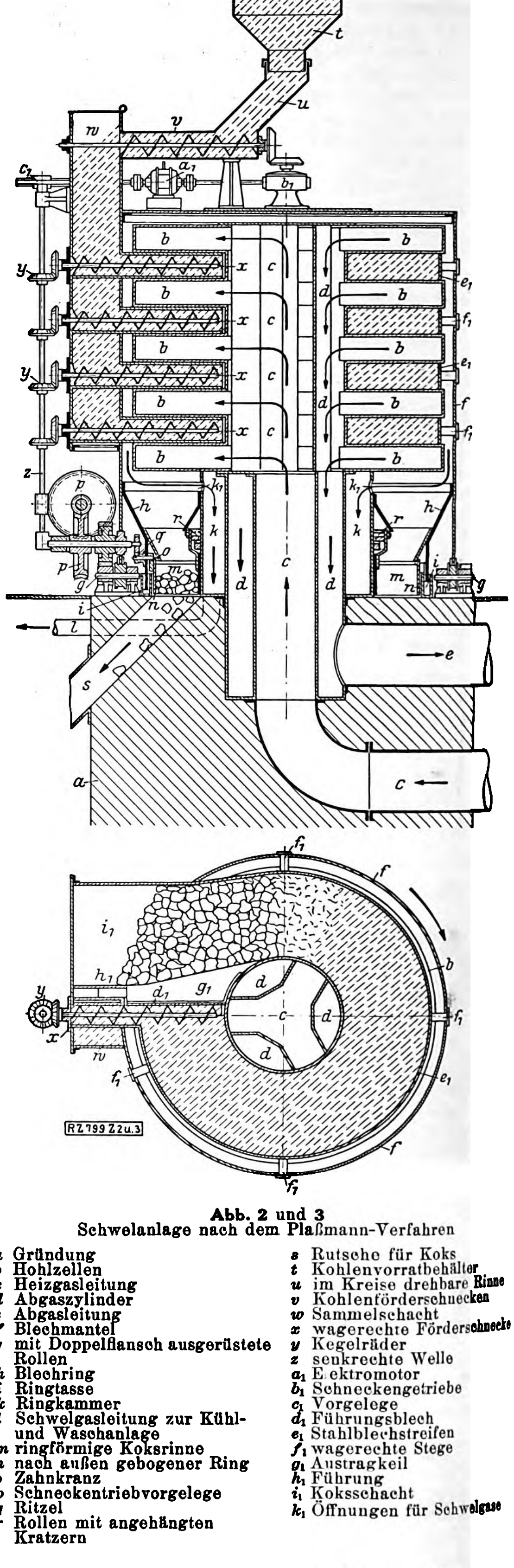


Abb. 2 und 3
Schwelanlage nach dem Plaßmann-Verfahren

a Gründung
b Hohlzellen
c Heizgasleitung
d Abgaszylinder
e Abgasleitung
f Blechmantel
g mit Doppelflansch ausgerüstete Rollen
h Blechring
i Ringtasse
k Ringkammer
l Schwelgasleitung zur Kühl- und Waschanlage
m ringförmige Koksrinne
n nach außen gebogener Ring
o Zahnkranz
p Schneckentriebvorgelege
q Ritzel
r Rollen mit angehängten Kratzern
s Rutsche für Koks
t Kohlenvorratbehälter
u im Kreise drehbare Rinne
v Kohlenförderschnecken
w Sammelschacht
x wagerechte Förderschnecke
y Kegelräder
z senkrechte Welle
a_1 Elektromotor
b_1 Schneckengetriebe
c_1 Vorgelege
d_1 Führungsblech
e_1 Stahlblechstreifen
f_1 wagerechte Stege
g_1 Austragkeil
h_1 Führung
i_1 Koksschacht
k_1 Öffnungen für Schwelgase

[2]) „Brennstoffchemie“ Bd. 8 (1927) S. 183.

Der Fiat-Ofen in der Stahlformgießerei

Von Dipl.-Ing. E. W i d d e l, Magdeburg

Umstellung einer Kleinbessemerei auf Elektrostahlbetrieb — Beschreibung des Fiat-Ofens — Wirkungsweise der elektrischen Einrichtung — Versuche über Wirtschaftlichkeit der Schmelzleistung — Schrotbeförderung — Betriebszahlen

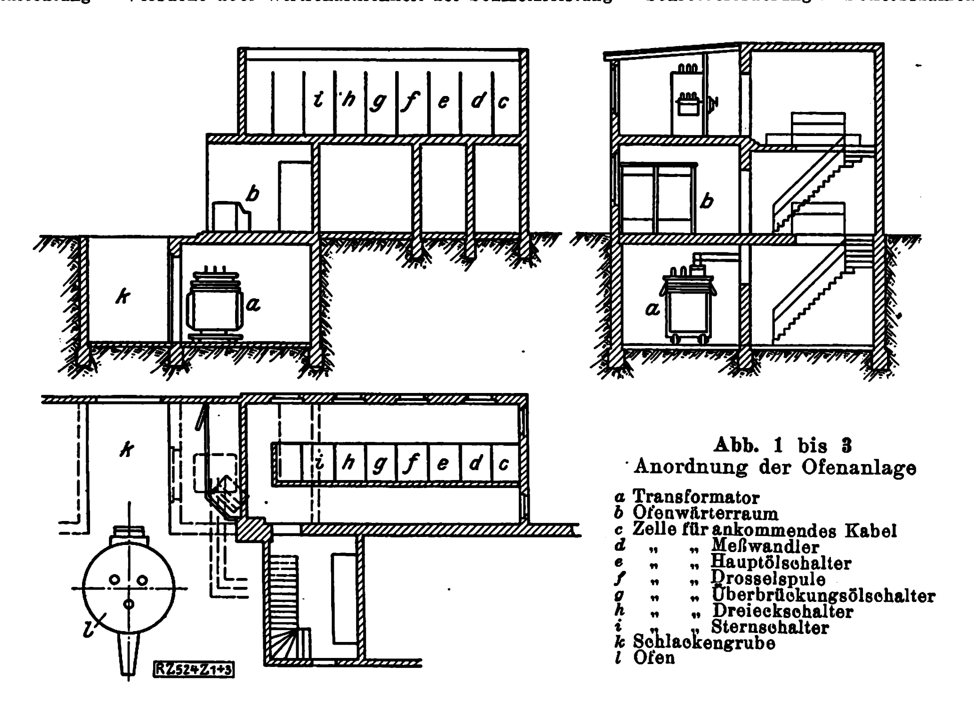


Abb. 1 bis 3
Anordnung der Ofenanlage

a Transformator
b Ofenwärterraum
c Zelle für ankommendes Kabel
d „ „ Meßwandler
e „ „ Hauptölschalter
f „ „ Drosselspule
g „ „ Überbrückungsölschalter
h „ „ Dreieckschalter
i „ „ Sternschalter
k Schlackengrube
l Ofen

Als vor rd. 20 Jahren die Firma Schäffer & Budenberg, Magdeburg-Buckau, in der alten Garrett-Smithschen Fabrik für ihren eigenen Bedarf eine Stahlgießerei einrichtete, da ahnte wohl niemand, daß die Nachfrage nach Stahlgußarmaturen sich so schnell steigern würde. Die nach dem Weltkriege einsetzende Entwicklung der Dampferzeugung für hohe und höchste Drücke und Temperaturen brachte ganz andre Forderungen an die Stahlgußarmaturen hinsichtlich der Menge und auch vor allem der Güte.

Die Firma Schäffer & Budenberg wendete bis zur Einführung des elektrischen Schmelzverfahrens in ihrer Stahlgießerei das Klein-Bessemer-Verfahren an. Sie hat zu diesem Zweck zwei Kuppelöfen von je 4 t Stundenleistung und drei Klein-Bessemer-Birnen von je 2 bis 3 t Fassungsvermögen. In den Öfen wird ein Stahlformguß erzeugt, der den Anforderungen, die bezüglich der Güte an Armaturen für höchste Drücke gestellt werden, gerecht wird, vor allem hinsichtlich der physikalischen Forderungen, also Bruchfestigkeit, Streckgrenze, Dehnung, Kerbzähigkeit und Biegung.

Die Hauptschwierigkeiten bietet in der Bessemerei die Beseitigung des Phosphors und des Schwefels im Stahlguß. Beim Niederschmelzen der Roheisen-Schrot-Mischung im Kuppelofen wird durch den Schmelzkoks der Schwefel in der Schmelze angereichert. Ein Abbrand des Phosphors in der Bessemerbirne, die nach dem saueren Verfahren arbeitet, erfolgt nicht, des Schwefels in nur ganz geringem, kaum nennbarem Maße. Will man also einen einigermaßen reinen Werkstoff erhalten, so muß von vornherein das zur Stahlerzeugung erforderliche Roheisen möglichst wenig Phosphor und Schwefel enthalten, der Schrot möglichst frei von diesen Bestandteilen und schließlich der Füll- und Schmelzkoks möglichst frei von Schwefel sein. Diese Forderung bedingt natürlich teure Rohstoffe und außerdem sorgfältige Überwachung des ganzen Schmelzvorganges, abgesehen von allen andern Umständlichkeiten des Bessemer-Verfahrens.

Als daher vor einigen Jahren die bisherige Stahlerzeugungsanlage erneuert werden sollte, mußte man ernstlich erwägen, ob das bisherige Verfahren beizubehalten war. Wohl gab der Gedanke an die Umstellung des Betriebes auf ein andres Verfahren zu allerlei Bedenken Anlaß, diese mußten aber vollkommen zurücktreten gegenüber den Forderungen nach Erhöhung der Leistungsfähigkeit, Erhöhung der Wirtschaftlichkeit, der Güte des Werkstoffes und des gleichmäßigeren Flusses der Arbeit. Eine reine Steigerung der Erzeugungsmenge ließ sich auch noch in der Bessemerei erreichen, wenn auch mit Schwierigkeiten. Man mußte sich aber vor allem von dem Ankauf hochwertiger und teurer Rohstoffe freimachen, ferner die Arbeitsverfahren verbilligen und die aufzuwendenden Lohnsummen verringern. Zugleich mußte danach getrachtet werden, die zahlreichen Abfälle in den mechanischen Werkstätten an Drehspänen, Schrot und dergl. im eigenen Betrieb wieder zu verwenden und mit Sicherheit hochwertige Werkstoffe hieraus zu erzeugen.

Die Art der Herstellung erfordert zum größten Teil sehr dünnwandige Stücke, die nur mit heißem Stahl vergossen werden können. Man hätte hierzu auch heißlaufende Siemens-Martin-Öfen verwenden können; infolge der überragenden Eigenschaften des Elektrostahles nahm man davon Abstand, solche Öfen aufzustellen. Den nicht geringsten Grund für die Entscheidung gab die Forderung eines großen Teiles der Abnehmer nach Elektrostahlguß.

Seit dem Jahre 1907 hat sich der Elektroofen in der Stahlgießerei Eingang verschafft. Er wird heute in allen Zweigen der Gießerei als Schmelzofen benutzt. Der Grund hierzu liegt in den Vorteilen, die die Elektrizität als Wärmequelle bietet. Die große Reinheit der Wärmequelle und ihre chemische Indifferenz ermöglichen bei Verwendung minderwertigen Einsatzes die Durchführung weitgehender Raffination und vermindern den Abbrand. Die Verwendung des elektrischen Stromes als Wärmequelle gewährleistet eine genaue und rasche Regelung der Temperatur des flüssigen Bades. Ein weiterer Vorteil der Lichtbogenöfen ist die hohe Betriebsbereitschaft und damit die leichte Anpassung an wechselnde Betriebsverhältnisse.

Man hat die Bauart Fiat gewählt, die von der Demag in Gemeinschaft mit der AEG hergestellt wird. Der Ofen ist für 5 t festen Einsatz basisch ausgelegt und dient

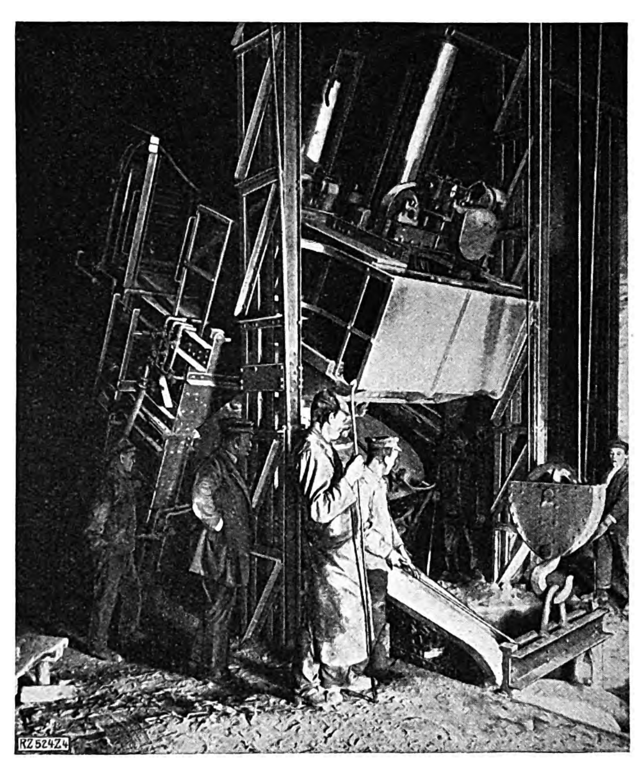


Abb. 4
Ofen in Kippstellung

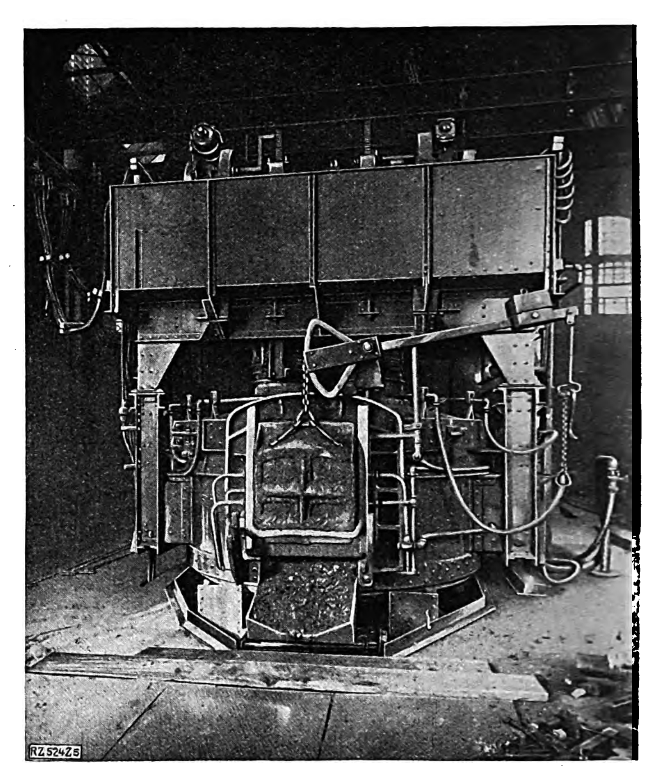
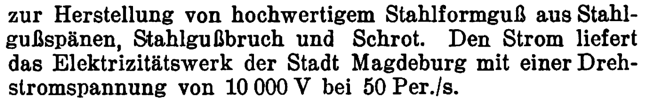


Abb. 5
Rückansicht des Ofens; Schafftür.



zur Herstellung von hochwertigem Stahlformguß aus Stahlgußspänen, Stahlgußbruch und Schrot. Den Strom liefert das Elektrizitätswerk der Stadt Magdeburg mit einer Drehstromspannung von 10 000 V bei 50 Per./s.

Die Unterbringung der Anlage, Abb. 1 bis 3, in dem vorhandenen Gebäude zeigt, auf welch engem Raum eine Elektroofenanlage im Gegensatz zu allen andern Schmelzöfen zusammengedrängt werden kann, ohne die Uebersichtlichkeit zu verlieren und die Bedienung zu erschweren. Die elektrische Einrichtung ist in drei Stockwerken untergebracht. Auf die Gesundheit der Arbeiter und auf kurze Laufwege wurde Rücksicht genommen; besondern Wert legte man auf kurze und bequeme Leitungsführung, insbesondere zwischen Transformator und Ofen, und auf gute Übersichtlichkeit der Anlage.

Im Kellergeschoß, in unmittelbarer Nähe des Ofens, befindet sich der Transformator mit Ölrückkühlanlage. Etwas über Hüttenflur erhöht liegt der Ofenwärterraum, in dem sämtliche Geräte und Instrumente, die zur Bedienung und Überwachung der Ofenanlage dienen, untergebracht sind. Der Raum ist durch eine Glaswand vom Ofenraum getrennt, um von hier aus alle Vorgänge am Ofen gut beobachten zu können, so daß ein besonderer Steuermann überflüssig ist.

Im Zwischengeschoß sind die Umformer für die Elektroden-Reglermotoren und für die Schrot- und Späneförderanlage und im dritten Geschoß die Hochspannungsschaltanlage und die Meßgeräte des Elektrizitätswerkes untergebracht. Die Hochspannungsschaltanlage enthält die Schaltgeräte, die von der Ofenwärterkabine aus ferngesteuert werden, die Meßwandler und eine überbrückbare Drosselspule. Der Bedienungsgang der Schaltanlage ist vom eigentlichen Hochspannungsraum durch eine Wand vollständig abgeschlossen. Die Geräte können nach der dem Bedienungsgang gegenüber liegenden Wand ausgefahren werden.

Beim Demag-Fiat-Ofen hat man jede der drei Elektroden mit einer fernrohrartigen Konstruktion umgeben, die auf der ganzen stromführenden Länge der Elektroden zwischen Klemme und Deckelgewölbe als Kühl- und Dichtungsvorrichtung dient. Sie schließt also nicht nur die Elektrodendurchführung durch das Deckelgewölbe vollkommen gasdicht ab, sondern gestattet auch die Einführung von Wasser zum Kühlen der Elektroden. Die Kühl- und Dichtungsvorrichtung mit Ausziehrohr hat einen weiteren Vorteil darin, daß sie das Wachsen des Deckels durch ihre Nachgiebigkeit nicht behindert. Infolge des gasdichten Abschlusses und der Kühlvorrichtung ist der Elektrodenverbrauch sehr gering.

Die drei Elektrodenarmaturen sind in einer Brückenkonstruktion zusammengebaut, die während des Betriebes begehbar ist, Abb. 4. Bei Verwendung bester amerikanischer Graphitelektroden erreicht man bei verhältnismäßig kleinen Querschnitten hohe Leistungsfähigkeit.

Da auch die Schafftür, Abb. 5, infolge eines wassergekühlten Türrahmens, dessen oberer Querbalken durch das ganze Mauerwerk in den Ofen hineinführt, sehr dicht schließt, tritt während des ganzen Schmelzvorganges lebhaft Gas unter der Tür aus, die deshalb um einen kleinen Spalt offen gehalten wird. Der Ofen arbeitet also unter Druck; während des Ofenganges wird keinerlei Luft angesaugt.

Gegenüber der Schafftür befindet sich über der Gießgrube die Auslaufschnauze. Der ganze Ofen mit Brücken-

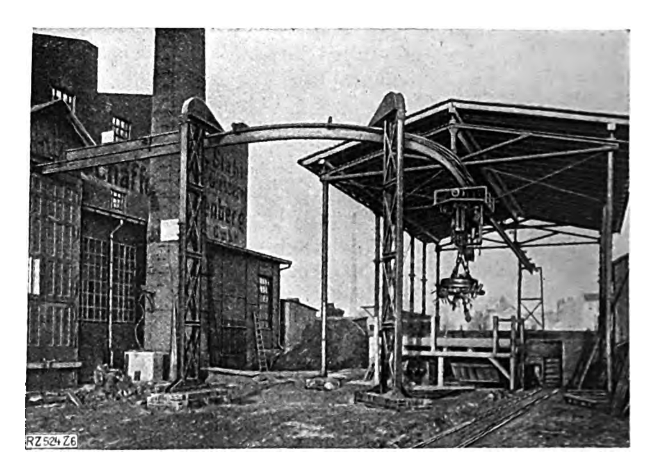


Abb. 6
Förderanlage für Späne und Schrot

aufbau ist nach dem Abwälzverfahren kippbar eingerichtet und wird zum Ausgeben des Stahles in die Gießpfanne nach vorn gekippt, Abb. 4.

Der Ofen, der sich seit dem 19. November 1926 ununterbrochen im Betriebe befindet, ist basisch zugestellt, und zwar sind der Herd und das Futter in Dolomit aufgestampft. Das Deckelgewölbe besteht aus Silikaformsteinen. Der Deckel ist leicht auswechselbar eingerichtet. Ein zweiter Deckelring liegt stets ausgemauert bereit. Die Bedienungsbrücke wird zum Auswechseln des Deckels mit der gesamten Elektrodenarmatur mit einem Kran abgehoben. Hierzu sind nur vier Keile und die Steckkontakte der stromführenden Kabel sowie einige Schläuche für die Wasserkühlung zu lösen. In rd. 1 h kann man das Deckelgewölbe auswechseln.

Die von der Firma C. Rudolph & Co., Magdeburg-N., gelieferte Förderanlage für Späne, Steiger, Bruch und Schrot, Abb. 6, ist als Hängebahn mit Führersitzkatze und Lasthebemagnet ausgebildet. Mittels der Anlage werden die Rohstoffe für die Stahlerzeugung aus den Eisenbahnwagen in die einzelnen Bunker entladen und die Spänezerkleinerungsanlage bedient; ferner werden mit der Hängebahn die Rohstoffe an den Ofen gebracht und die Schlacke aus dem Schlackenkeller entfernt.

Das für die Kühlung des Ofenmantels, der Schafftür, der Elektrodenarmatur und des Transformatoröles erforderliche Kühlwasser wird einem Brunnen entnommen und durch einen Sickerschacht wieder rückgekühlt.

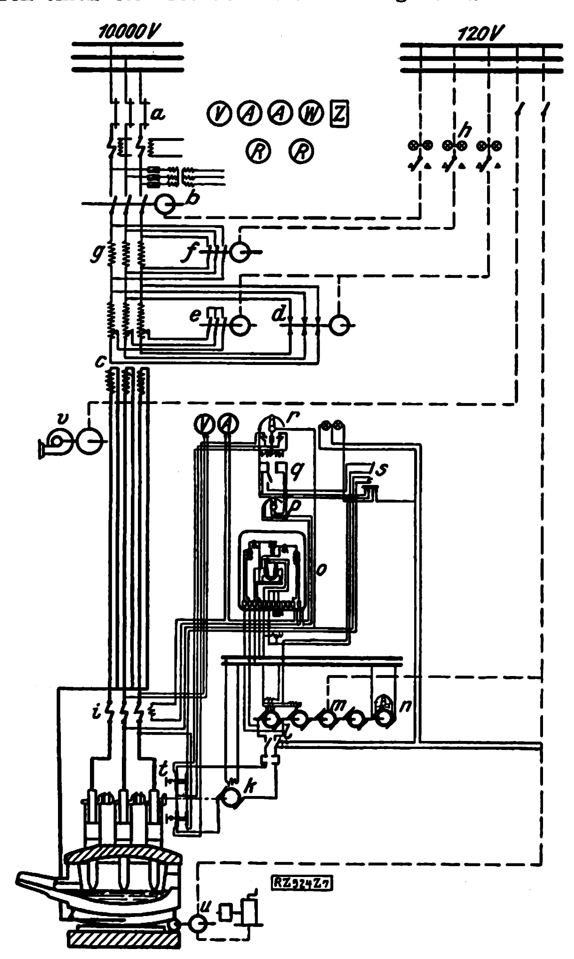


Abb. 7
Schaltbild der Ofenanlage

a Trennschalter
b Hauptölschalter
c Ofentransformator
d Ölschalter für Dreieckschaltung
e „ „ Sternschaltung
f „ „ Überbrückung der Drosselspule
g Drosselspule
h Betätigungshebel mit Signallampen
i Schienenstromwandler
k Elektrodenwindenmotor
l Anlaßdynamo
m Umformermotor
n Erregermaschine
o Tirillschnellregler
p Regler für Schmelzstromeinstellung
q Umschalter
r Regler für Handeinstellung
s Ofen-Nullspannungsschütze
t Endschalter
u Kippantrieb
v Ölpumpe

Der Ofentransformator ist für eine Dauerleistung von 1450 kVA bemessen und kann während der Einschmelzzeit auf 1800 kVA überlastet werden. Eine Ölpumpe von 540 l/min Leistung erhält das Transformatoröl durch Kühlschlangen, die in einem Wasserbehälter ruhen, dauernd im Umlauf. Besondere Anzeigevorrichtungen, die in dem Ofenwärterraum angebracht sind, machen den Ofenwärter darauf aufmerksam, wenn entweder die Ölpumpe versagt oder die Temperatur im Transformator die zulässige Höhe überschreitet. In die Ölumlaufleitung ist noch ein Luftabscheider eingebaut.

Die Niederspannung kann durch Anzapfungen an der Oberspannungswicklung verändert werden. Normalerweise ist die Spannungsstufe für 180 V während des Einschmelzens angeschlossen, wobei die Oberspannungswicklung in Dreieck geschaltet ist. Die Transformatorspannung für den Verfeinerungsabschnitt von 115 V wird durch Umschaltung auf Stern bei gleichzeitigem Übergang auf eine andre Anzapfung erreicht.

Während des Einschmelzens treten Belastungsstöße auf; der Ofenbetrieb ist hierbei im ganzen unruhiger als während des Raffinierens, weil in dem festen Einsatz der Lichtbogenwiderstand stark schwankt. Das Schwanken des Lichtbogenwiderstandes hat seine Ursache im Nachstürzen des Einsatzes und im Herabfallen von Schrotstücken gegen die Elektrodenspitzen. Die Belastungsstöße dürfen natürlich nicht ungeschwächt in das städtische Netz gelangen. Um dies zu verhindern, wird während des Einschmelzens eine Drosselspule vor den Transformator geschaltet, die die Belastungsstöße in den gewünschten Grenzen hält. Die Reaktanzspule hat einen Eisenkern mit Luftspalt. Sie ist, wie ein Transformator, in einen ölgefüllten Kasten eingebaut. Zur Einstellung der Drosselwirkung sind mehrere Anzapfungen angeordnet.

Während des Raffinierens, d. h. sobald der Einsatz flüssig geworden ist, wird die Drosselspule durch einen Schalter überbrückt, nachdem der Transformator auf niedrige Spannung umgeschaltet ist.

Der Schmelzstrom, der sich in den Grenzen von 4000 bis 6000 A bewegt, wird von den Sekundärableitungen des Transformators bis in die Nähe des Ofens durch Stromschienen geleitet, die geteilt verlegt sind. Zu diesem Zwecke sind Anfang und Ende der Transformatorwicklung, die in zwei parallele Zweige unterteilt ist, über die Deckel geführt, so daß von jeder Phase vier Sekundärschienen herausragen, an die die Flachkupferleitungen angeschlossen sind. Unmittelbar vor dem Ofen sind von jeder Phase zwei Schienen zum Sternpunkt vereinigt, während von den beiden andern biegsame Kabel zu den Elektrodenklemmen abgehen. Diese Art der Leitungsführung vermindert die Streufelder wesentlich und drückt die Wirbelstromverluste herab.

Die Elektroden werden rein elektrisch geregelt. Jede Elektrode ist mit einem Windenmotor ausgerüstet, der aus einer Dynamomaschine in Leonardschaltung gespeist wird. Die Feldwicklung der Dynamomaschine wird durch Tirill-Schnellregler gesteuert. Der Leonardumformer besteht aus drei Dynamomaschinen, dem Antriebmotor und der Erregermaschine. Die selbsttätige Elektrodenregelvorrichtung ist sehr empfindlich und elastisch. Die Geschwindigkeit der Elektrodenbewegung wächst und sinkt mit der Größe der augenblicklichen Abweichung des Elektrodenstromes vom unverändert zu haltenden Wert. Der Strom im Motorkreis wird überhaupt nicht gesteuert, sondern nur der ganz geringe Erregerstrom der Anlaßmaschine durch die zwei Tirillkontakte, die durch ihre hohe Schwingungszahl nur äußerst feinstufige Änderungen hervorrufen. Das Hubwerk der Elektroden ist nach oben und unten durch Endausschalter mit Leuchtsignalen auf dem Schaltpult begrenzt.

Zu den Hilfsantrieben gehört noch der Motor für die Ofen-Kippvorrichtung. Die Kippbewegung, die durch Zahnradvorgelege und Zahnstange erfolgt, ist nach beiden Seiten: nach vorn zum Ausgießen des fertigen Stahles, nach hinten zum Abziehen der Schlacke, durch Endausschalter begrenzt.

Die grundsätzliche Schaltung der elektrischen Ausrüstung der Ofenanlage zeigt Abb. 7. Vom 10 000 V-Kabel

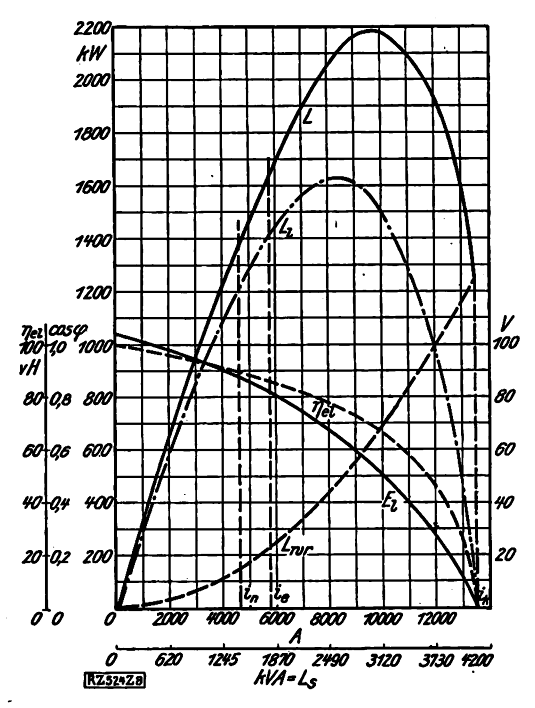


Abb. 8
Arbeitsverhältnisse bei 180 V mit Drosselspule
$i_k = 2{,}9\ i_n$

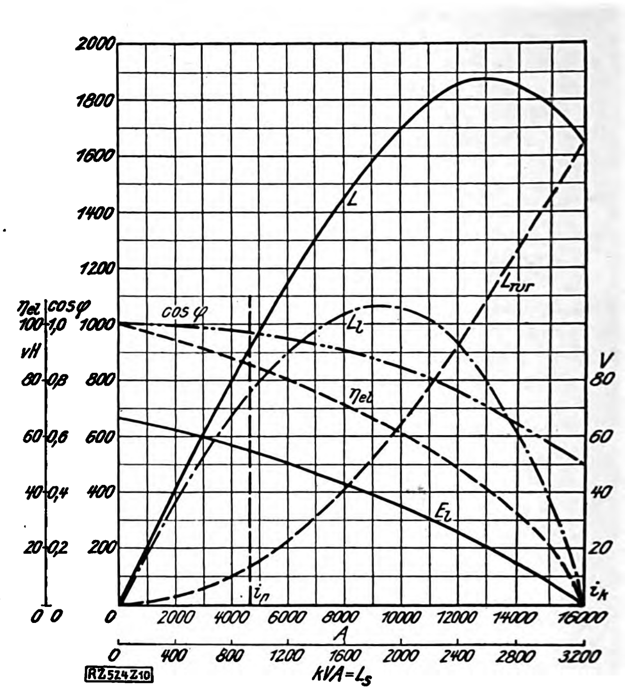


Abb. 10
Arbeitsverhältnisse bei 115 V ohne Drosselspule
$i_k = 2{,}2\ i_n$

wird der Strom über den Trennschalter *a*, Hauptölschalter *b* zum Ofentransformator *c* geführt. Die Oberspannungswicklung schaltet man von Dreieck auf Stern und umgekehrt mittels der beiden Ölschalter *d* und *e* um, die gegenseitig in der Weise verriegelt sind, daß sich jeweils nur einer von ihnen in der Einschaltstellung befinden kann. Ein weiterer Ölschalter *f* dient zum Überbrücken der Drosselspule *g*.

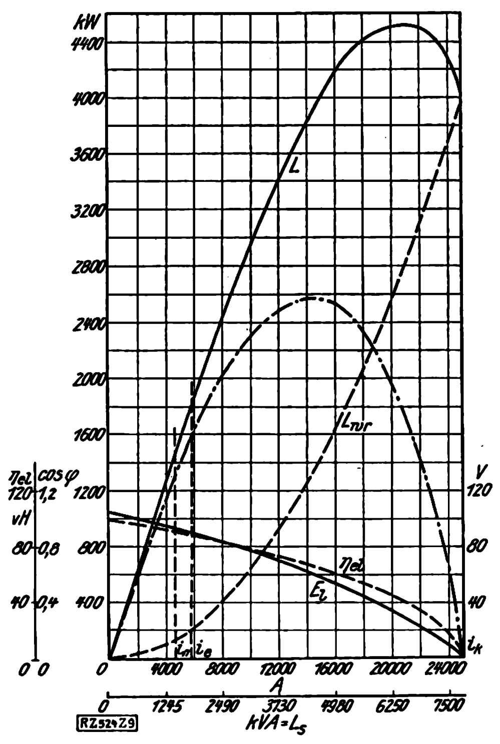


Abb. 9
Arbeitsverhältnisse bei 180 V ohne Drosselspule
$i_k = 5{,}4\ i_n$

Erklärung zu Abb. 8 bis 10

L zugeführte Leistung kW
L_{vr} Verlustleistung kW
L_l Lichtbogenleistung kW
L_s Transformator-Scheinleistung kVA
E_l Lichtbogenspannung V
$\eta_{el} = \frac{L_l}{L}$ Wirkungsgrad
$\cos\varphi = \frac{L}{L_s}$ Leistungsfaktor
i_n Nennstrom A
i_e Einschmelzstrom A
i_k dreiphasiger Kurzschlußstrom A

Sämtliche Ölschalter haben elektrische Fernantriebe und werden mittels des Hebels *h* von der Schalttafel aus geschaltet, wobei die Schalterstellung durch Signallampen gekennzeichnet wird. Weiter befinden sich auf der Oberspannungsseite die nötigen Meßgeräte.

Zum Schutze des Transformators sind außer den üblichen Überstromauslösungen ein Kontaktthermometer und eine Rückschlagklappe in Ölumlauf mit Signaleinrichtungen angeordnet.

An die Niederspannung des Transformators ist die Elektrodenregelvorrichtung angeschlossen. Die Regelgeräte, in Abb. 7 für eine Phase gekennzeichnet, sind an die Schienenstromwandler *i* angeschlossen. Die Elektrodenwindwerke werden durch umsteuerbare Gleichstrommotoren *k* angetrieben, die in Leonardschaltung von je einem Stromerzeuger *l* gespeist werden. Die Stromerzeuger haben zwei Feldwicklungen, die durch Tirillschnellregler *o* beeinflußt werden. Die eine Feldwicklung ist unverändert erregt, während die zweite, die ein entgegengesetztes Feld erzeugt, einen festen Widerstand hat, der durch den Tirillschnellregler periodisch geschlossen oder geöffnet wird. Hierdurch verändert sich die Ankerspannung der Stromerzeuger in außerordentlich feinen Stufen, je nach der erforderlichen Elektrodenbewegung zwischen positiven und negativen Höchstwerten. Die Feldwicklungen und Magnetspulen werden durch die Erregerdynamo *n* erregt. Der Leonardumformer wird durch den Drehstrommotor *m*, der an das Drehstrom-Niederspannungsnetz angeschlossen ist, angetrieben.

Regler *p* dient zum Einstellen der Schmelzstromstärke, Hebelumschalter *q* zum Umstellen der Elektrodenregelvorrichtung von selbsttätigem auf Handbetrieb; die Windenmotoren werden hierbei mittels des Feldreglers *r* gesteuert. Schütze *s* und Endschalter *t* sichern gegen Ausbleiben der Ofenspannung und zu weite Bewegung der Elektroden.

Der Kippantrieb *u* und der Ölpumpenmotor *v* sind an das Drehstrom-Niederspannungsnetz angeschlossen.

Um die Arbeitsweise des Ofens bei den vorliegenden Verhältnissen in anschaulicher Weise darstellen zu

können, wurde eine Kurzschlußmessung ausgeführt. Zu dem Zwecke wurden die drei Elektroden während des Verfeinerungsabschnittes bei Sternschaltung und vorgeschalteter Drosselspule in das Bad eingetaucht, wobei auf der Primärseite folgende Werte abgelesen wurden: 1. Netzspannung 9800 V, 2. Strom 135 A, 3. Leistungsaufnahme 900 kW.

Auf Grund der Ergebnisse wurden die Kurzschlußdreiecke für die verschiedenen Schaltungen mit und ohne Drosselspule aufgezeichnet und aus diesen die Rieckeschen Kurven entwickelt.

Abb. 8 stellt die Verhältnisse bei der hohen Elektrodenspannung mit vorgeschalteter Drosselspule dar, Abb. 9 ohne diese. Man wird also in der ersten Zeit mit Drosselspule arbeiten, da hierdurch der ideale Kurzschlußstrom auf etwa den halben Wert desjenigen ohne Drosselspule herabgedrückt wird. Wenn das Schmelzen entsprechend weit vorgeschritten ist, kann bei gleicher Schmelzstromstärke durch Überbrücken der Drosselspule eine höhere Lichtbogenleistung erreicht werden.

Die Arbeitsweise in der Verfeinerungsperiode mit der niedrigen Elektrodenspannung zeigt Abb. 10. Der Wert der hier in Betracht kommenden Lichtbogenleistung liegt noch wesentlich unter dem Höchstwert.

Wöchentlich werden 22 Chargen zu je 5 t erschmolzen. Eingesetzt werden 2000 kg Stahlspäne, 1000 kg Schmiedeschrot, 2000 kg Steiger und Bruch. Im allgemeinen wird unter zwei Schlacken gearbeitet. Der Abbrand beträgt 4 vH. Für zwei Schichten braucht man insgesamt 6 Mann Bedienung. Die Einschaltdauer beträgt je Charge rd. 4 h. Der Elektrodenverbrauch beträgt rd. 3,5 kg/t flüssigen Stahl, der Energieverbrauch je nach Verwendungszweck des erschmolzenen Stahles, bezogen auf den Einsatz, 700 bis 800 kWh/t. Den Verlauf der Leistungsaufnahme zeigt Abb. 11.

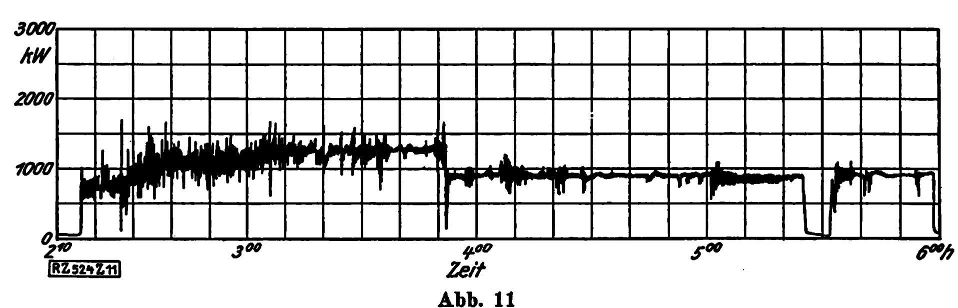


Abb. 11
Verlauf der Leistungsaufnahme [B 524]

Von den Arbeiten im Patentausschuß des Vereines deutscher Ingenieure

Im Laufe dieses Jahres sind die Arbeiten des Patentausschusses insoweit zu einem gewissen Abschluß gekommen, als bei den im Frühjahr im Reichsjustizministerium stattgehabten Vorbesprechungen über die Neugestaltung des Patent-, Gebrauchsmuster- und Warenzeichen-Gesetzes alle Wünsche der beteiligten Kreise gehört worden sind; es gilt zunächst, abzuwarten, inwieweit die Vorschläge der Novellen den geäußerten Wünschen entsprechen werden. Immerhin bleibt es notwendig, im Patentausschuß einzelne Punkte zu behandeln, die den besonderen Nachdruck des Vereines deutscher Ingenieure bei der Neugestaltung des Gegenstandes verdienen.

Hierzu gehört in erster Linie die Präklusivfrist. Man versteht darunter die Bestimmung in § 28 des Patentgesetzes, Abs. 3, die besagt, daß nach Ablauf von fünf Jahren vom Bekanntmachungstage der Erteilung des Patentes an wegen mangelnder Erfüllung der §§ 1 und 2 („ein Patent wird als nichtig erklärt, wenn sich ergibt, daß der Gegenstand nicht patentfähig war"), nicht mehr auf Nichtigkeit geklagt werden kann. Diese Bestimmung ist in der Erwägung in das Gesetz hineingekommen, daß der Patentinhaber endlich einmal zur Ruhe kommen soll, damit er ohne weitere Gefährdung die wirtschaftliche Ausbeutung seines Patentes, die vielfach zu erheblichem Kapitalaufwand führt, in die Wege leiten kann.

Die Wohltat dieser Bestimmung hat sich als richtig erwiesen bei Angriffen gegen wichtige Patente, wenn sich diese Angriffe nur auf die sogenannte papierne Technik stützen konnten. Je bedeutsamer sich ein Patent erweist, desto größer ist der Anreiz, es durch die Nichtigkeitsklage aus dem Wege zu räumen, und so findet sich nicht selten auch noch in späteren Jahren bis dahin völlig unbekannt gebliebenes neuheitschädliches Schrifttum, das man auch beim besten Willen nicht mehr zur lebendigen Technik rechnen kann. Irgendeine verstaubte, viele Jahrzehnte alte Patentschrift oder eine Zeitschriftennotiz vermag das Patent zu Fall zu bringen. Die gesetzliche Bestimmung will diese Möglichkeit nach Verlauf von fünf Jahren ausmerzen.

Demgegenüber hat sich aber auch eine bedenkliche Kehrseite gezeigt. Bei der außerordentlich starken Entwicklung der Technik konnte sich das Patentamt nicht so ausbauen, daß es mit dem Anwachsen des zu prüfenden Stoffes Schritt hielt. Vielfach zeigte sich eine „Zuvielpatentierung", und so kamen Patente heraus, die sich mehr oder minder auf Selbstverständlichkeiten für den Fachmann bezogen. So gering manchmal in solchen Patenten die Erfindungshöhe ist, so bedeutsam kann die Behinderung der Technik in ihrem natürlichen Entwicklungsgange sein. Vielfach wurden nun diese Patente im Schlummer gehalten, bis sie die fünf Jahre überdauert hatten, dann aber trat man mit aller Schärfe plötzlich mit dem Patent hervor, so daß sich eine Art Wegelagerertum entwickelte. Ein solches Verfahren kann zu bedenklichen Zuständen führen. Dazu kam der Grundsatz, daß ein Unrecht (nämlich die Patenterteilung) niemals zum Recht werden sollte.

Die Beurteilung der Präklusivfrist unterliegt daher starkem Wechsel. Will man sie nicht abschaffen, so sucht man einen Mittelweg, den man in einem abermaligen Aufgebot der Patente im vierten Jahre zu finden glaubt, oder auch in einer Bestimmung dahingehend, daß der Stand der Technik jedem Patent gegenüber als Einwand im Verletzungsprozeß geltend gemacht werden kann, derart, daß das, was vorbekannt war, niemals vom Patent erfaßt werden darf.

Ein zweiter Punkt, der im Patentausschuß behandelt wird, ist die schon oben erwähnte Zuvielpatentierung. Es fragt sich, welche Maßnahmen getroffen werden können, um auf der einen Seite zu verhindern, daß Patente erteilt werden, die dem natürlichen Fortschritt der Technik hinderlich sind, auf der andern aber dafür Sorge zu tragen, daß keine Überspannung bezüglich der Erfindungshöhe eintritt, damit das Patentgesetz bleibt, wozu es berufen ist, nämlich ein Mittel, die Technik zu fördern. Zur Klärung wird noch eine Rundfrage an die Bezirksvereine ergehen.

Ein dritter Punkt ist der Vorschlag, alle Reichseingesessenen bezüglich der Möglichkeit, die Priorität festzulegen, gleichzustellen. Der Wunsch geht dahin, daß jemand, der im äußersten Winkel des Reiches oder weitab von Verkehrsmitteln wohnt, in der Lage sein sollte, die Priorität für seine Willenserklärung schon durch die Aufgabe bei der Post (vorgeschlagen ist auch die Hinterlegung beim Amtsgericht) auszulösen.

Es wird ferner für das Patentgesetz und für das Gebrauchsmustergesetz eine Erweiterung gefordert, nach der unter allen Umständen eine der beiden Anmeldungen genügen soll und die andere auch ohne laufenden Antrag später auf die erste Anmeldung zurückgerechnet werden kann. Obgleich das Justizministerium dieser Erweiterung ablehnend gegenüberzustehen scheint, wird sich der Patentausschuß noch einmal damit beschäftigen, weil sie die Rechte der Erfinder in wünschenswerter Weise wahrnimmt.

Schließlich liegt noch eine Anzahl Wünsche und Anregungen aus den Reihen der Vereinsmitglieder vor, die zum größten Teil durch die Besprechungen im Reichsjustizministerium und durch Eingaben an das Ministerium oder an das Reichspatentamt ihre Erledigung gefunden haben.

Bochum [N 1031] Patentanwalt Kuhlemann

RUNDSCHAU

Aus dem Ausland

Eisenhüttenwesen

Neues Blechstreifenwalzwerk der Trumbull Steel Co.

Eine der bemerkenswertesten Entwicklungen in der Anwendung des Walzens von Blechen und breiten Platinen im Dauergang findet man bei dem Warmwalzwerk der Trumbull Steel Co., das im Juni 1927 in Betrieb gesetzt wurde[1]). In dem Walzwerk können 760 mm breite Blechstreifen gewalzt werden und mit geringen Änderungen wird man imstande sein, 915 mm breite Blechstreifen zu walzen. Das Walzwerk, Abb. 1, besteht aus drei Brammenwärmöfen, fünf Duovorgerüsten, drei senkrechten Kantgerüsten, fünf Fertiggerüsten mit je vier Walzen und aus den notwendigen Rollgängen, Warmbetten, Scheren, Wickelmaschinen und andern Hilfsvorrichtungen.

Die Einrichtung sieht ein Auswalzen in gerader Richtung und vollständig mechanische Überwachung der Zeit vor, von der die Bramme die Öfen verläßt, bis ohne weiteres Anwärmen das Walzen beendet ist und der Blechstreifen in gewünschter Länge entweder aufgewickelt oder in flache Bleche abgeschnitten wird. In gerader Richtung bewegt sich das Walzgut ungefähr 170 m von den Wärmöfen bis zu den Scheren oder Wickelmaschinen am Ende des Warmbettes.

Die 3,3 m breiten und 13,4 m langen Wärmöfen werden entweder durch Generator- oder Koksofengas oder durch eine Mischung der beiden Gase geheizt. Die 63.5 mm dicken Brammen haben verschiedene Breiten. Aus dem Ofen ausgestoßen, laufen sie auf dem Rollgang a zum Schrägrollgang a_1 vor dem Kantgerüst I. Kantgerüste sind vor dem Walzgerüst 1 und hinter den Walzgerüsten 2 und 4 eingebaut. Der Kanter I wird von einem 300 PS-Motor und die Kanter II und III durch 100 PS-Motoren angetrieben.

Die vier ersten Vorgerüste mit Walzen von 750 mm Dmr. und 915 mm Länge werden über Kegelräder und ein Vorgelege von einem 1500 PS-Motor angetrieben. Das Vorgerüst 5 und die Fertiggerüste 6 und 7 werden über Kegelräder von einem 5000 PS-Motor mit Reduktionsgetriebe angetrieben. Jedes der drei andern Fertiggerüste hat einen besonderen Antriebmotor von 2000 PS. Die Arbeitswalzen dieser fünf Fertiggerüste haben 405 mm Dmr. und sind 1065 mm lang, die Druckwalzen 812 mm Dmr. und dieselbe Länge. Alle Walzen der Fertiggerüste laufen in Rollenlagern. Die Walzen werden elektrisch verstellt, und zwar hat jede Schnecke ihren eigenen Motor. Die beiden Motoren können unabhängig voneinander oder zusammen laufen.

Wenn der fertige Streifen das letzte Gerüst mit einer Geschwindigkeit, die zwischen 190 und 323 m/min schwankt, verlassen hat, wird er auf einem Rollgang zum 14,6 m breiten und 50 m langen Doppelwarmbett geführt. An beiden Seiten liegen Rollgänge zum Befördern der Streifen zur Schere. Wenn die Streifen gewickelt werden sollen, so werden sie auf dem mittleren Rollgang zur Wickelmaschine gebracht, vor der eine Schere zum Abschneiden der Enden eingebaut ist. Die gewickelten Bündel werden auf ein Förderband gestoßen, auf dem sie noch langsam abkühlen, bis sie am Ende des Förderbandes durch einen Magneten abgehoben werden können. Hinter den Scheren mit 1065 mm langen Messern befinden sich besonders konstruierte Blechstapler. Die Streifen können in Längen von 9,75 m bis zu einer Höhe von 450 mm gestapelt werden.

Alle Walzwerkmotoren sind für veränderliche Umdrehungszahl eingerichtet. Die Rollenlager der vier Fertiggerüste und der Kantgerüste, alle Kegelräder zu deren Antrieb, die Antriebwellenlager und Übersetzungsgetriebe, mit Ausnahme des Kegelräderantriebes der ersten vier Vorgerüste werden mittels einer Druckschmierung (2,5 at Druck) geschmiert. [M 944]

Amberg H. Illies

[1]) Vergl. „The Iron Age" Bd. 120 (1927) S. 693.

Bergbau

Die Erzbergwerke Frankreichs nach dem Weltkriege

Einer umfangreichen Arbeit von A. Pawlowski[1]) über die Vorkommen und die Ausbeutung von Erzen in Frankreich seit dem Ende des Weltkrieges sind die folgenden Angaben entnommen. Die reichen Eisenerzvorkommen Frankreichs haben in der Vergangenheit viel mehr Beachtung gefunden als seine Schätze an Erzen der übrigen Metalle, die von der Industrie nicht gebührend verwertet worden sind.

Antimon. Stibnite finden sich in vielen Gegenden Frankreichs, so in der Bretagne, in den Départements Vendée, Haute-Loire, Lozère und Cantal, ferner Hérault und in Korsika. Vor dem Kriege förderte das Département Mayenne allein fast die Hälfte alles französischen Antimons in den Gruben zu Lucette und Genest, die 5000 t mit 50 vH Gehalt an Metall lieferten. Im Laufe des Krieges wurden die Betriebe stillgelegt, dann wegen des Heeresbedarfes wieder aufgenommen, so daß die Förderung im Jahre 1919 13 414 t, 1920 11 900 t und 1921 14 050 t betrug und nach dem heftigen Sturz des Antimonpreises im Jahre 1925 auf 2127 t zurückging. Ihr Metallgehalt schwankte zwischen 15 und 50 vH. Die Stibnite der Vendée waren für die Landesverteidigung weitgehend herangezogen worden, schließlich nahm die Förderung immer mehr ab und wurde anfangs 1926 aufgegeben. Trotz der ungünstigen Wirtschaftslage wurden die Vorkommen in Véronnière ein Jahr lang planmäßig untersucht, doch zeigten sie nicht die erwartete Ergiebigkeit. Die Antimongruben des Massif Central (Haute-Loire, Lozère u. a.) haben von jeher Krisen durchgemacht, und seitdem der Bedarf nach dem Kriege immer geringer wurde, fiel die Förderung auf 733 t im Jahre 1925.

Infolgedessen wurden alle Arbeiten in den Erzgängen des Puy-de-Dôme (le Colombier, Messeix, Chaumadoux), in Lozère und in anderen Gegenden untersagt. Schließlich wurden 1925 auch die Gruben in Haut-Vienne stillgelegt, deren Förderung sich im Jahre 1922 auf 1328 t belief und

[1]) „Le Génie Civil" Bd. 91 (1927) S. 186, 203.

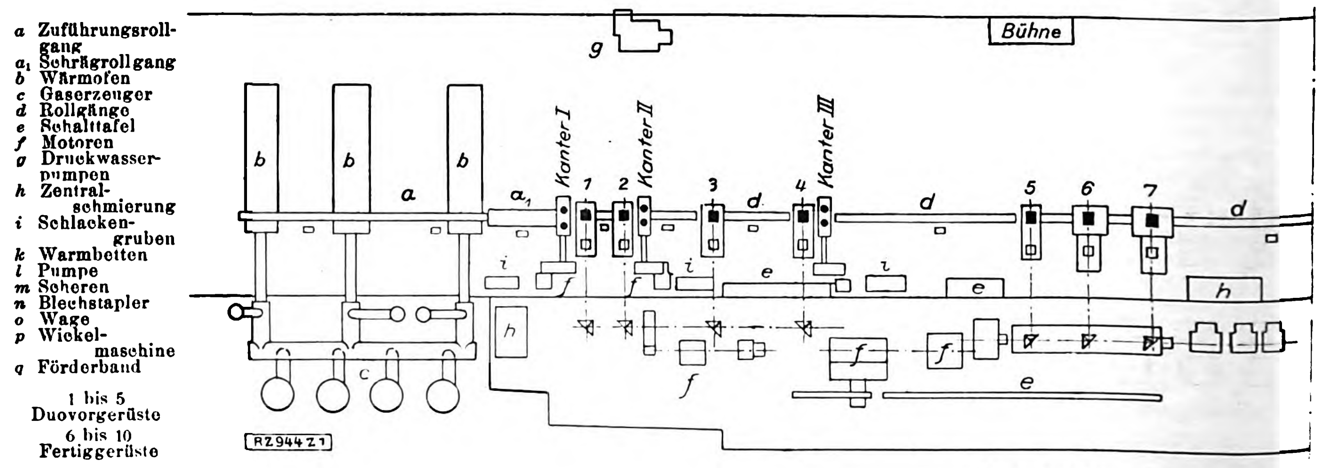


Abb. 1. Blechstreifen-Walzwerk der



in den Jahren 1924 und 1925 auf 65 und 55 t zurückgegangen war. Die Vorkommen auf Korsika in Luri und in Méria sind noch nicht ausgebeutet worden. Die Société de Rochetréjoulx nahm wegen der Vertaubung ihres Besitzes in der Vendée im Jahre 1924 die Förderung in der Nähe von Tulle, im Departement Corrèze, auf, und brachte es auf 450 t im Jahre 1925. In La Londe (Var) lieferte eine Schürfung von 1923 bis 1924 120 t Stibnit. Frankreich nahm früher in Europa mit mehr als einem Viertel der Weltförderung von Antimon die erste Stelle ein.

Arsenik und Mißpickel. Im Gegensatz zur Antimongewinnung hat sich in der Nachkriegszeit die Industrie des Arseniks entwickelt. Er kommt in Frankreich bald als Mißpickel, bald als Realgar vor, Realgar übrigens nur in Matra auf Korsika, wo die Schiefer außer Realgar und Auripigment auch Calcit enthalten. Die Société l'Arsénic förderte im Jahre 1925 1200 t korsikanischen Realgar.

Mißpickel ist viel häufiger und kommt zusammen mit Gold in den Gruben zu la Bellière (Angers), in Saint-Pierre-Montlimart (Maine-et-Loire) und zu Châtelet im Département Creuse vor. Die Förderung in la Bellière wurde vom Mai 1920 bis Ende 1925, nachdem sie in den ersten Monaten 211 t erbracht hatte, stillgelegt. An den anderen Stellen wird nur das Gold gewonnen. Einige ältere Grubenfelder in Bonnac (Cantal), Rodier und in Beauberty (Puy-de-Dôme) und an anderen Orten verharrten weiter in ihrer Untätigkeit, während auf einigen neueren reger Betrieb herrschte. Im Jahre 1925 kam in der Auvergne die Grube zu Giat in Betrieb, doch mußte er wegen des Preissturzes für Arsenige Säure im April 1926 eingestellt werden.

Im Département Aude war die Mißpickel-Förderung am größten und betrug schon vor dem Weltkriege 15 640 t. Die Société de Malaban hat Gut gefördert, das neben Gold und Silber 7 vH Arsenik enthält. Die Grube zu Villanière, die auch zur Formation von Minervois gehört, nahm im Jahre 1919 ihren Betrieb auf und brachte es auf mehr als 2000 t Pyrit und Kupfer, Silber und Gold enthaltenden Arsenik. Daher wurde der benachbarte Betrieb in Salsigne im Jahre 1924 von einer kapitalkräftigen Gesellschaft wieder aufgenommen. Er fördert ein Erz mit nahezu 15 vH Arsen mit etwas Kupfer, Gold und Silber und hat Erzgänge von 2,50 bis 3,50 m Breite. Im Jahre 1925 steigerte die Gesellschaft die Förderung auf über 26 000 t. Seit dem Kriegsende hat sich die Förderung von Mißpickel in Frankreich zufriedenstellend gehoben.

Kupfer. Obgleich Frankreich einen beträchtlichen Verbrauch kupferhaltiger Mineralien hat und jährlich 20 000 t vom Auslande beziehen muß, hat es selbst bisher niemals beachtenswerte Mengen gefördert. Der Wunsch, den französischen Markt von fremder Einfuhr unabhängig zu machen, hat unternehmungslustige Kapitalisten zu neuen Geldopfern und nachdrücklichen und planmäßigen Nachforschungen veranlaßt.

In den Ostpyrenäen sind in Canaveilles wichtige Arbeiten durchgeführt worden. Dort wurden vom Tale des Flusses La Têt ab 15 Ausstreichen festgestellt, von denen einige Fördergut mit 25 vH Kupfer ergaben. Eine der Adern zeigte 50 bis 60 cm Mächtigkeit, von denen 15 cm guten Erzes 5 vH Kupfer enthielten. Von diesem wurden 500 t im Jahre 1925 gefördert. Vor allem im Languedoc ist stark nach Kupfer geschürft worden. In anderen Gegenden fehlten zum Teil die Betriebsmittel, zum Teil waren die Vorkommen nicht abbauwürdig.

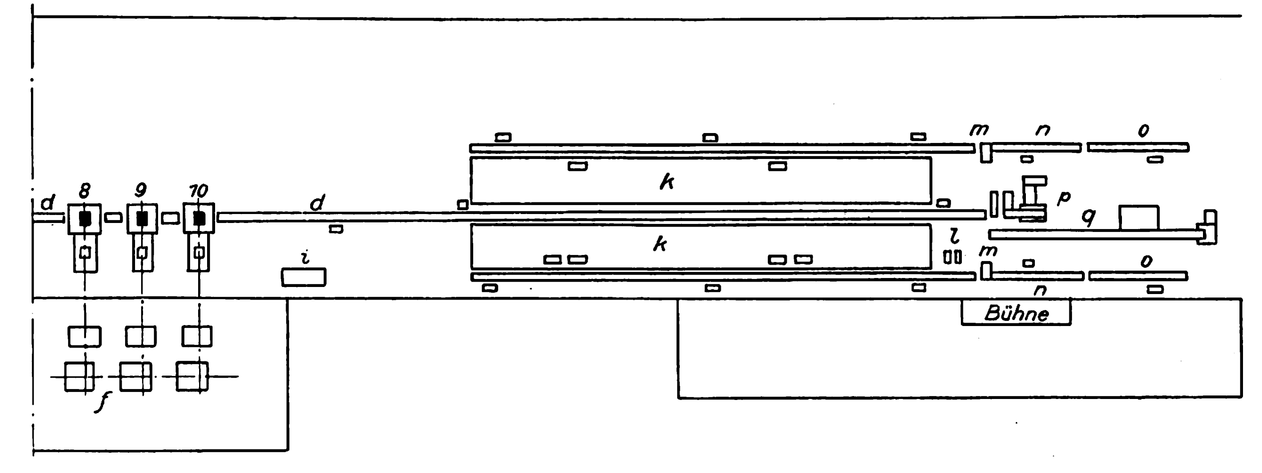
Zinn. Früher war Frankreich ein wichtiger Lieferer für Zinn, das heute fast nur noch aus den tropischen Ländern kommt. Für die Landesverteidigung wurden gefördert 26 585 t im Jahre 1918, 19 511 t 1919 und 18 000 t im Jahre 1920. Im August 1921 wurde die Förderung eingestellt.

In Charrier-la-Prugne kommt Zinn in abbauwürdigen Mengen vor, und Frankreich soll in Zukunft wieder einen, wenn auch begrenzten, Anteil an der Zinnförderung erlangen.

Mangan. Die Eisenhüttenwerke Frankreichs müssen 400 000 t Manganerze einführen, um ihren Bedarf zu decken. Frankreichs eigene Förderung belief sich im Jahre 1913 auf 7732 t. Das Bergwerk Las Cabasses im Départment Ariège und die Gruben in den Hochpyrenäen versorgten früher mit Mühe den Markt. Jetzt sind die Vorkommen von Las Cabasses fast erschöpft und so verarmt, daß die neuerdings in Angriff genommenen Erze nur noch 8 bis 10 vH Metall, gegen früher 50 vH, enthalten. Die in Schiefern und devonischem Kalkgebirge zerstreuten Vorkommen von Louderville, Aderville und Vielle-Aure in den Hochpyrenäen enthalten Silikate — nicht Karbonate — und liefern nach dem Aufbereiten 28 bis 30 vH Metall. Vor dem Kriege wurden diese Silikate im elektrischen Ofen verarbeitet, so daß die Hochpyrenäen 3000 bis 5000 t Erze fördern konnten. In der Nachkriegszeit sank die Förderung auf 2600 t im Jahre 1919, auf 2350 t, 3700 t, 1075 t in den Jahren 1921, 1922, 1923 und hörte im Jahre 1924 ganz auf. In Las Ambollas (Ostpyrenäen) wurden seit 1913 bis heute nicht mehr als 1000 t Mangandioxyd-Mineralien gefördert. Zur Zeit gibt es keine Manganerzförderung in Frankreich.

Gold. Vor 40 Jahren herrschte in Frankreich ein Goldfieber, und damals wurden alle Hoffnungen, die auf die Vorkommen in der Auvergne, in Limousin und in den Sevennen gesetzt waren, getäuscht, so daß viele Millionen für Schürfarbeiten in diesen Gebieten verloren gingen. An der Weltförderung hatte Frankreich mit 150 000 t bis 180 000 t Erzen, die wenig mehr als 3000 kg Feingold enthielten, vor dem Kriege nur bescheidenen Anteil. In den Jahren 1924 und 1925 wurden in den Gruben von Chambon, die während des Krieges voll Wasser gelaufen waren, 16 000 bis 20 000 t Quarz mit einem Goldgehalt von 22 g/t, also etwa die Hälfte der Förderung des Jahres 1913, abgebaut. Die Grube in Cheni förderte 14 662 t im Jahre 1921 und in der Folgezeit 250 t mit einem Goldgehalt von 9 g je Tonne. Die Grube in Beaune kam 1924 wieder in Betrieb und brachte es im Jahre 1925 auf 4645 t mit 15 g Gold in der Tonne. Obgleich das Gold hoch im Preise steht, sind wider Erwarten im Gebiet von Limousin viele Grubenfelder nicht ausgebeutet worden.

Eisenkies (Pyrit). Im Jahre 1913 nahm Frankreich in der Förderung von Eisenkies hinter Norwegen, den Vereinigten Staaten und Spanien den vierten Platz ein. Zur Zeit müssen noch rd. 500 000 t aus dem Ausland eingeführt werden, und darauf ist es wohl zurückzuführen, daß man sich jetzt bemüht, die heimische Förderung zu steigern. Das Département Rhône (mit dem berühmten Vorkommen in Saint-Bel) und das Département Saône-et-Loire) mit dem Lager in Chizeuil bestritten in der Hauptsache Frankreichs Bedarf. Im Jahre 1913 belief sich ihre Gesamtförderung auf 303 000 t, von denen 269 000 t auf das Rhône-Département entfielen. In Saint-Bel ging nach dem Kriege die Förde-



Trumbull Steel Co. für durchlaufenden Gang



rung auf 150 000 t zurück und erreichte im Jahre 1924 wieder 163 500 t. Man ist bemüht, die alten Förderziffern wieder zu erreichen und hat deshalb elektrische Einrichtungen teils schon ausgeführt, teils vorgesehen. In Chizeuil hat die Förderung die von 1913 nicht wieder erreicht, ist aber von 1918 bis 1924 auf 21 000 t gestiegen und beträgt somit zwei Drittel derjenigen von 1914. Die Compagnie d'Alais, Froges et Camargue hat in Salindres den Betrieb auf Pyrit wieder in Aufschwung gebracht. Die Vieille-Montagne nahm den Betrieb in den Gruben in Pallières und Gravoulières wieder auf und fördert fast 3000 t und die Grube Saint-Félix liefert jährlich 2000 bis 3000 t an die Werke in Saint-Rambert-d'Albon (Drôme).

Die Compagnie d'Alais, Froges et Camargue unternahm es, die bei den Geologen berühmten Vorkommen von Soulier mit einem Gehalte von 38 bis 41 vH auszubeuten und steigerte allmählich die Förderung auf 1500 t im Monat. Gleichzeitig untersuchte sie das Vorkommen in Cendras, das ärmer als das von Saint-Florent ist. Das Erz von Cendras hat 45 vH Gehalt und ist nur verwertbar, wenn es mit dem von Soulier brikettiert wird.

Die Vorkommen von Itxassou im Nivetal in den Niederpyrenäen wurden im Jahre 1923 zum ersten Male gefördert, ihr Schwefelgehalt schwankt zwischen 42 und 45 vH. Mit Hilfe einer Wasserkraftanlage wurden im Jahre 1925 1812 t geliefert.

Radioaktive Mineralien. Im Gebiet des Puy-de-Dôme und des Allier wurde in den letzten Jahren planmäßig nach radioaktiven Mineralien geforscht. Bei Thoré und Lachaux sind im Granit mehrere Adern von 0,80 m bis 1,50 m Gesamtmächtigkeit mit Quarz ausgefüllt, die beachtenswerte Mengen von Chalcolith (Kupfer-Uranglimmer) und Autunit (Kalk-Uranglimmer) erkennen lassen. Ein ähnliches Vorkommen wurde in Busset und Arrones beobachtet, wo der Chalcolith von Pyromorphit und Flußspat begleitet wird.

Wolframerze. Die neuesten statistischen Berichte besagen, daß Frankreichs Wolframvorkommen erschöpft seien, doch kommt Wolfram an verschiedenen Orten vor, wird aber wegen des schlechten Standes der Preise nicht ausgebeutet.

Zink und Blei; Lagerstätten von Blei und silberhaltigem Blei. Während, wie oben erwähnt, der Abbau mancher Mineralien mit Rücksicht auf die Verschlechterung der Marktlage verringert oder gar eingestellt werden mußte, hat sich der Bergbau auf Zink und Blei infolge des viel lohnenderen Preises vergrößert. Auf die Ausbeutung der Adern von Trémuson (Côtes-du-Nord), die in den Glimmerschiefern und Hornblendeschiefern eingelagert sind, wurden mit Rücksicht auf die weit reichende Erzführung und den Gehalt von 60 bis 70 vH Blei in diesen Mineralien beträchtliche Summen verwendet. Der mittlere Anteil an Silber stieg im Jahre 1925 bis zu 1,3 kg auf 1 t Haufwerk. Im Département Tarn hat die Société de Peyrebrune mit Erfolg den Abbau der silberhaltigen Bleiglanze von Saint-Lieux-la-Fenasse betrieben. Das Mineral enthält bis zu 1 kg/t Silber. Die Gesellschaft verarbeitet ihr Blei selbst auf Bleirohre und hat zur Zeit eine Jahreserzeugung von 16 000 bis 18 000 t. Im Département Aude hatten die Schürfarbeiten in Escouloubre Ende des Jahres 1923 so günstige Ergebnisse, daß die Unternehmer schon vor der Verleihung elektrische Anlagen einrichteten, um silberhaltigen Bleiglanz, Kupferkarbonat und Pyrit, die dort gefunden wurden, auszubeuten. Die in Savoyen gelegene Grube Macot-la-Plagne zu Tarentaise liefert reichen Bleiglanz. Wegen seines hohen Gehaltes an Silber (300 g, nach der Wäsche bis 1300 g) und an Blei (10 bis 12 vH vermehrt auf 50 bis 52 vH Metall) wurde für die Einrichtungen viel Geld aufgewendet. Die durch die hohe Gebirgslage erschwerte Gewinnung konnte immerhin im Jahre 1925 auf 10 500 t Roherz gesteigert werden. In Korsika sind die alten Bleivorkommen alle verlassen. Nur der Betrieb in Chisoni-La Finosa wurde 1922 aufgenommen. Diese Grube erinnert in ihrem Charakter an die zu Grand-Clot; sie liegt im Gneiß des Finosa-Tales. Dort wird im Tagebau ein Bleiglanz mit einem zwischen 25 und 10 vH schwankenden Bleigehalt gefunden, während eine im Ausgehenden sichtbare Kupferformation nicht ausgebeutet wird. Im Jahre 1925 wurden 2300 t gefördert.

Die Société des Mines de l'Ariège nahm 1925 neue Schürfarbeiten in dem alten Betriebe zu Alloue (Charente) auf und fand bei oberflächlicher Arbeit guten Bleiglanz und pyrithaltigen Bleiglanz und kleine Mengen Blende.

Zink vergesellschaftet mit Blei. Die Société de Luz-Saint-Sauveur und neuerdings auch die Vieille-Montagne haben das Blei-Zink-Vorkommen zu Chèze, das die silurischen Schiefer des Luz-Tales berührt, abzubauen begonnen, doch ist ihre Förderung nicht über jährlich 500 t gestiegen.

Eine englische Gruppe untersuchte die Vorkommen in Arrens (Hochpyrenäen). Die Blenden sind, wie sich ergab, versprengt, und das Erz ist nur mittelmäßig. Durch Schwimmaufbereitung soll es nutzbar gemacht werden.

Im Département Ariège ist der Abbau von Bleiglanz, Blende und Galmei in Sentein und in Saint-Lary, den alten Betrieben des Syndicat Minier, gleichmäßig weiter betrieben worden. Die Förderung schwankte zwischen 1000 und 2000 t (im Jahre 1925 waren es 1664 t und hiervon 1479 t Blende). Durch den Bau einer Schwimmaufbereitung wird sich die Förderung noch entwickeln.

Im Département Var hat die Société des Bormettes, da das Vorkommen von Bormettes bald erschöpft sein wird, ihren alten Stand nicht wieder erreicht und nur 600 t Blende und Bleiglanz im Jahre 1925 gefördert, aber der Betrieb in Londe erwies sich als lebensfähig und erbrachte 1925 12 640 t Blende und Bournonit (Schwarzspießglanzerz).

In Vallaury wurde ein Bündel von mindestens acht Adern im Granit und im Karbon ermittelt. Diese Adern führen teils Blenden, teils Bleiglanz. Seit 1925 wurden dort 2200 t gefördert.

Im Département Lozère hat die Société du Bleymard sich der früher von ihr vernachlässigten Schicht des oberen Lias zugewendet und hat aus diesem ziemlich zusammenhängenden Vorkommen von beachtenswertem Gehalte — der Bleiglanz enthält 60 vH Blei und 1,2 kg Silber, während der Galmei 27 bis 28 vH Zink hat — 19 550 t Haufwerk im Jahre 1925 gefördert. Le Gard lieferte 587 t im Jahre 1923, 4127 und 5590 t in den Jahren 1924 und 1925. In Saint-Hippolyte-du-Fort wurden seit 1920 teils im Tagebau, teils unter Tage Blende, Bleiglanz und Galmei gefördert und zwar 1300 t bis 2000 t bis zum Jahre 1923.

Die Vieille Montagne setzte die Betriebe von Croix-de-Paillières in Gang. Die Förderung dort ist schwierig; denn das Gelände ist bröckelig, die Vorkommen sind unregelmäßig, und die Trennung der einzelnen Erzbestandteile ist umständlich. Die Fördermenge schwankte zwischen 500 und 2000 t. Die Erze enthalten 35 vH Zink und 23 bis 24 vH Blei.

Im Languedoc zeigten sich unerwartet gute Vorkommen. So wurde das Lager von Saint-Sauveur von seinen Besitzern für bescheiden gehalten, als eine reiche englische Gesellschaft seinen Wert zu ermitteln begann. 40 sorgfältige Bohrungen ergaben das Vorhandensein einer Ader von 2,5 bis 8 m Gesamtmächtigkeit, die Blende und Bleiglanz führt mit einem Gehalt von 10 bis 12 g/t Zink, 5 bis 6 g/t Blei und 100 g/t Silber. Die amtlichen Stellen schätzen die Mächtigkeit des Vorkommens auf 1 Mill. t. Das Bergwerk Saint-Sauveur ist mit vorzüglichen Einrichtungen ausgestattet und will eine Jahresförderung von 28 000 t erreichen, zur Zeit werden monatlich 2000 t gefördert, es ist eines der höchst beachtenswerten in Europa. [N 833]

Berlin Dr.-Ing. Martin W. Neufeld

Wasserversorgung

Hölzerne Brunnenrohre und -filter in Holland

In Holland wird als Baustoff für Brunnenrohre Eichenholz, für Filterrohre Teakholz bevorzugt. Auch Brunnen von 100 m Tiefe und mehr, mit Filtern bis zu 25 m Länge werden auf diese Art ausgeführt und sollen besonders haltbar sein. Die Rohre werden aus gefugten Stäben zusammengesetzt und mit kupfernen Bändern zusammengehalten. Die Stoßstellen sind durch hölzerne Querkeile besonders gedichtet, Abb. 2 und 3. Die Filterrohre werden in gleicher Weise hergestellt und erhalten Schlitze von etwa 2 mm Breite, die mit kleinen Kreissägen in die fertigen Rohrlängen eingeschnitten werden. Um Verstopfung durch Sandeintritt zu erschweren, werden die Schlitze zuweilen schräg ausgeführt, Abb. 4. Eine Sonderausführung von hölzernen Filtern, Bauart „Vulcaan", zeigen Abb. 5 bis 7. Großen Wert legt

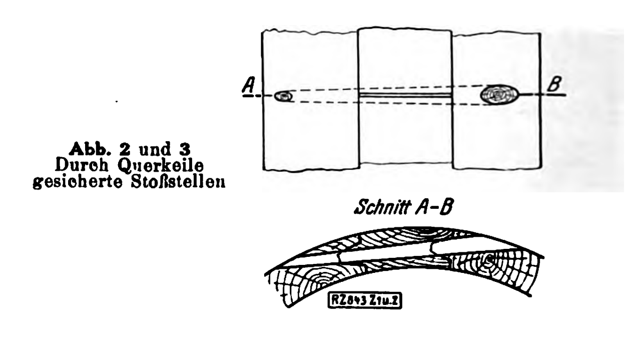


Abb. 2 und 3 Durch Querkeile gesicherte Stoßstellen



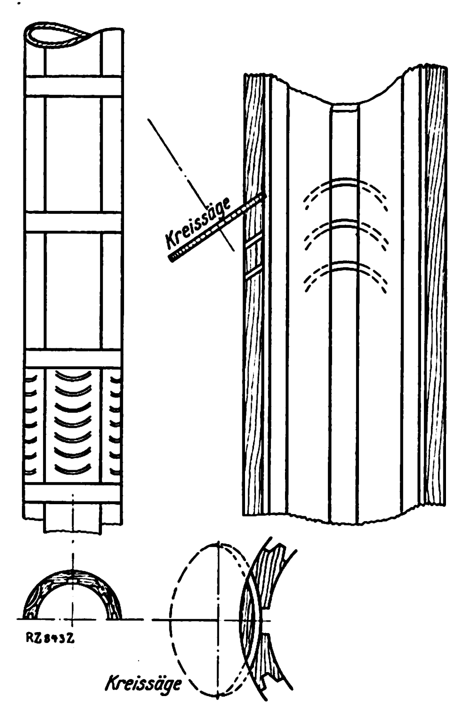


Abb. 4 bis 7
Hölzernes Filterrohr, Bauart Vulcaan

man auf die das Filter gegen Verstopfung sichernde Kiesschicht, die vor dem Ziehen des Bohrrohres zwischen Bohrrohr und Filterrohr niedergebracht wird.

Bei genügendem Abstand zwischen beiden Rohren — mindestens 80 bis 100 mm — wird die Kiesschicht vielfach in zwei Lagen ausgeführt; einer inneren von rd. 5 mm Korngröße und einer äußeren von 2 bis 3 mm Korngröße. Zum Einbringen dieser beiden Lagen wird eine rd. 3 m lange Schüttbüchse *h*, Abb. 8, verwendet; mit ihr sind zwei Gasrohre *b* von 2″ Dmr. verbunden, die oben mit Einschütttrichtern versehen sind. Eines dieser Gasrohre mündet in den Hohlraum zwischen Schüttbüchse und Filterrohr *e*, das andre in den Raum zwischen Schüttbüchse und Bohrrohr *c*. Im Laufe des Schüttvorganges wird die Büchse langsam gedreht und, der fortschreitenden Schüttung entsprechend, angehoben. Bei großen Tiefen erfordert diese Arbeit Umsicht und Geduld.

Arnhem [M 843]
Dipl.-Ing. L. Silberberg

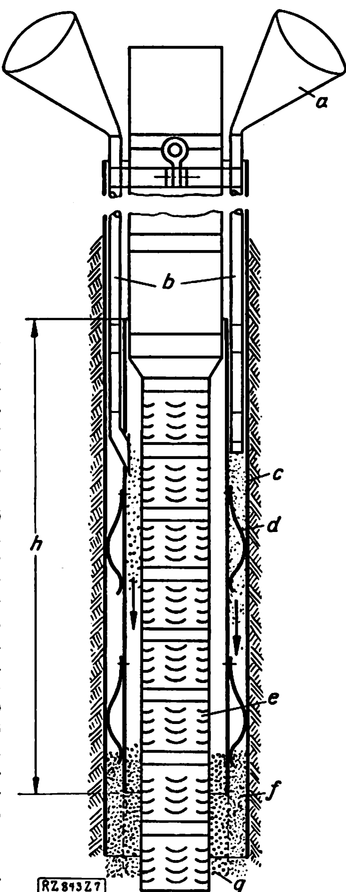


Abb. 8
Einrichtung zum Umschütten des hölzernen Filterrohres mit Kies

a Trichter über Flur zum Kiesstürzen
b Rohre zum Kiesstürzen (innere und äußere Kieslage)
c Bohrrohr
d federnde Zentrierbügel
e Filterrohr
f feiner Kies
g grober Kies
h Hilfsbüchse zum Kiesstürzen, rd. 3 m lang

Kleine Mitteilungen

Elektrische Lokomotive mit Einzelachsantrieb

Für die Great Indian Peninsula-Eisenbahn hat die Schweizerische Lokomotiv- und Maschinenfabrik kürzlich den mechanischen Teil einer 2AAA1-Schnellzuglokomotive geliefert. Bei den Abnahmeversuchen soll diese Lokomotive die hohe Geschwindigkeit von 137 km/h erreichen. Der Einzelachsantrieb, der bei Personen- und Schnellzuglokomotiven eine überragende Stellung einnehmen soll, ist hier als „Universal-Antrieb Winterthur" ausgebildet. Er zeichnet sich durch besonders hohe Lage der abgefederten Massen aus, die einen ruhigen Gang begünstigt. Jede Achse wird über eine doppelte Zahnradübersetzung (1 : 30) von zwei Motoren getrieben, die senkrecht über den Treibachsen liegen. Man nimmt an, daß die Verluste im Zahneingriff wenig mehr als ½ vH der Gesamtleistung betragen. (Schweiz. Bauzeitung 3. Dezember 1927 S. 294*)
[N 1049 a] Gsl.

Triebwagen für Indien

Die neuen indischen Motortriebwagen haben äußerlich das Aussehen eines geschlossenen, einstöckigen Omnibusses; sie bewegen sich wie dieser auch normalerweise nur in einer Fahrtrichtung. Die Strecke, auf der sie betrieben werden, weist besonders schwierige Verhältnisse auf, da 38 km von den insgesamt 96 km in Dauersteigung (4,5 vH) liegen. Die Krümmungshalbmesser betragen 27,5 m an den Wendepunkten und 33,5 m auf der freien Strecke. Die Durchschnittsgeschwindigkeit in der Steigung beträgt 32 km/h. Der Wagenkasten ruht auf zwei Fahrgestellen. Der Motor hat sechs Zylinder (140 × 152,5 mm) und leistet bei 1000 Uml./min 85 PS. Das Drehmoment wird über eine Kegelkupplung an ein Dreiganggetriebe abgegeben, womit der Wagen Geschwindigkeiten von 8, 16 und 32 km/h erhält. Diese Geschwindigkeiten können in beiden Richtungen erreicht werden. Vom Getriebe aus wird das Drehmoment an die Triebräder des vorderen Drehgestelles mittels geräuschloser Ketten abgegeben. („The Engineer" 2. Dezember 1927 S. 625*) [N 1049 b] Krs.

Rettungswagen für die neuen New-Yorker Tunnel

Die Eröffnung der beiden neuen nach ihrem Erbauer Holland benannten Tunnelröhren von je rd. 2,8 km Länge unter dem Hudson-River am 12. November d. J., deren Bau rd. 49,5 Mill. Dollars gekostet haben soll, bedeutet eine erhebliche Verbesserung des Verkehrs zwischen New York und Jersey City, da das bisherige Warten auf die Fähren entfällt und stündlich etwa 1900 Wagen in jeder Richtung durch die Tunnel fahren können. Um zu verhindern, daß die Tunnel durch Betriebsunfälle an Kraftwagen verstopft werden, hat man eigene Rettungswagen dafür bereitgestellt. Das sind Lastkraftwagen, die von jedem Ende her gelenkt werden, also in den Tunnel einfahren und den beschädigten Wagen rückwärts herausziehen können. Die Wagen sind mit geeignetem Werkzeug, einer Schaumlöscheinrichtung und sogar mit Behelfen für die Behandlung von Verwundeten ausgerüstet. („Automotive Industries" 12. November 1927 S. 720/21*) [N 1049 c] H.

Zentralisierte selbsttätige Feuerungsregelung

Im Kraftwerk Williamsburgh der Brooklyn-Manhattan Transit Corp. arbeitet eine Dampferzeugungsanlage von 72 Kesseln mit je 540 m² Heizfläche, deren Feuerführung seit Juli 1926 von einer einzigen Stelle aus selbsttätig geregelt wird. Insgesamt 180 Regler für Brennstoffzufuhr, Luftzufuhr und Einstellung des Zuges sind eingebaut. Jeder Kessel hat zwei Regler; die Regelanlagen einer Kesselgruppe sind wiederum zusammengefaßt und werden von einem Gruppenregler gesteuert und die gesamte Anlage wird von einem Hauptregler gesteuert. Die riesige Anlage ist so übersichtlich angeordnet, daß ein Mann zur Beaufsichtigung und Überwachung vollauf genügt.

Die bisherigen Betriebserfahrungen sind sehr günstig; selbst bei stärksten Belastungsschwankungen arbeitet die Regelung völlig einwandfrei und ermöglicht einen hohen Wirkungsgrad der Kesselanlage. („Power" 22. November 1927 S. 770*) [N 1049 d] Pt.

Hohlgewalzte Stehbolzen

Th. S. Wheelwright, Präsident der Firma Old Dominion Iron & Steel Works, Belle Isle, Richmond, Va., hat ein Verfahren durchgebildet, um Stehbolzen wirtschaftlich herzustellen. Ein mit Sand gefülltes Stahlrohr legt man dabei in die Mitte eines Bündels von Stahlstangen (Walz- oder Elektrostahl), deren Durchmesser von außen nach innen abnimmt. Nachdem das Paket mit Draht umschnürt worden ist, wird es auf Schweißtemperatur erwärmt und gewalzt. Der Sand wird mittels Druckluft entfernt, während der Stehbolzen in einer besonderen Vorrichtung umläuft. Die Festigkeitswerte sind: Elastizitätsgrenze 24,5 bis 27,3 kg/mm², Zugfestigkeit 35 bis 38,8 kg/mm², Dehnung (bezogen auf 200 mm Stablänge) 30 vH, Einschnürung 50 vH. („The Iron Age" 24. November 1927, S. 1451*) [N 1049 e] Gw.

158 m hoher Wolkenkratzer mit Turmaufbau

An einer der Hauptverkehrsstraßen Chikagos, dem Wacker Drive, hat man ein 24stöckiges Bureaugebäude von rd. 80 m Höhe errichtet, auf das noch ein 18stöckiger Turm von 78 m Höhe aufgesetzt worden ist. Das Gebäude hat in Straßenhöhe 19,7 × 30,5 m² Grundfläche, die sich mit Absätzen in Höhe des neunten und des sechzehnten Stockwerkes bis auf 19,7 × 25,8 m² am Fuße des Turmes verringert. Der achteckige gleichseitige Turmaufbau weist unten im Grundriß 12,1 m größten Durchmesser auf, der sich absatzweise bis zum obersten Stockwerk auf 2,9 m vermindert.

Für die Gründung wurden runde Betonpfeiler von 1,75 m Dmr. bis zu 33 m unter dem Spiegel des Chikago-Flusses in den festen Felsenboden hinabgetrieben. Da diese Pfeiler an den langen Seiten des Gebäudes nicht über die äußere Begrenzungslinie des Gebäudes herausgeführt werden konnten, mußten an diesen Stellen die Haupttragsäulen des Gebäudes mittels besonderer Überhängekonstruktion abgestützt werden. Vier von diesen Hauptträgern, die alle ein H-Profil mit rd. 500 mm Seitenlänge haben, gehen durch bis zum 41. Stockwerk. Der auf den Turm wirkende Winddruck wird durch eine schwere Betonplatte im 24. Stockwerk auf den unteren Teil des Gebäudes übertragen. („Engineering News Record" 24. November 1927 S. 824*)
[N 1049 f] Sd.

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Neue Wilhelmstr. 4, bezogen werden. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 3501)

James Watt and the Steam Engine. The Memorial Volume Prepared for the Committee of the Watt Centenary Commemoration at Birmingham 1919. Von H. W. Dickinson und Rhys Jenkins. Oxford 1927, The Clarendon Press. 405 S. m. 39 Abb., 104 Taf. u. 2 Karten. Preis 80 ℳ.

Vor 25 Jahren konnte ich im Auftrage des Vereines deutscher Ingenieure zum erstenmal das große Technische Museum in London besuchen. Unvergeßlich sind mir die Eindrücke, die ich für die Entwicklung der Dampfmaschine, an der ich im Auftrage des Vereines zu arbeiten begann, von den Original-Maschinen Watts in Kensington mit nach Hause nahm. Dankbar erinnere ich mich heute wieder der selbstlosen Hilfe, die ich damals und seitdem noch oft bei Hrn. Dickinson im dortigen Museum gefunden habe, dessen große Arbeit, für die er gemeinsam mit seinem Kollegen Jenkins zeichnet, nun vor mir liegt.

Ich erinnere mich meines letzten Besuches in London, wenige Monate vor dem Kriege. Ich wußte durch Dickinson, welch riesiger, noch nicht bearbeiteter Stoff an Briefen und Zeichnungen in England zu dem Kapitel über James Watt und die Dampfmaschine vorlagen. Von der Bearbeitung stand zu erwarten, daß sie wichtige Aufklärungen über diese weltgeschichtlich so bedeutsame Erfindung geben werden 1914 erschien es deshalb bereits ratsam, daran zu denken, ob nicht 1919 die Abfassung eines solchen Werkes aus Anlaß des 100. Todestages James Watts möglich sei. Ich fand Gelegenheit, damals diese Anregung mit den maßgebenden Herren großer Vereine, technischer Zeitschriften und mit Verlegern in London zu besprechen. Ich glaubte das größte Interesse der deutschen Ingenieure für solche, auf grundlegendem Quellenmaterial beruhende Arbeit versprechen zu können; ich dachte an eine gleichzeitige deutsche Ausgabe des großen Werkes. Der Weltkrieg vernichtete jede Möglichkeit, eine solche Arbeit in Angriff zu nehmen.

Die erste Nachricht, die nach dem Krieg aus England zu mir kam, brachte die freudige Mitteilung, daß man nicht nur des 100. Todestages James Watts gedenken werde, sondern daß auch eine Kommission in Birmingham gebildet sei, deren Aufgabe es war, zu beschließen, was England aus Anlaß dieses Erinnerungstages an eine seiner größten technischen Taten tun könne. Große Pläne wurden beraten. Das, was sich zunächst ausführen ließ, war der Beschluß, ein Werk über James Watt und die Dampfmaschine, gestützt auf das riesige Quellenmaterial, das in England vorhanden war, herauszugeben. Acht Jahre selbstloser eifriger Arbeit der Verfasser folgten, und nun können wir uns des Ergebnisses freuen.

In einem stattlichen Bande großen Formats werden James Watt und die Dampfmaschine behandelt. Tausende von Briefen und Zehntausende von Originalzeichnungen sind hier, abgesehen von einer sehr umfassenden Literatur, sorgfältig berücksichtigt worden. Zunächst wird uns die Lebensgeschichte James Watts im ersten Teil in sieben Kapiteln auf 81 Seiten dargeboten. Einiges von dem immer wieder Nacherzählten wird berichtigt. Im übrigen haben sich die Verfasser mit Rücksicht auf die bereits zahlreich veröffentlichten lebensgeschichtlichen Schriften kurz gefaßt.

Im Hauptteil des Werkes werden auf 267 Seiten in 18 Kapiteln die Arbeiten James Watts, die zur Schaffung seiner Dampfmaschine geführt haben, dargestellt. Zunächst geben die Verfasser in großer Zusammenfassung die Entwicklung der einfach und doppelt wirkenden Wasserhaltungsmaschine und der Maschine mit Drehbewegung, d. h. der Betriebsmaschine, die Eingang in alle Gewerbe fand und von Grund aus die industrielle Tätigkeit, zunächst die Textilindustrie, in ihre heutige Gestalt umformte. In wertvollen Sonderabschnitten wird sodann die Entwicklung der wichtigsten Einzelteile, wie Zylinder, Kolben, Steuerung, Kondensator, Kurbelgetriebe, Indikator, Kessel usw., gezeigt. Das hat den großen Vorteil, daß man diese wichtigen Einzelheiten auch im Zusammenhang verfolgen kann.

Hieran schließen sich Kapitel über Gebläse und Fördermaschinen, sowie über Dampfhämmer an. Sehr wichtig sind die Kapitel über die Fabrikation der Maschinen und über die Mitarbeiter von Watt und seine Gegner. Im Anhang sind die Originalrichtlinien über die Errichtung und den Betrieb der Dampfmaschinen vom Jahre 1779 und 1784 besonders wertvoll, lassen sie doch in der Sprache jener Zeit erst richtig erkennen, welch ungeheure Schwierigkeiten zu überwinden waren, um eine nur wenige Pferdekräfte leistende, nach unseren heutigen Begriffen also nur schwache Maschine zu errichten und in Betrieb zu nehmen.

Die Tafeln enthalten einige wertvolle Bildnisse, zumeist aber in vorzüglicher Wiedergabe Originalzeichnungen der wichtigsten Maschinen und ihrer Teile.

Der Inhalt zeigt die Verfasser als ausgezeichnete Kenner dieses für die Entwicklung des Maschinenzeitalters wichtigsten Zeitabschnittes. In wissenschaftlich einfacher Sprache suchen sie, das Für und Wider objektiv abwägend, ihrem großen Thema gerecht zu werden. Die Zeit, über die sie schreiben, ist für die Geschichte der Technik klassisch, und der Stil wird dieser großen Zeit gerecht, daher die starke Wirkung, der sich kein Leser wird entziehen können.

Die Verfasser haben sich genau an ihre Aufgabe gehalten. Sie schließen die Darstellung mit dem Jahre 1800, dem Ausscheiden James Watts aus der Firma. Sie weisen aber selbst darauf hin, wie ungemein wichtiges Material in den von ihnen verarbeiteten Quellen zu finden sei, abgesehen von der Dampfmaschine auch über den gesamten Maschinenbau zur Zeit Watts und über die Entwicklung der Dampfmaschine nach 1800. Gerade über den allgemeinen Maschinenbau und über die Herstellung der Maschinen wissen wir zu wenig. Bei aller Freude über den vorliegenden Band können wir deshalb nur bitten und hoffen, die Freunde der Geschichte der Technik in England möchten bald Mittel und Wege finden, daß auch dieses ungemein wertvolle Material in bearbeiteter Form der Öffentlichkeit übergeben wird.

Die Ausstattung des Buches ist dem ausgezeichneten Inhalt ebenbürtig. Es ist für jeden, der Verständnis für Buchkunst hat, eine Freude, ein wertvolles Buch in so vornehmem Gewande zu sehen. Wir hoffen, daß diese Frucht hingebender Arbeit viele Freunde auch unter den deutschen Ingenieuren finden wird. Die englischen Ingenieure und die englische Buchdruckerkunst können stolz auf diese Leistung sein. [E 1021] C. Matschoß



Die Wassereisenbahn. Ein Schleppsystem auf Kanälen und Flüssen ohne Inanspruchnahme der Ufer. Von Richard Koß. Berlin und Leipzig 1927, Walter de Gruyter & Co. 117 S. m. 50 Abb. Preis 12 ℳ.

Diese Schrift stellt den literarischen Niederschlag der Lebensarbeit eines Mannes dar, der jahrzehntelang um seine Ideen und deren Umsetzung in die Praxis gekämpft hat. Jetzt übergibt er in dem vorliegenden Buch sein Erbe der technischen Welt mit der Hoffnung, daß es einst Früchte tragen wird. Im Jahre 1907 hat Koß das erste Patent auf seine Wassereisenbahn, eine von ihm erfundene Treidelart für Lastschiffe auf Flüssen und Kanälen, erhalten. Diese Treidelart ist dadurch gekennzeichnet, daß sich ein kleiner Schlepper, der durch einen Verbrennungs- oder Elektromotor angetrieben wird, mit Hilfe von Rollenpaaren an einer auf der Sohle der Wasserstraße verlegten Schiene entlang zieht. Nach vielen Versuchen am Dortmund – Ems-Kanal, die Koß hier eingehend beschreibt, wurde im Kriege eine Wassereisenbahn im Rhein – Marne-Kanal angelegt, die kurz nach ihrer Vollendung aus politischen Gründen vernichtet wurde. Neue Pläne sind dann entstanden und im vorigen Jahr trat Koß anläßlich der Hauptversammlung des Zentralvereins für deutsche Binnenschiffahrt noch einmal mit seinen Plänen vor die Öffentlichkeit und fand dann auch die Anerkennung des Reichsverkehrsministeriums.

Wie weit in Zukunft die von Koß vorgeschlagene Schleppart angewendet werden kann, muß im Einzelfall entschieden werden. Technisch möglich ist sie auf alle Fälle, ihre Wirtschaftlichkeit gegenüber andern Schlepparten kann sich aber nur im Dauerbetrieb ergeben.
[E 969] Is.

Automotive Giants of America. Von C. Forbes und O. D. Foster. New York 1927, B. C. Forbes Publishing Co. 295 S.

Das in leichtem Plauderton geschriebene Buch schildert den Werdegang der zwanzig hervorragendsten Persönlichkeiten der amerikanischen Kraftwagenindustrie, die zumeist heute noch leben und tätig sind, wenngleich sie im Alter von 45 bis 65 Jahren stehen. Der älteste ist zur Zeit Hastings, der Begründer der Hupp Motor Corporation, 68 Jahre alt, dann folgt Durant, 65 Jahre alt, Gründer der Durant Dort Carriage Co., dessen Leben ein ewiges Börsenspiel gewesen ist, mit seinen Erfolgen und seinen Mißerfolgen; dann Ford, der im vorigen Jahr 63 Jahre alt war, wohl der bekannteste Mann auf diesem Gebiet.

Für den Geschichtsforscher wertvoll dürfte sein, daß die meisten dieser Männer aus einfachen Kreisen stammen und verhältnismäßig wenig Schulbildung genossen haben. Mit wenigen Ausnahmen haben sie als ganz einfache Arbeiter oder Angestellte, zum Teil gar nicht auf technischem Gebiet angefangen. Man kann also wohl sagen, daß sie ihre heutige überragende Stellung nur ihrer Persönlichkeit zu verdanken haben. [E 968] Dr. Heller

Spezial - Lastautomobile. 1. Bd.: Kommunal - Automobile, Automobil-Kipper, Tank-Automobile, Sonderfahrzeuge. Von L. Betz. Berlin 1927, Hermann Meusser. 341 S. m. 428 Abb. Preis 18 ℳ.

Das Buch ist eine Sammlung von guten Abbildungen ausgeführter Fahrzeuge der oben erwähnten Art und bietet in seiner Fülle einen Einblick in die Vielgestaltigkeit des heutigen Nutzkraftwagens. Der begleitende Text ist weniger vom Standpunkt des Konstrukteurs als von dem des Benutzers geschrieben, der am wirtschaftlichen Ergebnis am meisten interessiert ist, obgleich hier und da auch auf die Einzelheiten der Bauart näher eingegangen wird. Besonders reichhaltig ist die Sammlung von Fahrzeugen für den städtischen Dienst, die in dem Buch gezeigt wird: Fäkalien-, Müll-, Kanalreinigungs-, Turm- und andre Arbeitswagen, ferner Fahrzeuge für Bau und Pflege von Straßen. Neben deutschen sind auch einige ausländische Erzeugnisse berücksichtigt. [E 967] H.

Bemessungstafeln für Eisenbetonkonstruktionen. Von Paul Göldel. Berlin 1927, Julius Springer. 109 Taf. Preis 22 ℳ.

Die Einführung der neuen Bestimmungen für Ausführung von Bauwerken aus Eisenbeton hat Veranlassung gegeben, die Tafeln auszuarbeiten. Aber auch wenn infolge dieser Neueinführung die bisherigen Werte nicht hätten umgerechnet werden müssen, wäre die Bearbeitung von Tafeln in der Ausführlichkeit der vorliegenden wirtschaftlichen Rechenarbeit zu begrüßen gewesen, da man durch sie umfangreiche und unwirtschaftliche Rechenarbeit erspart. Sie enthalten die Momente, die von Rechteckquerschnitten und Plattenbalken bei den verschiedensten Spannungen aufgenommen werden können. Sie gestatten weiter, die Bewehrungen für einfach und doppelt bewehrte Platten, Balken und Plattenbalken unter Annahme von gewöhnlichem wie auch von hochwertigen Baustoffen, wie Zement und Eisen oder Stahl, und mit Berücksichtigung der Spannungen im Steg, ferner die Entfernung des Zug- und Druckmittelpunktes voneinander für die Schub- und Haftspannungen, schließlich die Querschnitte quadratischer Stützen unter Berücksichtigung der Knickgefahr schnell abzulesen. Die Berechnung der Tafelwerte beruht auf den in § 18, Ziffer 1 und 2, der Bestimmungen vom September 1925 gegebenen Annahmen.

Eine kurze, allgemeine Angabe über die Einrichtung der Tafeln sowie besondere Anleitungen zu jeder Gruppe von Tafeln führen den Benutzer schnell in den Gebrauch der Tafeln ein; die Art der Anordnung der Tafeln macht die Handhabung bequem. Daß die Bestimmungen für Eisenbahnbrücken nicht berücksichtigt werden konnten, ist im Interesse der Vollständigkeit und der umfassenden Verwendbarkeit des Buches immerhin zu bedauern.
[E 932] Bu.

Automaten. Von Ph. Kelle. 2. Aufl. Berlin 1927, Julius Springer. 466 S. m. 823 Abb. Preis 26 ℳ.

Das Drahtziehen auf Mehrfach-Ziehmaschinen. Von Dr. Goldschmidt. Halle a. d. S. 1927, Martin Boerner. 74 S. m. 55 Abb. Preis 4,50 ℳ.

Elemente des Vorrichtungsbaues. Von E. Gempe. Berlin 1927, Julius Springer. 132 S. m. 727 Abb. Preis 7,75 ℳ.

Schaltungen für Hebezeuge. Von Georg Esper. Leipzig 1927, Hachmeister & Thal. 182 S. m. 123 Abb. Preis 9,50 ℳ.

Gemeinfaßliche Darstellung der gesamten Schweißtechnik. Von P. Bardtke. Berlin 1927, VDI-Verlag. 280 S. m. 250 Abb. Preis 12,50 ℳ.

Die Gleichstrommaschine. 2. Bd.: Konstruktion, Berechnung und Arbeitsweise. Von J. L. la Cour. 3. Aufl. Berlin 1927, Julius Springer. 714 S. m. 550 Abb. Preis 30 ℳ.

Analysis von Grundproblemen der theoretischen Wechselstromtechnik. Von Carl Breitfeld. Braunschweig 1927, Friedr. Vieweg & Sohn. 347 S. m. 105 Abb. Preis 31 ℳ.

Handbibliothek für Bauingenieure, 10. Bd. 2. T.: **Der neuzeitliche Straßenbau.** Von E. Neumann. Berlin 1927, Julius Springer. 400 S. m. 210 Abb. Preis 29,50 ℳ.

Hölzerne Dachkonstruktionen. Ihre Ausbildung und Berechnung. Von Th. Gesteschi. Berlin 1928, Wilhelm Ernst & Sohn. 245 S. m. 313 Abb. Preis 14 ℳ.

Handbuch der Zementliteratur. Im Auftrage des Vereins Deutscher Portland-Cement-Fabrikanten verf. von Friedrich Wecke. Berlin-Charlottenburg 1927, Zementverlag 1447 S. Preis 40 ℳ.

Über Kalk und Mörtel im Allgemeinen nebst Theorie des Mörtels. Von J. F. John. Berlin 1819, Duncker & Humblot. 112 S. Preis 10 ℳ.
(In Faksimiledruck vom Verein Deutscher Portland-Cement-Fabrikanten herausgeg. zu seinem 50jährigen Jubiläum 1926.)

Kohle-Koks-Teer, 16. Bd.: **Braunkohlengeneratorgas.** Von Alfred Faber. Halle a. d. S. 1927, Wilhelm Knapp. 263 S. m. 148 Abb. Preis 17,80 ℳ.

Die Wärmewirtschaft des Hausbrandes im Unterricht unserer Schulen. Von J. Riedl. 2. Aufl. Berlin 1927, Albert Lüdtke. 136 S. m. 40 Abb. Preis 5 ℳ.

Materialprüfung mit Röntgenstrahlen. Von Richard Glocker. Berlin 1927, Julius Springer. 377 S. m. 256 Abb. Preis 31,50 ℳ.

Schriften aus dem Gesamtgebiet der Gewerbehygiene, n. F. 18. H.: **Die Beseitigung der beim Tauch- und Spritzlackieren entstehenden Dämpfe.** Von Wenzel, Alvensleben und Witt. Berlin 1927, Julius Springer. 35 S. m. 31 Abb. Preis 3,30 ℳ.

Lehrbuch der analytischen Geometrie. Von L. Heffter und C. Koehler. 1. Bd. 2. Aufl. Karlsruhe 1927, G. Braun. 477 S. m. 112 Abb. Preis 20 ℳ.

B. G. Teubners Sammlung von Lehrbüchern aus dem Gebiete der mathematischen Wissenschaften, 42. Bd.: **Partial differential equations of mathematical physics.** Von Arthur Gordon Webster. Herausgeg. von Samuel J. Plimpton. New York 1927, G. E. Stechert & Co. Leipzig 1927, B. G. Teubner. 440 S. m. 97 Abb. Preis 25 ℳ.

Mathematisch-technische Zahlentafeln. Zusammengestellt von H. Bohde. 5. Aufl. Berlin 1927, Julius Springer. 68 S. m. versch. Abb. Preis 1 ℳ.

Veranstaltungen der Weltkraftkonferenz

Da auf Beschluß des Internationalen Hauptausschusses der Weltkraftkonferenz und auf Einladung des Deutschen Nationalen Komitees der Weltkraftkonferenz die 2. Weltkraftkonferenz 1930 in Berlin stattfinden wird, ist es geboten, an dieser Stelle übersichtlich die bisherigen und kommenden Veranstaltungen zusammenzustellen. Von den in dieser Übersicht mit Weltkraftkonferenz bezeichneten Vollkonferenzen sind die Teilkonferenzen zu unterscheiden, deren Verhandlungsgegenstände enger begrenzt sind.

Der Verein deutscher Ingenieure ist an den Vorarbeiten für die 2. Weltkraftkonferenz hervorragend beteiligt. Er ist Mitglied des Deutschen Nationalen Komitees; weiter ist Professor Dr. C. Matschoß dessen Geschäftsführer.

Über die Organisation der Weltkraftkonferenz unterrichtet die folgende Übersicht:

Zentralbureau London
Vorsitzender des Internationalen Hauptausschusses: D. U. Dunlop
Sekretär: M. W. Burt

47 Nationale Komitees oder Vertreter

Australien	Griechenland	Norwegen
Belgien	Großbritannien	Nyasaland
Brasilien	Holland	Österreich
Britisch-Guyana	Indien	Peru
Bulgarien	Irland	Polen
Canada	Italien	Portugal
Ceylon	Japan	Rumänien
Chile	Jugoslawien	Rußland
China	Kenya-Kolonie	Schweden
Columbien	Lettland	Schweiz
Tschechoslowakei	Litauen	Spanien
Dänemark	Luxemburg	Süd-Rhodesien
Deutschland	Mexiko	Ungarn
Estland	Neuseeland	Vereinigte Staaten von Südafrika
Finnland	Niederl. Indien	Vereinigte Staaten von Amerika
Frankreich		
Goldküste		

Deutsches Nationales Komitee der Weltkraftkonferenz
beim Deutschen Verband Technisch-Wissenschaftlicher Vereine

Vorsitzender:
Generaldirektor Dr. C. Köttgen
Stellv. Vorsitzender:
Geh. Baurat Professor Dr. G. de Thierry
Geschäftsführer:
Professor Dr. C. Matschoß
Stellv. Geschäftsführer:
Dipl.-Ing. zur Nedden

Geschäftsstelle:
Berlin NW 7, Ingenieurhaus
Mitglieder:
1. Reichsbehörden
2. Wissenschaftliche Vereine und Hochschulen
3. Wirtschaftsverbände

[V 1018]

Übersicht der Tagungen

Tagungen	Ort	Zeit	Thema und Bemerkungen
1. Weltkraftkonferenz	London	30. Juni bis 12. Juli 1924	Gruppe 1: Kraftquellen „ 2: Kraftmaschinen und -anlagen Gruppe 3: Kraftübertragung Gruppe 4: Energie in der Kleinindustrie und im Haushalt sowie beim Transport Gruppe 5: Verschiedenes (Normung usw.)
1. Teilkonferenz	Basel	31. August bis 12. Sept. 1926	Wasserkraftnutzung und Binnenschiffahrt In Basel fand zu gleicher Zeit eine internationale Ausstellung gleichen Namens statt
2. Teilkonferenz	London	24. Sept. bis 6. Oktober 1928	Brennstoffe Klasse 1: Feste Brennstoffe, Klasse 2: Flüssige Brennstoffe, Klasse 3: Gasförmige Brennstoffe, Klasse 4: Allgemeines über Brennstoffverwendung, Klasse 5: Allgemeines
3. Teilkonferenz	Barcelona	Mai 1929	Ausnutzung der Flußläufe und der Elektrizität in der Landwirtschaft Wahrscheinlich mit einer elektrotechnischen Ausstellung
4. Teilkonferenz	Tokio	Oktober 1929	Ausnutzung von Wasserkraft- und vulkanischer Energie; Elektrizität im Fernen Osten. In Verbindung mit dem gleichzeitig in Tokio stattfindenden „World Engineering Congress“
2. Weltkraftkonferenz	Berlin	1930	Das Programm wird vorbereitet. Vorgesehen sind: Energiespeicherung und -verteilung

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★
Bd. 71 SONNABEND, 24. DEZEMBER 1927 Nr. 52

Die Werkstofftagung Berlin 1927

Von C. Matschoß, Berlin

(Hierzu Textblatt 27 bis 32)

Rückblick auf Werkstofftagung und Werkstoffschau — Veranstalter, Umfang des Unternehmens, Vorarbeiten und Durchführung — Auswertung im Schrifttum und in Vorträgen und unmittelbarer Nutzen — Erhaltung von Teilen der Werkstoffschau

Sonntag, den 13. November, abends 10 Uhr, ist die Werkstoffschau und damit das gesamte Unternehmen der Werkstofftagung geschlossen worden. Dieser äußere Abschluß einer jahrelangen Arbeit, sowie die Beachtung und Anerkennung, die das Unternehmen gefunden hat, rechtfertigen es, rückblickend hier kurz den Weg, den wir gegangen sind, darzulegen, das Ergebnis festzustellen und die wichtigsten Gesichtspunkte zusammenzufassen[1]).

Der Gedanke der Werkstofftagung ist aus einem Bekenntnis entsprungen: Wir Verbraucher des Werkstoffs wissen zu wenig vom Werkstoff selbst, und wir Erzeuger des Werkstoffs wissen zu wenig von den Anforderungen des Verbrauchers an den Werkstoff. Erzeuger und Verbraucher müssen sich zu gemeinsamer Arbeit zusammenschließen, um wichtige Fortschritte der Technik, die vom Werkstoff abhängig sind, zu erreichen.

Durchführung. Der Verein deutscher Ingenieure fand bei der Darlegung dieser Gedankengänge die vollste Unterstützung des Vereins deutscher Eisenhüttenleute, der Gesellschaft für Metallkunde und des Zentralverbandes der Deutschen Elektrotechnischen Industrie[2]). Diese vier Organisationen wurden die Träger des Unternehmens. Aber auch sie wieder waren angewiesen auf die selbstlose und tatkräftige Mitarbeit vieler andrer technisch wissenschaftlicher und wirtschaftlicher Vereine, sowie vor allem auf die führenden Firmen der Werkstoff erzeugenden Industrie, auf die Verbraucher und die Firmen, die Prüfmaschinen und alle die vielfältigen andern Apparate zur Gütebestimmung des Werkstoffs herstellen. Die Wünsche der Verbraucher wurden durch den zu Beginn des Jahres 1927 gegründeten Beirat der Verbraucher gesammelt und für die Werkstoffvorträge verarbeitet, auch ein großer Teil bemerkenswerter Ausstellungsstücke auf der Werkstoffschau wurde vom Beirat der Verbraucher zur Verfügung gestellt. Es gelang, die Ingenieure und Hüttenleute für den Gedanken zu begeistern, in gemeinsamer Arbeit zu zeigen, was heute erreicht ist und den Weg zu weisen, den man gehen muß, um weitere Fortschritte zu erzielen.

Der Verein deutscher Ingenieure hatte zunächst bei den ersten Plänen an die Werkstoffe in weitestem Umfang, ja auch an die Betriebstoffe gedacht. Bei der vertieften Durcharbeitung des ganzen Planes zeigte sich aber, daß weder Zeit noch Raum noch die zur Verfügung stehenden Geldmittel ausreichten, um neben den Metallen und den Isolierstoffen auch noch die Riesengruppe der Baustoffe in gleich gründlicher Form darzustellen. Man hat sich deshalb bald auf das in dieser Tagung behandelte Gebiet beschränken müssen. Der Verein hat sich vorbehalten, gegebenenfalls später auch andre Werkstoffgruppen, falls er ausreichende Unterstützung der in Frage kommenden Fachvertretungen findet, ähnlich zu behandeln.

Die Werkstofftagung gliederte sich in den wissenschaftlichen Teil der Werkstoffvorträge und den darstellenden Teil der Werkstoffschau. In den eingehend durchgearbeiteten wissenschaftlichen Kursen, die vorgesehen waren, haben 196 Vortragende im ganzen 226 Vorträge gehalten. Der Besuch war über alles Erwarten gut. Wir hatten bestenfalls mit der Ausgabe von 2000 Karten gerechnet, rd. 8000 Karten sind ausgegeben worden. Für manche der Vorträge langten die großen Räume der Technischen Hochschule nicht aus. Die 226 Vorträge hatten im Mittel nicht weniger als je 395 Besucher. Auch der Besuch hervorragender Ausländer bei den Vorträgen war stark.

Sehr frühzeitig war man sich darüber klar gewesen, daß man mit den Vorträgen eine planmäßig durchgearbeitete Vorführung von Anschauungsmaterial verbinden sollte. Diesen Gedanken hatten wir bald dahin erweitern müssen, daß es dringend erwünscht sei, die Werkstoffprüfung im großen praktisch zu zeigen. Für diese Werkstoffschau stellte das Ausstellungs- und Messeamt der Stadt Berlin die neue große Autohalle zur Verfügung. Es hat uns mit seinen Erfahrungen in dankenswerter Weise weiter geholfen, besonders auch auf dem Gebiete der notwendigen Propaganda für den Besuch der Werkstoffschau.

Entscheidend für den Erfolg des ganzen Unternehmens war die sorgfältige wissenschaftliche Vorbereitung innerhalb der Fachgruppen. In den in Frage kommenden Industriegebieten ist teilweise über ein Jahr an der Durchführung des großen Planes gearbeitet worden. Die Fachgruppen übertrugen die Verantwortung für das, was zu zeigen war, angesehenen unabhängigen Fachmännern, die bereits seit langem das wissenschaftliche Vertrauen dieser Gruppen genossen und die nun, nur von dem Wunsch geleitet, das für das Ziel der Werkstofftagung Notwendigste zu zeigen, ihre Arbeit selbstlos unter Überwindung vieler Schwierigkeiten durchführten. Man ist an vielen Stellen so weit gegangen, in einzelnen Werken, z. B. des Industriegebiets, ganze Abteilungen fertig aufzubauen, durch die Kommission beurteilen zu lassen und zu ändern und wieder zu ändern, um sie erst nach voller Zufriedenstellung in Kisten verpackt nach Berlin zu schicken.

Einer der auffallendsten und wichtigsten Grundsätze war die Anonymität der Ausstellung. Es sollte gezeigt werden, was der „deutsche" Werkstoff heute ist und welchen Ansprüchen er genügt. Der Name der Firma trat vollständig zurück. Nur an besonders eingerichteten Auskunftstellen konnte man Einzelheiten erfahren. Dieses vollkommene Zurücktreten der privatwirtschaftlichen Gesichtspunkte der einzelnen Firmen ist gerade vom Ausland aus als kennzeichnend für die Zielsicherheit der deutschen Technik und Industrie und für den Willen zur Gemeinschaftsarbeit hoch anerkannt worden.

Mit diesem Weglassen der einzelnen Firmenbezeichnung war aber noch mehr erreicht. Erst jetzt konnten die das ganze Gebiet bearbeitenden wissenschaftlichen Mitarbeiter, ohne die eine oder die andre Firma zu schädigen, aus der großen Zahl der Firmen diejenigen aussuchen, die das eine oder andre zu zeigen hatten. Damit wurde eine ungewöhnliche Konzentration der ganzen Ausstellung erreicht, die so weit ging, daß manche Fachmänner darauf

[1]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 1418 und 1659, VDI-Nachrichten 6. Jahrg. 1926 Nr. 52, 7. Jahrg. 1927 Nr. 30, 39 und 41 bis 46.
[2]) Vergl. VDI-Nachrichten 7. Jahrg. 1927 Nr. 8, 12, 16 und 21.

hinwiesen, daß sie für eine kleine Abteilung Tage brauchten, um sie gründlich kennen zu lernen. Voraussetzung war ebenfalls, daß der äußere Rahmen der ganzen Schau den Firmen zur Verfügung gestellt und von einer Platzmiete vollständig abgesehen wurde. Bei der alten Form der Ausstellung, wo es jeder Firma überlassen bleibt, soviel Platz für sich in Anspruch zu nehmen, als sie bereit ist, zu bezahlen, sind endlose Wiederholungen nicht zu vermeiden, da dann natürlich jede Firma zeigen will, was sie selbst leistet, gerade auch dann, wenn die in Wettbewerb stehende andre Firma die gleichen Gegenstände zeigt.

Die Gliederung der Werkstofftagung in die drei Fachgruppen: Stahl-Eisen, Metalle, Isolierstoffe der Elektrotechnik, wurde überdeckt durch die zweite Einteilung: in das Prüffeld und die Werkstoffübersicht. Der untere Raum der Halle von 9270 m² nahm das groß angelegte Prüffeld in Anspruch. Hier arbeiteten ständig mehr als 200 Prüfmaschinen. Daneben zeigten sich zahlreiche andre Abteilungen, z. B. die der Prüfung mit Hilfe von Röntgenstrahlen, in vollster Arbeit. Die Elektrotechnik führte in einem großen Prüffeld Versuche vor mit Gleichstrom und Wechselstrom von einer Million Volt Spannung. Der übrige Teil der Halle zu ebener Erde sowie die 4230 m² umfassende Galerie war angefüllt von der Werkstoffübersicht. Wie sorgfältig hier immer nur mit dem einen Ziel der Belehrung die Gruppen angeordnet waren, zeigen die beigefügten Abbildungen, Textblatt 27 bis 32, die natürlich nur in einem kleinen Teil dessen, was die Werkstoffschau bot, hier den Besuchern in Erinnerung bringen können.

Bei der Einrichtung der Werkstoffschau waren sehr große Schwierigkeiten zu überwinden. Die Halle, für ganz anders geartete Ausstellungen, z. B. Vorführung fertiger Kraftwagen, gebaut, mußte erst für den vorliegenden Zweck vorbereitet werden. Sie hat keinerlei Eisenbahnanschluß und keine Hebezeuge. In dankenswerter Weise wurden uns zwei große Laufkrane für je 5 t in den Teil der Halle, die die schwersten Stücke erhielt, eingebaut. Es waren Ausstellungsstücke von 17 t Gewicht, wie z. B. das große Getriebe, zu bewältigen, die zum Teil auch außerhalb der Reichweite der erwähnten Krane aufzustellen waren. Die großen Werkstoff-Prüfmaschinen brauchten, um genau arbeiten zu können, sehr tiefgehende schwere Fundamente, nicht weniger als 320 m³ Beton mußten eingebaut werden. Selbst die vorhandene Beleuchtung genügte in keiner Weise für die Arbeiten, die hier zu verrichten waren. Es fehlten vollständig die vielen Leitungen für Strom, Wasser und Gas, die die verschiedenen Abteilungen notwendig brauchten. Der Aufbau eines riesigen, voll arbeitenden Prüffeldes bedeutet eine große Arbeit und auch sehr hohe Kosten; sechs Wochen, zuletzt in Tag- und Nachtarbeit, mußte am Aufbau gearbeitet werden.

Der Besuch der Schau hat allen Erwartungen entsprochen. 235 000 Besucher sind gezählt worden. Davon entfallen 45 000 auf Schulen, die sich zuletzt auf so wenige Stunden zusammendrängten, daß sie zum Teil die fachmännischen Besucher am Studieren hinderten. Auf der andern Seite war es erfreulich, daß gerade auch der Jugend Gelegenheit geboten wurde, in ein Arbeitsgebiet der Technik Einblick zu gewinnen, das nur sehr selten nicht zum Fach Gehörige zu sehen bekommen. Kostbare wissenschaftliche Apparate, einst nur als wohlbehüteter Stolz des hervorragenden Forschers an Universität und Hochschule zu finden, sind heute normales industrielles Werkzeug. Mikroskop und Röntgenapparat stehen im gleichen Range mit Hammer, Meißel, Drehbank und Feile.

Wir sind stolz, daß wir Besucher aus allen Kreisen des deutschen Volkes zählen konnten. Nicht nur Ingenieure und Generaldirektoren besuchten die Schau, sondern auch Volkswirte, Handwerker und Künstler. Wer von denen, die der Fachtechnik ferner stehen, mit aufmerksamen Sinnen diese Schau sah, mußte sich auch darüber klar werden, daß heute in der die großen Werte schaffenden Industrie sehr wichtige Arbeitsgebiete vollkommen unabhängig geworden sind von dem Willen des einzelnen Menschen. Weder Aufsichts- noch Betriebsrat können durch Mehrheitsbeschluß die Gütebeschaffenheit des Materials feststellen. Die objektive Wahrheit der Naturerkenntnis steht über dem Willen der Menschen. Es gibt also große wichtige Gebiete des Zusammenarbeitens, bei denen Weltanschauungsfragen keine Rolle spielen; auch ein gewisser Trost in unsrer heute so nach Anschauungen zerklüfteten Zeit. Die Funktion des Wollens tritt erst wieder in Wirksamkeit, wenn es sich darum handelt, ob man das, was die wissenschaftliche Forschung lehrt, beachten will oder nicht. Hier pflegt aber der Nichtbeachtung so sicher die Strafe zu folgen, daß heute die deutsche Industrie gewöhnt ist, auf das Ergebnis wissenschaftlicher Forschung ausschlaggebenden Wert zu legen.

Auswertung. Schon in der langen Vorbereitung der Werkstofftagung ist die Frage der Auswertung mitbehandelt worden. Die Fachgruppen für Stahl-Eisen und für Metalle haben sich von vornherein entschlossen, Werkstoffhandbücher herauszugeben. Und zwar hat man die starre Form des gebundenen Buches aufgegeben und das Ergebnis unsrer heutigen Erkenntnis so kurz wie möglich auf losen Blättern zusammengefaßt, die man in einem Ringbuch zusammenhält. Es lassen sich die im Laufe der Weiterentwicklung notwendig werdenden Ergänzungen in Ersatz- und Ergänzungsblättern ohne weiteres einfügen. Diese Handbücher haben solche Anerkennung gefunden, daß die erste Auflage des Werkstoffhandbuches „Nichteisenmetalle" in Höhe von 2000 Exemplaren bereits vergriffen ist, und daß nicht weniger Exemplare auch von dem Werkstoffhandbuch „Eisen und Stahl" abgesetzt wurden. Diese Handbücher sind als ausgezeichnete Mittel für das zusammengefaßte notwendigste Wissen vom Werkstoff erkannt worden.

Über den Werkstoff sind als Vorbereitung zur Werkstofftagung bis zum November dieses Jahres zahlreiche Aufsätze in den führenden technischen Fachzeitschriften, die sich mit diesen Fragen befassen, erschienen. Diese Zeitschrift allein hat 1926 und 1927 154 Aufsätze und Rundschaubeiträge über Werkstofffragen mit zusammen 533 Seiten Umfang gebracht. Von den Vorträgen der Werkstofftagung ist etwa die Hälfte bereits in den verschiedensten Zeitschriften abgedruckt worden.

Der Verein deutscher Eisenhüttenleute hat sich außerdem in dankenswerter Weise entschlossen, sämtliche in seiner Fachgruppe gehaltene Vorträge nebst den wichtigsten Teilen des Meinungsaustausches mit Abbildungen von der Werkstoffschau und kurzem Text gruppenweise in einzelnen Heften herauszugeben. Die Deutsche Gesellschaft für Metallkunde sucht mit dem Verein deutscher Ingenieure gemeinsam nach einem Weg, das gleiche für die Nichteisenmetalle durchzuführen. Die Elektrotechnik hat in ihrer Hauptzeitschrift — der ETZ — in einem umfangreichen Sonderheft die elektrischen Isolierstoffe behandelt. Darüber hinaus wird geplant, von dem wichtigsten in Tafeln dargebotenen Wissensstoff einiges für Unterrichtzwecke besonders Bearbeitetes durch den Deutschen Ausschuß für technisches Schulwesen in besondern Tafeln herauszugeben. Die Werkstoffvorträge und die Werkstoffschau bieten einen Riesenstoff für Unterricht und Vorträge über Werkstoffe in den vielen hunderten von technischen Vereinen Deutschlands. Lichtbilder und andres Material steht für diese Vorträge zur Verfügung.

Der wichtigste Teil der Auswertung ist beim Besuch der Werkstoffschau selbst vor sich gegangen. Viele maßgebende Firmen hatten ihre Fachmänner zum Studium einzelner Abteilungen nach Berlin entsandt. Was hier gelehrt und gelernt wurde in der mündlichen Besprechung, an Apparaten und Maschinen, von Fachmann zu Fachmann, entzieht sich natürlich jeder Feststellung. Es sind uns aber so viele anerkennende Äußerungen, gerade über den Nutzen, der hierdurch erzielt wurde, zugegangen, daß man annehmen kann, daß die Erwartungen vollständig erreicht wurden. Es ist zu hoffen, daß sich die Worte des Reichspräsidenten, als er nach seinem Besuch die Werkstoffschau verließ, erfüllen werden: „Die volle Bedeutung dieser Schau wird sich für die deutsche Technik und Industrie noch nach Jahren auswirken."

Die Anerkennung des großen Unternehmens liegt in dem Besuch der Vorträge und der Schau, der sich von Tag zur Tag steigerte. Von den verschiedensten Seiten wurde dringend gewünscht, die Schau zu verlängern. Dies war leider unmöglich, weil die Firmen schon hervor-

C. Matschoß: Die Werkstofftagung Berlin 1927



Eingang zur Werkstoffschau
Kupferschale, 5 m Dmr., 1,7 m Höhe, 3,5 t Gewicht; Stahlhaus; Breitflanschträger über dem Eingang, 32 m Länge, 7,8 t Gewicht.



Blick durch den Mittelgang
Links: Gruppe Nichteisenmetalle, rechts: Gruppe Stahl und Eisen, im Hintergrund das elektrotechnische Hochspannungsprüffeld

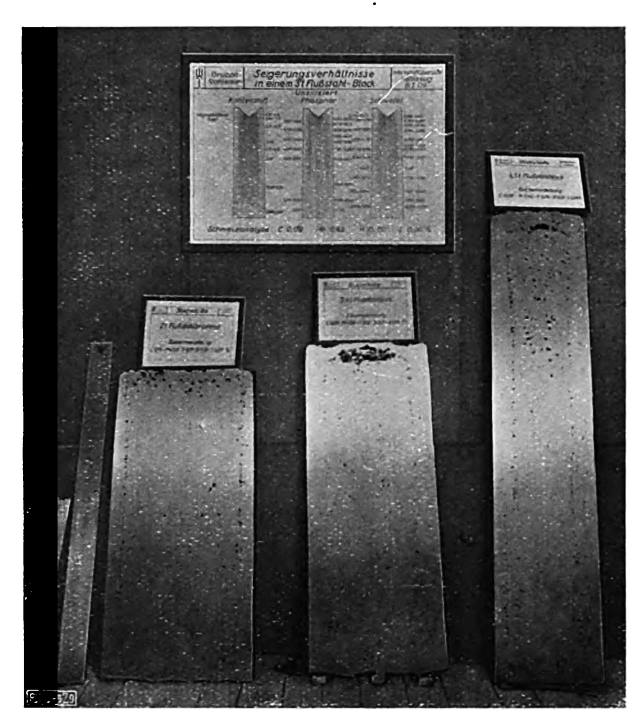


Abteilung Wärmebehandlung
Glühen, Härten, Anlassen, Vergüten

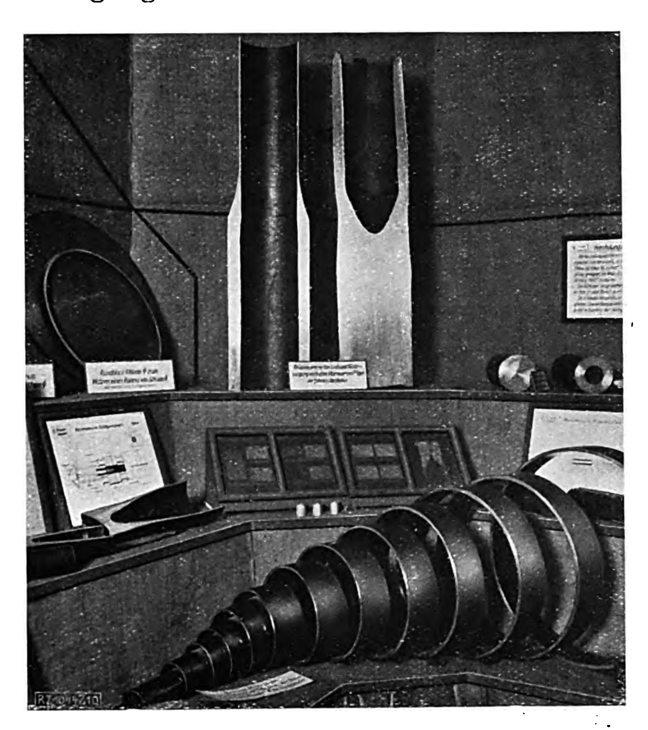


Abteilung Bearbeitbarkeit
Drehen, Fräsen, Hobeln, Pressen, Schleifen, Bohren

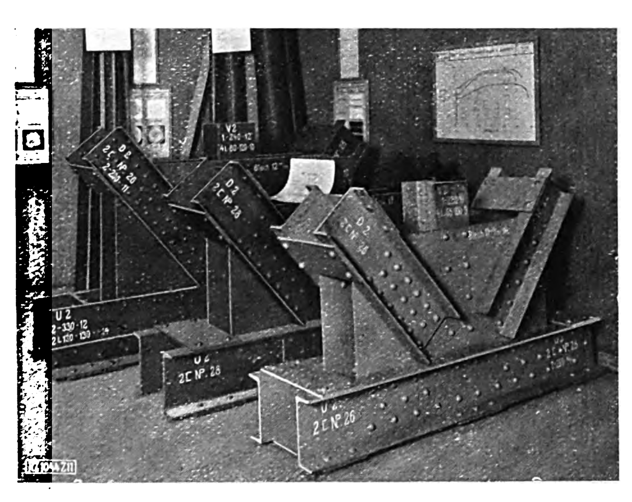
C. Matschoß: Die Werkstofftagung Berlin 1927



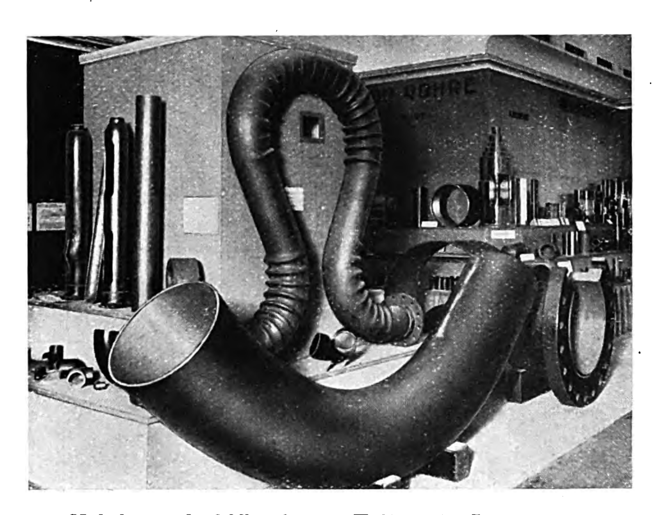
Aufgeschnittene Flußstahlblöcke mit Seigerungserscheinungen und Gasblasen



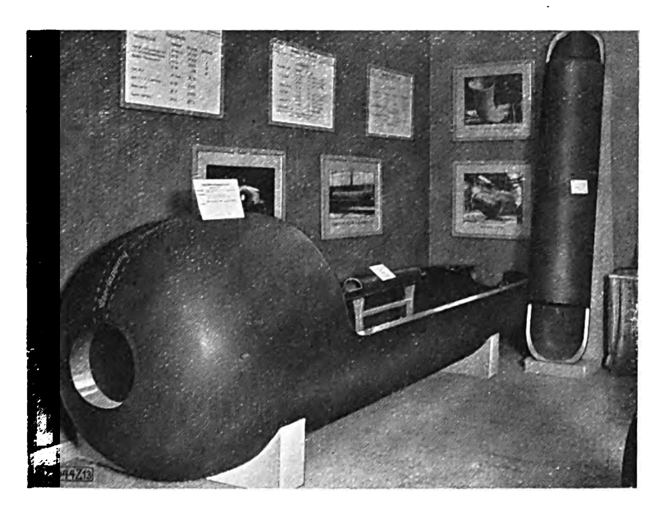
Rohrherstellung nach dem Mannesmann-Pilger-Verfahren (bis 600 mm l. W.)



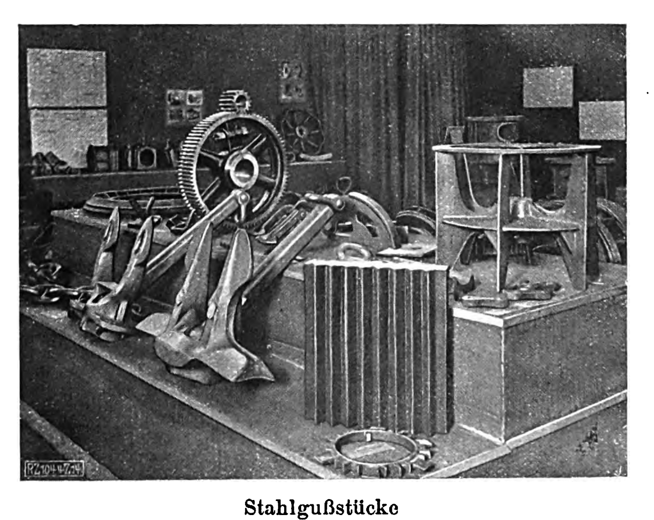
Vergleich zwischen Stahl 37, Stahl 48 und Si-Stahl Knotenpunkt für gleiche Belastung.



Nahtlose Stahlflaschen, Faltenrohr-Lyrabogen, Rohrkammer (527 mm Außen-Dmr., 11,5 mm Wanddicke und 90° Krümmung, Krümmungs-Halbmesser 1900 mm)

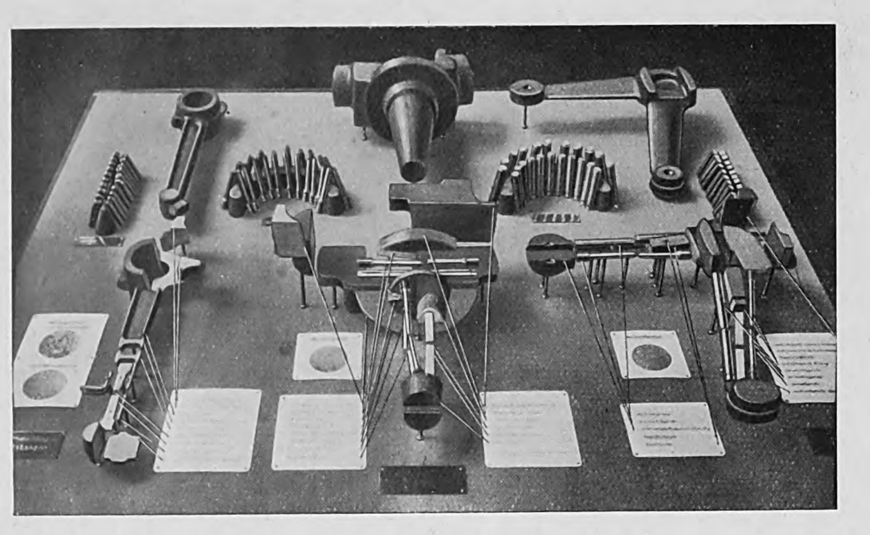


Geschweißte Trommel eines Hochdruckkessels

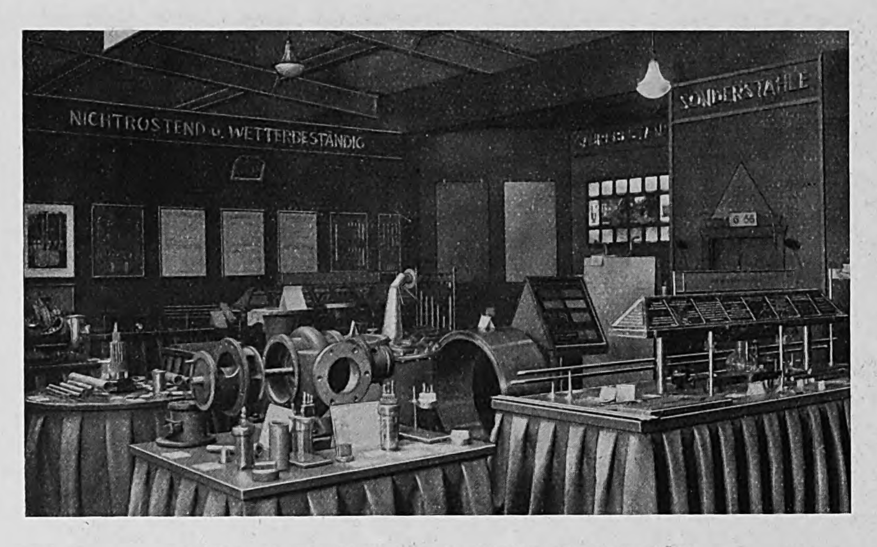


Stahlgußstücke

C. Matschoß: Die Werkstofftagung Berlin 1927



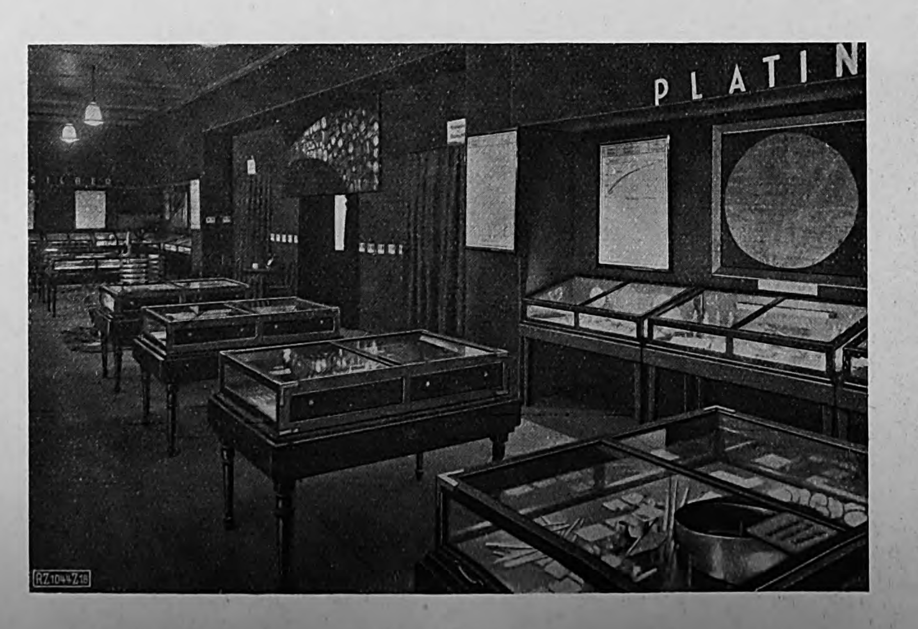
Beispiele für Probenahme an Werkstücken



Nichtrostende und säurebeständige Sonderstähle

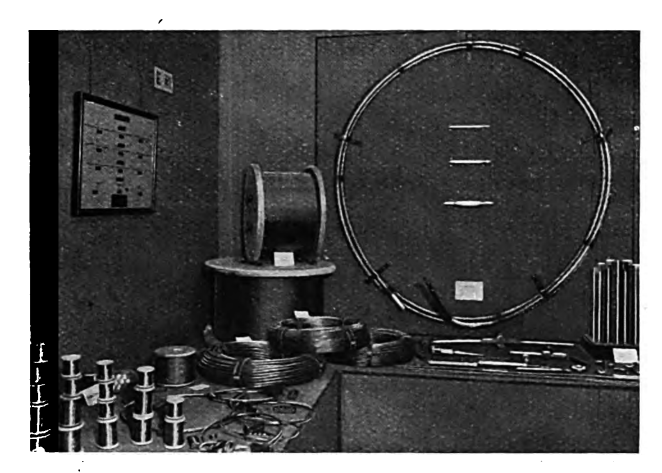


Vergütete Rillenschienen, auf den Tafeln Härteverteilung

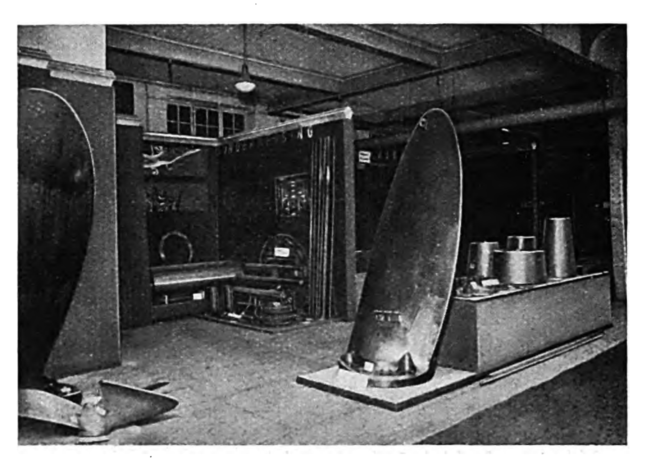


Abteilung Edelmetalle

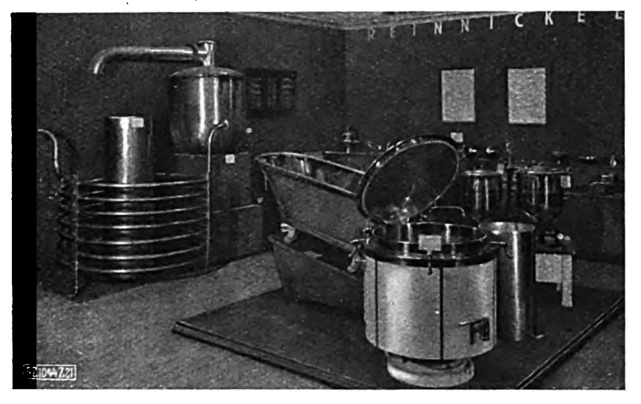
C. Matschoß: Die Werkstofftagung Berlin 1927



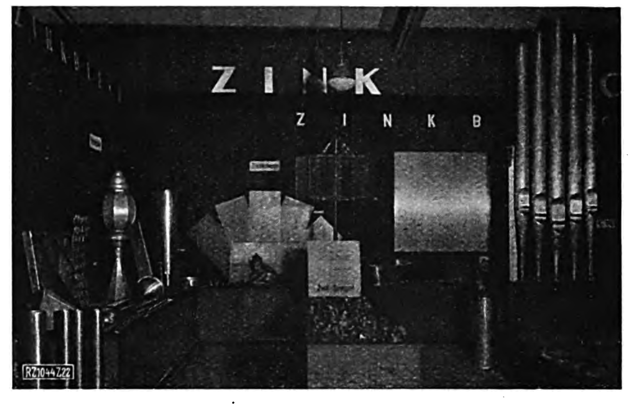
Drähte und Seile in der Abteilung Kupfer



Teil einer Schiffsschraube aus Sonderbronze



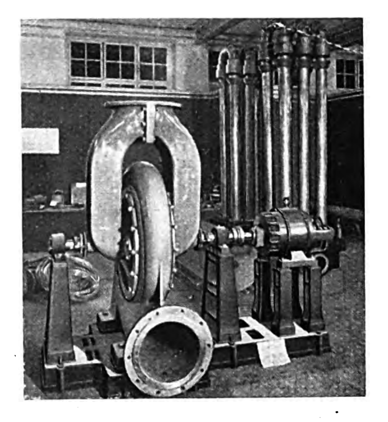
Geräte aus Nickel



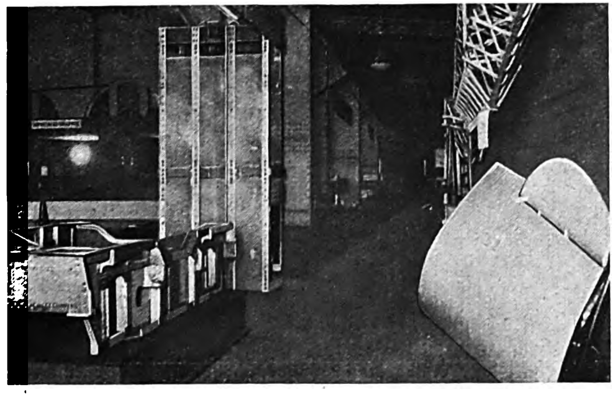
Teile aus Zinkblech und Zinkspritzguß



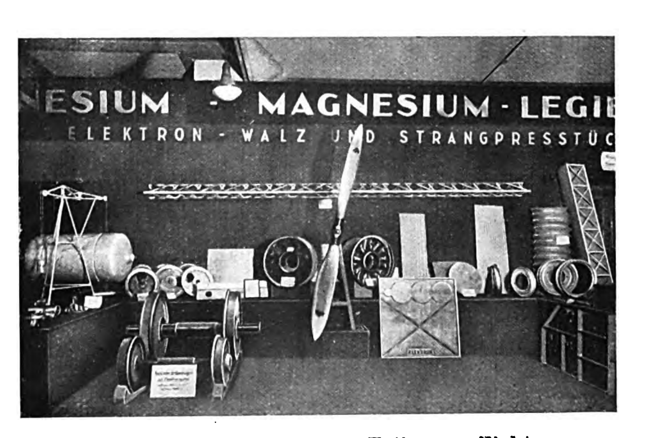
Abteilung Aluminiumgußlegierungen



Lüfter und Rohrleitungen aus Hartblei



Scleron-Drehgestell und Duralumin-Förderkorb (links)
Tragfläche und Luftschiff-Gitterträger aus Duralumin (rechts)



Magnesium-Legierungen — Teile aus Elektron



ragende Fachmänner für die Durchführung der Versuche und die Beratung der Besucher drei Wochen frei gemacht hatten, so daß zum Teil der wissenschaftliche Betrieb einzelner Firmen vollständig stillgelegt war. Es ließ sich nicht rechtfertigen, hier noch größere Opfer an Zeit zu verlangen. Andere Beamte, die für eine Ablösung in Frage kommen konnten, standen nicht zur Verfügung.

Eine besonders große Anerkennung des wertvollen inneren Gehalts der Veranstaltung ist auch in den vielfachen Wünschen und Anregungen zu sehen, die Werkstoffschau in ihrer Gesamtheit als Studienausstellung oder Museum zu erhalten. Der Gedanke war nicht zu verwirklichen. Der Verein deutscher Eisenhüttenleute hat sich aber im Einverständnis mit der ihm nahestehenden Industrie entschlossen, einen großen Teil der belehrenden Ausstellung zu erhalten und in den Räumen des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Eisenforschung in Düsseldorf für den öffentlichen Besuch zugänglich zu machen. Ähnliche Gedanken beschäftigen die Deutsche Gesellschaft für Metallkunde. Außerdem soll versucht werden, den vielen Wünschen für Überlassung einzelner Teile, die vom Deutschen Museum, von Instituten und Hochschulabteilungen geäußert wurden, nach Möglichkeit zu entsprechen.

Die Anerkennung, die die Veranstaltung von Seiten des Reichspräsidenten, von Reichs- und Landesministern, sowie von hervorragenden Vertretern der deutschen Technik und Wissenschaft, Industrie und Wirtschaft gefunden hat, wird die vielen Mitarbeiter, die ihre volle Arbeitskraft und ihr bestes Können und Wissen selbstlos zur Verfügung stellten, ebenso erfreuen, wie der große Widerhall, den ihre Arbeit in der deutschen und internationalen Fach- und Tagespresse gefunden hat.

Als im Jahre 1856 achtzehn junge Ingenieure den Verein deutscher Ingenieure gründeten, setzten sie ihm das Ziel, durch Zusammenfassung der geistigen Kräfte für das Wohl der vaterländischen Industrie zu arbeiten. Nur, weil es gelungen ist, die geistigen Kräfte von hunderten von Mitarbeitern in den großen Gedanken der Förderung deutscher Technik zu gemeinsamer Arbeit zusammenzufassen, können wir uns heute des erreichten Erfolges freuen. [B 1044]

Roheisen für die Herstellung von Kokillen

Die Herstellung von Kokillen erfordert große Sorgfalt, da viele Walz- und Gußfehler auf die mangelhafte oder ungeeignete Form und auf die innere Beschaffenheit der Kokillen zurückzuführen sind. Ein enges Zusammenarbeiten des Stahlwerkes mit den Herstellern der Kokillen ist daher erforderlich, da heute viel größere Anforderungen an sie hinsichtlich genauer Form und Aussehen gestellt werden, um möglichst geringen Abfall und Ausschuß im Stahl- und Walzwerk zu erhalten.

Die Firma The Valley Mould & Iron Co., Hubbad Ohio[1]), hat innerhalb zweier Jahre bereits die zweite größere Anlage zur Herstellung von Kokillen erbaut. Das neue Werk liegt neben dem der Youngstown Sheet & Tube Co., die das Eisen zum Gießen der Kokillen unmittelbar aus dem Hochofen liefert. Die Anlage ist so angeordnet, daß die Kokillen in einem fortlaufenden Arbeitsgang hergestellt werden können.

Die Kerne für die Kokillen stampft man an dem einen Ende der Haupthalle (301 × 24,5 m²), worauf man sie schwärzt und trocknet. Darauf stampft man die Formkasten, schwärzt und trocknet sie. Dann setzt man die Formkasten zusammen und stülpt sie über den Kern. Nach dem Gießen entleert man die Formkasten, läßt die gegossenen Kokillen abkühlen und säubert sie. Am andern Ende der Haupthalle werden die Kokillen verladen.

Westlich neben der Haupthalle sind in einer Halle (73 × 21 m²) die Formkasten untergebracht. Östlich der Haupthalle liegt eine weitere Halle (106 × 21 m²), in der die Sandvorratbehälter und die Sandaufbereitung aufgestellt sind. Die Kokillenplatten und verschiedene andre Gußteile, einschließlich der neuen und ausgebesserten Ersatzteile für Formkasten, Kernspindeln usw., stellt man in einer Halle (73,5 × 21 m²) her, die in der Verlängerung der Sandvorrathalle liegt. Zu beiden Seiten der Halle sind Gleise verlegt, auf denen eine Sandschleudermaschine fährt, die den Sand mit hoher Geschwindigkeit in die Formkasten wirft. Ein Laufkran hebt die Formkasten und die Kokillen heraus und befördert die Sandschleudermaschine von einem Gleis zum andern. Die Pfannen werden in einem Raum zwischen der Sandformerei und der Sandaufbereitung überholt, feuerfest ausgekleidet und getrocknet.

Für Formen und für Kerne wird grober Sand verwendet. Das Verhältnis von neuem zu altem gebrauchten Sand hängt in der Hauptsache von der Form der Kokille, von der Wanddicke und von dem Gewicht ab. Im allgemeinen mischt man neuen und gebrauchten Sand zu gleichen Teilen.

[1]) „The Foundry" Bd. 55 (1927) S. 882.

Das Kerngehäuse, das aus einem Stück oder aus vier losen Platten, um einen Richtpfosten angeordnet, hergestellt ist, wird im Kernkasten gelagert, der Kernformkasten wird geschlossen und mit Drucklufthämmern mit Sand vollgestampft. Die durchschnittliche Dicke des Sandes um das Kerngehäuse beträgt rd. 50 mm. Der Kern wird mit dem Kran herausgehoben, über einen langen Trog gehängt und geschwärzt.

In dem ölgeheizten Trockenofen kann man gleichzeitig 40 Kerne bei einer Temperatur von rd. 300 °C in 3 bis 4 h trocknen. Die Kerne werden mittels kurzer Eisenstangen, die oben durch den Hals des Kerngehäuses gezogen werden, auf den Köpfen von Schienen gelagert, die durch den Ofen gezogen sind. Die Decke des Gewölbes wird durch flache, auf Rollenlagern laufende Stahltüren verschlossen. Die getrockneten Kerne werden in einer Reihe auf Platten, die auf Wagen befestigt sind, vor den Stampfbänken der Formkasten aufgestellt. Nachdem die Formkasten über die Kerne gestülpt sind, werden die Wagen zu einer der beiden parallel laufenden Gießbühnen gebracht.

Die schweren, in der Kokillengießerei benutzten Formkasten sind senkrecht in der Mitte geteilt und werden mittels Bolzen verbunden. Jede Formkastenhälfte hat einen oder zwei Stahlbügel, um sie mit dem Kran befördern zu können.

Der Formkasten wird in wagerechter Lage zusammengebaut, dann senkrecht aufgehängt und über das Holz- oder Metallmodell gestülpt, das auf einer Platte steht, die Führungsbolzen hat. Druckluftrammer, die an einem Seil mit Gegengewicht hängen, stampfen den Sand in den Formkasten ein. Der Einguß wird erst angebracht, wenn die Form von dem Modell abgezogen und auf einen Bock gestellt ist, wobei man auch Fehler ausbessern und die Oberfläche der Form schwärzen kann.

Von hier befördert man die Formen zur Trockenbühne, die mit 20 Ölbrennern in vier Reihen ausgerüstet ist. Jede Form wird über einen Brenner gestellt und in 2 bis 3 h getrocknet. Die zusammengebauten Formkasten werden zur Gießbühne gebracht. Die Hochöfen sticht man Tag und Nacht in Abständen von 4 h ab, daher muß immer eine genügende Anzahl von Formkasten bereitstehen. Nachts, Sonntags und an Feiertagen wird das Eisen in Masseln gegossen. Das flüssige Eisen wird in 40-t-Pfannen vom Hochofen gebracht und mittels eines Kranes in 15 t-Gießpfannen mit Bodenverschluß verteilt. [N 1063]

Berlin **Steck**

Auspufftemperaturen und Leistungsgrenzen von Dieselmaschinen mit ungekühlten Grauguß-Tauchkolben

Von Dr.-Ing. V. Heidelberg, Bensberg

Aufstellung der Beziehungen zwischen Auspufftemperatur, Leistung und Drehzahl einer gegebenen Maschine als Mittel zur schnellen Bestimmung der Lastverteilung auf die Zylinder und der zulässigen Höchstleistung unter beliebigen Verhältnissen. — Abhängigkeit der Höchstleistung von Zweitaktmaschinen vom Gegendruck.

Die starke Verbreitung von Dieselmaschinen aller Arten und Größen in den letzten Jahren auf allen Gebieten hat die Frage des Nachweises der Nutzleistung solcher Maschinen von neuem aufgerollt. Da es nicht möglich ist, die Nutzleistung einer Maschine im wechselnden Fabrikbetrieb und vor allem im Fahrzeug jederzeit genau zu messen, hat man neuerdings vorgeschlagen, wieder wie im alten Schiffsmaschinenbau die indizierte Leistung anzugeben, obgleich für den Besitzer der Maschine nur die Leistung am Schwungrad oder am Wellenstumpf wichtig ist, die Leistung, die ihm zur Verfügung steht und nach der er seine Arbeitsmaschinen bemessen muß, während er praktisch mit der Angabe der indizierten Leistung nichts anfangen kann.

Dazu kommt, daß man bei schnellaufenden mehrzylindrigen Dieselmaschinen, auf die neuerdings die Entwicklung zustrebt, die indizierte Leistung überhaupt nicht genau bestimmen kann. Auch bei Anwendung von Indikatoren mit kleinen bewegten Massen muß man wegen der hohen Drehzahlen und Zünddrücke sehr starke Federn verwenden; der Maßstab der Diagramme, die den Druckverlauf richtig anzeigen, wird infolgedessen sehr klein, die Planimetrierung solcher Diagramme so ungenau, daß schon die Dicke des Striches Fehler von 15 bis 20 vH ergibt.

Sorgfältige Messungen an Mehrzylindermaschinen kann man ferner nicht so durchführen, daß man mehrere Indikatoren anbaut, da ihre Aufzeichnungen gegeneinander nach kurzer Zeit der Benutzung erheblich streuen. Man zieht daher vor, z. B. bei Sechszylindermaschinen, die lange gleichmäßig belastet laufen, die Zylinder nacheinander mit einem und demselben Indikator zu prüfen. Der Ausgleich der Zylinderleistungen gegeneinander ist mit Hilfe von Diagrammen nur möglich, nachdem man die Diagramme ausgewertet und verglichen hat, während häufig der praktische Betrieb eine sofortige Bestimmung der Zylinderleistungen und Verteilung der Last auf die Zylinder erfordert.

Dies hat dazu geführt, daß bei schnellaufenden Maschinen Indiziervorrichtungen häufig nicht mehr vorgesehen werden. Bei Fahrzeugmotoren war dies unbedenklich, so lange sie Vergasermotoren waren, bei denen sich die Leistungen selbsttätig ohne Eingriffe der Bedienung auf die einzelnen Zylinder verteilen. Anders bei Ölmotoren, wo die Leistung des einzelnen Zylinders von der Menge eingespritzten Öles sowie der Beschaffenheit der Brennstoffpumpe und der Einspritzventile abhängt und wo bei Ausfall eines Zylinders durch Überlastung der übrigen Zylinder die ganze Maschine leiden kann.

Auch bei Motorschiffen von kleiner und mittlerer Leistung ist die Bestimmung der Leistung und die gleichmäßige Verteilung der Belastung auf die Zylinder wichtig. Bei Kanalschleppern ist das genaue Einstellen schwer, weil infolge von Begegnungen der Schleppzüge, wechselnder Wassertiefe und Kanalbreite die Maschinenbelastung auf der Fahrt dauernd schwankt. Dabei ist im Schiffsbetrieb die Kenntnis der Maschinenleistung um so wichtiger, als nur die Schleppkraft und die Geschwindigkeit des Schiffes für den Besitzer von Wert ist, diese Größen aber nicht nur durch die Maschinenleistung, sondern auch durch die Form des Schiffskörpers und die Schiffsschraube bestimmt werden. Da es sehr schwer ist, die günstigsten Schraubenabmessungen eindeutig festzulegen, so können, falls das Schiff in bezug auf Geschwindigkeit und Schleppleistung die Kaufbedingungen nicht erfüllt, leicht Streitigkeiten zwischen den Einzellieferern entstehen, die man nur durch schnelle und eindeutige Bestimmung der Maschinen-Nutzleistung vermeidet.

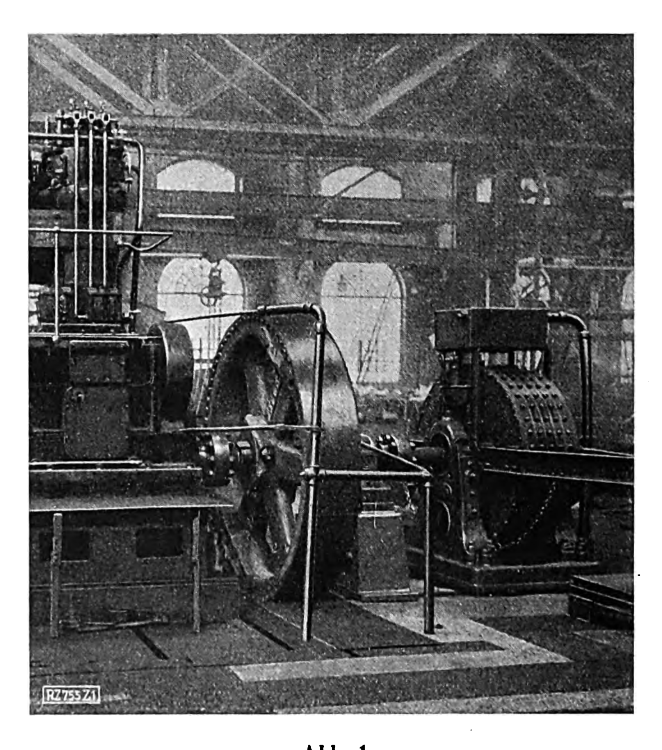


Abb. 1
Prüfstand mit einer Junkersschen Wasserbremse

Hierbei genügt erfahrungsgemäß nicht das Ergebnis von Abnahmeversuchen an der Maschine im Werk der Erbauerin, zumal es den Schiffseigner nicht überzeugt. Erwünscht ist vielmehr ein anerkanntes Verfahren, das ermöglicht, die Leistung im Schiff ohne große Vorbereitungen und kostspielige Versuchseinrichtungen zuverlässig zu bestimmen. Messungen mit Torsiographen sind bei kleineren Anlagen, d. h. unter 1000 PS, um die es sich hier in erster Linie handelt, zu umständlich und zu teuer.

Messung der Auspufftemperatur

Eine sehr gute Möglichkeit, die Leistung solcher Maschinen zu bestimmen, bietet die Messung der Temperatur der Auspuffgase, ein Verfahren, das zur Zeit häufiger im Ausland als bei uns angewandt wird. Dieses Verfahren läßt sich ganz unabhängig von Drehzahl, Größe und Arbeitsverfahren der Maschinen mit bereits gut erprobten Mitteln durchführen und ermöglicht, auf dem Prüfstand die Abhängigkeit der Auspufftemperatur von der Drehzahl und Leistung einer gegebenen Maschine in einem Diagramm festzulegen, aus dem man augenblicklich die jeweilige Belastung der Maschine ablesen kann.

Innerhalb des Leistungsbereichs, der für raschlaufende Maschinen zur Zeit in Frage kommt, ist es leicht, auf den Prüfständen die Nutzleistungen mit Wasserbremsen oder Pendeldynamos genau zu messen. Verwendet man stark überbemessene Wasserbremsen, die eine sehr feinfühlige Einstellung gestatten, so kann man über große Drehzahl- und Leistungsbereiche sorgfältige Messungen vornehmen. Mit gleich großer Genauigkeit kann man mit Stickstoff-Quecksilber-Thermometern oder geeichten Thermoelementen unmittelbar hinter den Auspuffventilen jedes Zylinders bei Viertaktmaschinen und hinter den Auspuffschlitzen bei Zweitaktmaschinen die mittleren Temperaturen der Auspuffgase messen.



Werden die Messungen unter Aufsicht des mit der Abnahme der Maschine beauftragten Ingenieurs ausgeführt und aufgetragen, so bieten sie ein bequemes Hilfsmittel, bei jeder beliebigen Drehzahl die jeweilige Leistung anzugeben. Man braucht dabei nur eine Anzahl von Thermometern oder ein Hauptgerät abzulesen, das mittels Druckknopf- oder Kurbelschaltung an die Thermoelemente der Zylinder geschaltet wird.

Temperaturmessungen dieser Art legen für eine bestimmte Maschine die Beziehungen zwischen Drehzahl, mittlerem nutzbarem Kolbendruck und Auspufftemperatur fest; sie dienen weiter dazu, die Höchstleistung einer Maschine bei verschiedenen Drehzahlen zu bestimmen. Hierdurch werden solche Messungen auch maschinentechnisch wertvoll, zumal die Abgastemperatur eine wichtige Kennzahl der Maschine ist[1]). Führt man diese Messungen an einer Reihe von Maschinen auf dem Prüfstand durch, so kann man folgende Aufgaben lösen:

1. Schnelle Bestimmung der Nutzleistung bei jeder beliebigen Drehzahl und Abmessung der Maschine,
2. Verteilung der Gesamtleistung der Maschine auf die Zylinder,
3. Bestimmung der zulässigen Grenzen von Drehzahl, mittlerem nutzbarem Kolbendruck und Temperatur der Auspuffgase in Abhängigkeit voneinander,
4. Bestimmung der erreichbaren Höchstleistungen.

Versuche

Die Wichtigkeit der Aufgabe gab Anlaß, in den Werkstätten der Motorenfabrik Deutz eine große Reihe solcher Messungen durchzuführen und graphisch auszuwerten. Bei diesen Versuchen wurde der Motor mit einer Junkersschen Wasserbremse, Abb. 1 belastet; zum Messen der Temperaturen dienten Stickstoff-Quecksilber-Thermometer, deren Angaben nach einem amtlich geeichten Thermometer berichtigt wurden. Die Leistungen der Zylinder wurden genau ausgeglichen und als Temperaturen der Auspuffgase die Mittelwerte aus den Ablesungen an den einzelnen Zylindern angesehen. Die Meßstellen befanden sich in den ungekühlten Auspuffkrümmern unmittelbar hinter den Auspuffventilen. Die Thermometer wurden in die Abgasrohre ohne Schutzhülse eingebaut, wobei ihre Quecksilberkugeln allseitig durch die Auspuffgase bespült wurden. Alle Maschinen hatten ungekühlte Tauchkolben aus Grauguß, die Auspuffventilgehäuse der Viertaktmaschinen hatten Wasserkühlung, die Ventilkegel und ihre Sitze dagegen nicht.

Für die Versuche standen zur Verfügung:

Drei einfachwirkende Viertaktmaschinen mit je 6 Zylindern von 30,4 l, 62,3 l und 123,8 l Hubraum des Einzelzylinders, und zwar kompressorlose Einspritz-Dieselmotoren mit rd. 25 at Enddruck der Verdichtung, rd. 40 at Zünddruck bei Nennleistung und 170 g/PS$_e$h spezifischem Brennstoffverbrauch zwischen ¾ Last und 10 vH Überlast.

Eine Zweitaktmaschine mit 4 Zylindern von 9,41 l gesamtem und 7,24 l wirksamem Hubraum jedes Einzelzylinders, Kurbelkastenspülung und Vorkammerzündung; spezifischer Brennstoffverbrauch 190 g/PS$_e$h.

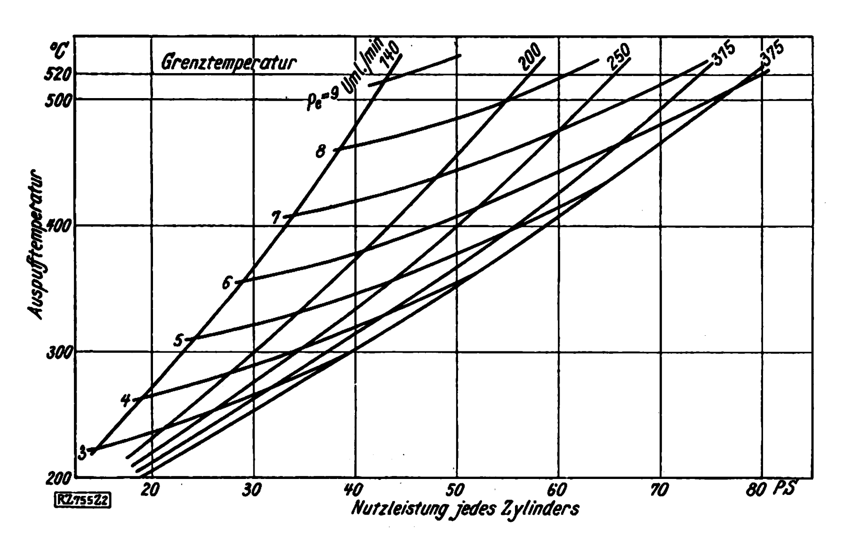


Abb. 2
Hubraum des Einzelzylinders 30,4 l

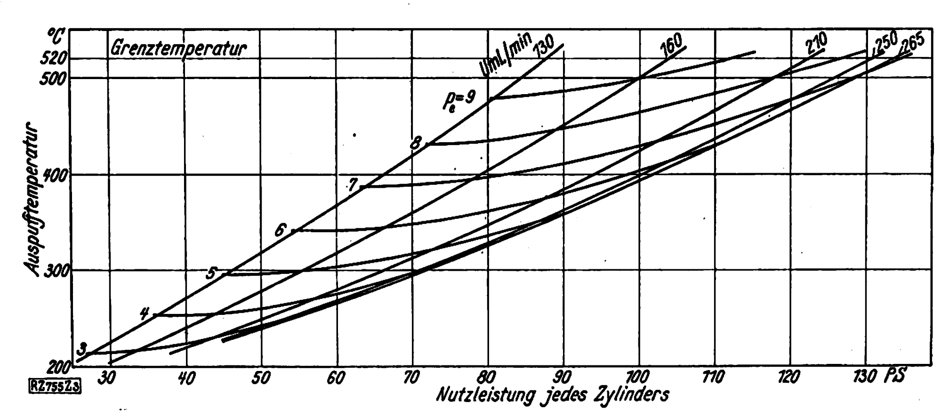


Abb. 3
Hubraum des Einzelzylinders 62,3 l

[1]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 914.

Abb. 2 bis 4
Auspufftemperaturen in Abhängigkeit von der Nutzleistung der einzelnen Zylinder, dem mittleren nutzbaren Kolbendruck p_e und der Drehzahl. Sechszylinder-Viertaktmaschinen mit ungekühlten Grauguß-Tauchkolben.

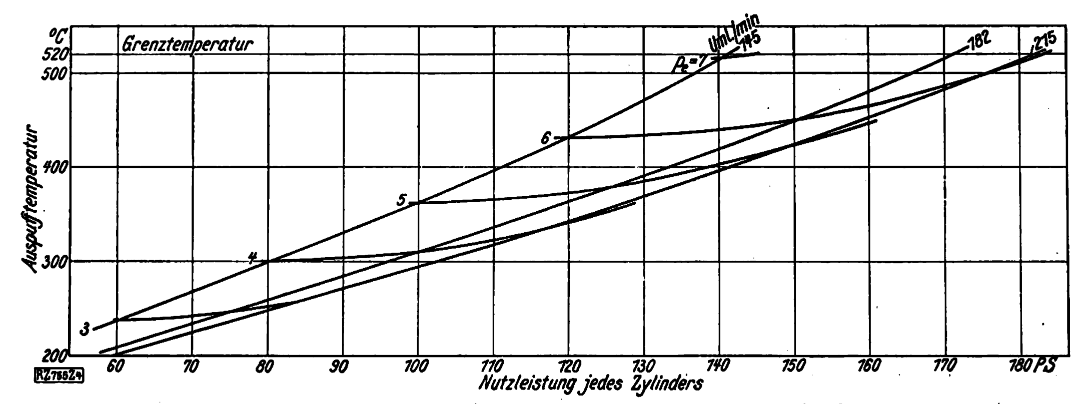


Abb. 4. Hubraum des Einzelzylinders 123,8 l



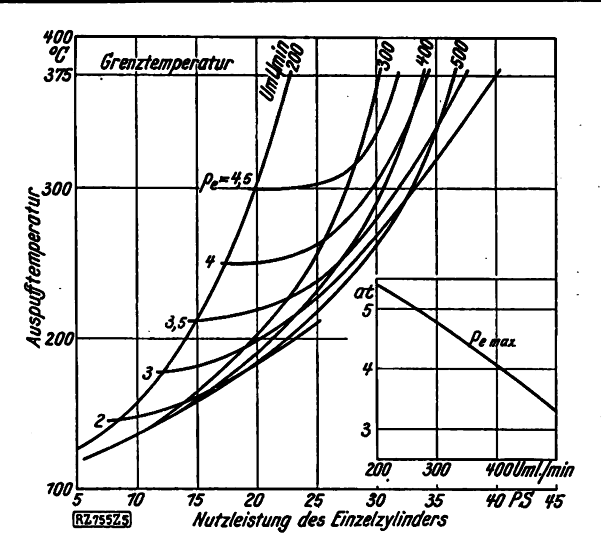


Abb. 5
Auspufftemperaturen in Abhängigkeit von der Nutzleistung der einzelnen Zylinder, dem mittleren nutzbaren Kolbendruck p_e und der Drehzahl sowie Abhängigkeit des höchsten nutzbaren Kolbendrucks $p_{e_{max}}$ von der Drehzahl bei 375 °C Auspufftemperatur. Vorkammer-Zweitaktmaschine.

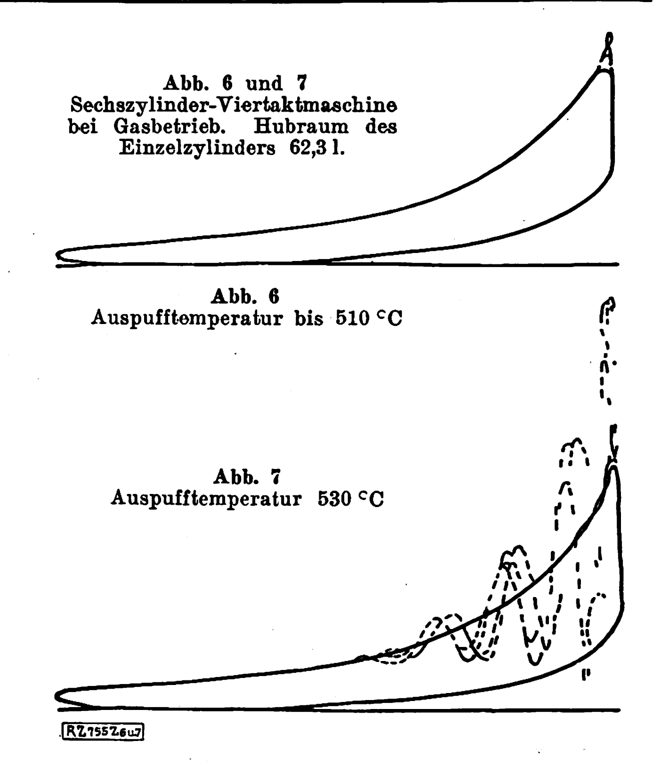


Abb. 6 und 7
Sechszylinder-Viertaktmaschine bei Gasbetrieb. Hubraum des Einzelzylinders 62,3 l.

Abb. 6
Auspufftemperatur bis 510 °C

Abb. 7
Auspufftemperatur 530 °C

Die Messungen wurden an mehreren Maschinen der gleichen Gattung und Größe ausgeführt und ergaben nur ± 5° Streuung der Temperaturwerte, was bei Viertaktmaschinen im Bereich der Nennleistung einen Meßfehler von 1,5 vH bedeutet.

Die Ergebnisse sind in Abb. 2 bis 5 aufgetragen, wobei als Abszissen die Nutzleistungen in einem Zylinder, als Ordinaten die mittleren Auspufftemperaturen dargestellt sind. Die Linien stellen die Abhängigkeit der mittleren Auspufftemperaturen von der Leistung bei gleichbleibender Drehzahl und von der Drehzahl bei gleichbleibendem mittlerem nutzbarem Kolbendruck dar. Die Temperaturkurven für gleichbleibende Drehzahl sind bei Viertaktmaschinen schwach gekrümmt. Ersetzte man sie durch Geraden, so betrüge der größte Fehler 25 °C (rd. 15 vH), der selbst für überschlägliche Messungen (Bestimmung der Linien gleichbleibender Drehzahlen aus zwei Meßpunkten) schon zu groß scheint. Bei Zweitaktmaschinen, Abb. 5, sind diese Linien erheblich stärker gekrümmt.

Zulässige Auspufftemperaturen

An der Hand der Ergebnisse dieser Messungen kann man die Frage beantworten, bis zu welcher Größe man Leistung und Umlaufzahl dieser Maschinen steigern kann, wenn ungekühlte Graugußkolben verwendet werden. Mit großer Übereinstimmung zeigte eine Reihe von Viertaktmaschinen, daß ihre höchste zulässige Auspufftemperatur zwischen 510 und 530° C liegt. Diese Grenze zeigt sich überaus deutlich; bis zu 510° können die Maschinen beliebig lange laufen, ohne daß man eine Verschlechterung des Auspuffs oder eine Neigung zum Fressen bemerkt, nachdem sich die Kolben eingelaufen haben. Steigert man dagegen die Temperatur des Auspuffs auf 520 bis 530°, so wird regelmäßig nach rd. 5 min der Auspuff schlechter. Seine Färbung wird grau, und nach kurzer Zeit klopft die Maschine und bleibt stehen.

Solche Versuche sind nicht ohne Gefahr für die Maschine; man kann sie jedoch bei aufmerksamer Bedienung und bei Verwendung von Schwungrädern mit kleinem Moment wiederholen, ohne daß Brüche auftreten. Die Temperaturgrenze des Auspuffs blieb bei Änderungen der Kühlwassertemperatur zwischen 50 und 70° unverändert. Auch das Spiel zwischen Kolben und Zylinder dürfte daran nur wenig ändern, zumal man hierin nach oben und unten stark gebunden ist. Das kleinste Spiel ist auf Grund langjähriger Erfahrungen der Motorenfabriken das Maß, bei dem auch bei Überlastung um 20 vH kein Kolbenfressen eintritt; das größte Spiel wird dadurch bestimmt, daß die Kolben bei kalter oder schwach belasteter Maschine nicht in den Zylindern klappern oder durchblasen dürfen.

Die Linie der Grenztemperatur wird ziemlich steil von der Leistungskurve bei gleichbleibender Drehzahl geschnitten, so daß selbst bei einer geringen Verschiebung der Grenztemperatur durch andere Toleranzmaße der Graugußkolben die Zunahme der Höchstleistung nur gering wäre.

Die gleiche Grenztemperatur von 520° ergab sich auch bei Betrieb der Maschinen mit armem Sauggas (Braunkohlen-Generatorgas von rd. 1100 kcal/m³ unterem Heizwert). Bei Gasmaschinen kann man die Auspufftemperaturen ohne Änderung der Belastung durch Änderung der Zusammensetzung des Gemisches in weiten Grenzen regeln. Bis zu 500° Auspufftemperatur ergab die Maschine selbst bei langer Betriebsdauer Diagramme nach Abb. 6. Steigert man jedoch die Temperatur auf 530°, so liefert die Maschine nach kurzer Betriebzeit Diagramme nach Abb. 7, die immer mehr an Höhe zunahmen und sich durch starkes Klopfen der Maschine bemerkbar machten.

Diese sehr wertvollen Parallelversuche mit Gasbetrieb ließen sich an den untersuchten Viertaktmaschinen leicht durchführen, weil man sie schnell und ohne Änderung des Verbrennungsraumes unter Verwendung der gleichen Zylinderköpfe auf Gasbetrieb umbauen konnte. Nur der Enddruck der Verdichtung wurde zu diesem Zweck von 25 at auf 12 at vermindert. Da der Verbrennungsraum der Maschine überaus einfach gestaltet ist und keine zum Glimmen neigenden Ecken und Kanten aufweist, ist nicht anzunehmen, daß die Frühzündungen durch glimmende Teile entstanden; Beweis dafür ist auch, daß bei Auspufftemperaturen unter 520° keine Frühzündungen auftraten und bei Heruntersetzen der Temperatur von 530 auf 520° die Neigung zu Frühzündungen verschwand und wieder Diagramme nach Abb. 6 auftraten.

Wie weit diese obere Temperaturgrenze des Auspuffs beim Gasbetrieb vom Verdichtungsgrad der Maschine abhängt, wurde nicht genauer geprüft; doch konnte man aus dem Verhalten der Maschinen den Schluß ziehen, daß die Höhe der Verdichtung den Eintritt der Frühzündungen kaum beeinflußt.

Zweitaktölmaschinen mit Kurbelkastenspülung und Vorkammerzündung lieferten als Grenztemperatur der Auspuffgase in ähnlicher Weise 380°. Versuche mit Gas waren hier natürlich nicht möglich.

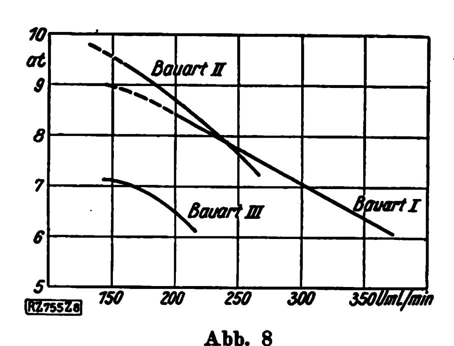


Abb. 8
Abhängigkeit des höchsten nutzbaren Kolbendruckes $p_{e_{max}}$ von der Drehzahl bei 520 °C Auspufftemperatur. Sechszylinder-Viertaktmaschinen, Bauart I 30,4 l, Bauart II 62,3 l, Bauart III 123,8 l Hubraum

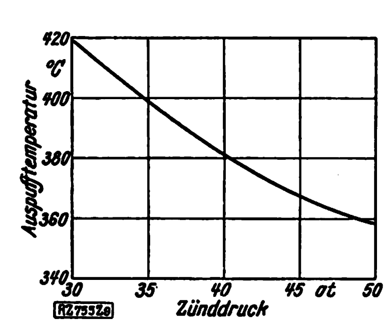


Abb. 9
Auspufftemperaturen, abhängig vom Zünddruck bei 250 Uml.min und $p_e = 5,4$ at. Sechszylinder-Viertaktmaschine. Hubraum des Einzelzylinders 62,3 l.

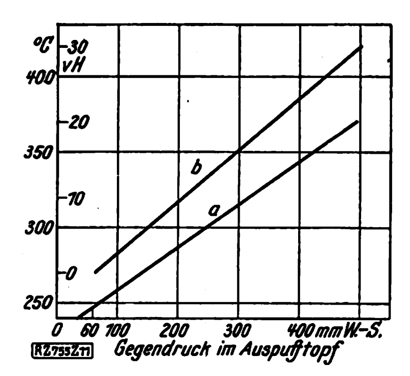


Abb. 11
Auspufftemperaturen, abhängig vom Gegendruck im Auspufftopf. a) Auspufftemperatur, b) Zunahme der Wärmebelastung. Vierzylinder-Zweitaktmaschine.

Zulässige Drehzahlen und mittlere Kolbendrücke

Legt man für eine bestimmte Maschinenart die obere Grenze der Auspufftemperaturen fest, so ermöglichen Versuche der hier angegebenen Art, zu erkennen, bis zu welchen Drehzahlen und mittleren nutzbaren Kolbendrücken man solche Maschinen steigern kann; haben die erhaltenen Werte auch nur mehr theoretische Bedeutung, so zeigen sie dem Praktiker doch zum mindesten, welche Leistungen er von den Maschinen erwarten darf. Die Grenztemperatur hat eine besonders wichtige Bedeutung, wenn man die Luftüberschußzahl 1,2 überschreitet, einen Wert, der gegenwärtig in der Technik bei guten Verbrennungsräumen als unterer Grenzwert für Dieselmotoren angenommen wird.

In Abb. 8 ist die Abhängigkeit des höchsten nutzbaren Kolbendruckes $p_{e_{max}}$ von der Drehzahl bei 520 °C Auspufftemperatur für die drei untersuchten Viertaktmaschinen aufgetragen. Diese Grenzkurven sind von den Punkten aus punktiert, in denen die Luftüberschußzahl bei den an den Maschinen gemessenen Verbrauchswerten unter 1,2 sinkt. Baut man dagegen die Maschinen von vornherein für die hohen mittleren Nutzdrücke, so werden die Verbrauchswerte bei den höhern mittleren Kolbendrücken geringer und die durch die Luftüberschußzahl gegebenen Leistungsgrenzen höher, als die punktierten Linien angeben. Mit diesen Einschränkungen kann man feststellen, daß die mittleren Temperaturen der Auspuffgase die Leistung begrenzen. Eine weitere Steigerung der Leistung ist nur dann möglich, wenn man künstliche Aufladung anwendet und dadurch die Steigerung der Auspufftemperatur trotz höherer Leistung verhütet, oder wie bei den U-Boot-Motoren, die Kolben auch schon bei Maschinen von kleiner Leistung mit Öl- oder Wasserkühlung versieht oder aus stark wärmeleitendem Baustoff (Leichtmetall) herstellt.

Zum mindesten sind die mittleren Auspufftemperaturen einer Maschine ein wichtiges Mittel zur Beurteilung der Maschine und ihres Verbrennungsverfahrens. Bei den größeren Viertaktmaschinen ließen sich die Grenztemperaturen nur in beschränktem Umfang messen, da das Abbremsen bereits Schwierigkeiten machte und die Maschine durch das Überschreiten der Grenztemperaturen zu stark gefährdet erschien.

Abb. 2 bis 5 zeigen weiter, daß die Leistung nicht verhältnisgleich der Drehzahl steigt, daß vielmehr mit zunehmenden Drehzahlen und gleichen mittleren nutzbaren Kolbendrücken die Wärmebelastung erheblich zunimmt, oder, anders gesprochen, daß bei Zunahme der Leistung proportional der Drehzahl die Wärmebelastung der Maschine sehr bald die zulässige Grenze erreicht. Die in den Diagrammen angegebenen mittleren nutzbaren Kolbendrücke sind Höchstwerte. Da die Maschinen eine gewisse Überlastung zulassen müssen, so sind die Nennleistungen kleiner. Erfahrungsgemäß legt man bei Angeboten für Luftdieselmaschinen als mittleren nutzbaren Kolbendruck 4,9 bis 5,3 at, bei neuzeitlichen kompressorlosen Maschinen 5,4 bis 5,8 at zugrunde. Aus diesen Werten und aus den Diagrammen kann man daher für eine bestimmte Maschinengröße die Höchstdrehzahl ableiten, die mit Rücksicht auf die Wärmebelastung nicht überschritten werden darf.

Abb. 8 gibt die Grenzwerte für Drehzahl und nutzbaren Kolbendruck an; man erkennt, daß bei größeren Maschinen eine Steigerung der Drehzahl einer großen Verminderung der mittleren Kolbendrücke entspricht. Dagegen waren bei den untersuchten Maschinen die Zünddrücke nur in geringem Maße von der Drehzahl und vom mittleren nutzbaren Kolbendruck abhängig. Bei $p_e = 4$ at betrug der Zünddruck 39 at, bei $p_e = 7$ at dagegen 41 at. Sehr starke Änderung des Zünddruckes äußert sich bei gleichen mittleren nutzbaren Kolbendrücken in starker Veränderung der mittleren Temperaturen der Auspuffgase; die Abhängigkeit der Auspufftemperatur vom Zünddruck bei gleichen mittleren nutzbaren Kolbendrücken und Drehzahlen ist in Abb. 9 dargestellt. Steigt der Zünddruck von 39 auf 41 at, so nimmt die mittlere Temperatur der Auspuffgase um 7 °C ab. Dieser sehr geringe Unterschied ist in Abb. 2 bis 5 nicht berücksichtigt, da im praktischen Betrieb diese selbsttätig eintretenden Zünddruckänderungen durch Handverstellung nicht ausgeglichen werden oder ausgeglichen werden müssen. Würde man diese Berichtigung in Abb. 2 bis 5 vornehmen, so würden sich die Abstände der Linien für gleichbleibenden Druck um höchstens 3 vH vergrößern. Abb. 2 bis 5 bieten auch einen wertvollen Anhalt zur Beurteilung des Wirkungsgrades der Verbrennung.

Nach Abb. 9 nimmt die mittlere Wärmebelastung der Maschine mit steigendem Zünddruck erheblich ab; das bedeutet, daß, wenn man von den Triebwerkdrücken absieht, durch Steigerung des Zünddruckes a d i a b a t i s c h e Verbrennung) der nutzbare Kolbendruck wirksam erhöht werden kann, bei gleichbleibender Wärmebelastung der Kolben. Man kann diese Linie als eine durch praktische Versuche gewonnene Bestätigung der auf Grund theoretischer Überlegung aufgestellten Forderung nach adiabatischer Verbrennung als der idealen ansehen; sie beweist die Richtigkeit früherer Ergebnisse von Versuchen an kompressorlosen Dieselmotoren[2]).

Die aus Abb. 2 bis 4 sich ergebenden Grenzwerte sind in Zahlentafel 1 zusammengestellt. Daraus kann man die Literleistungen, abhängig von der Drehzahl für die drei untersuchten Größen von Viertaktmaschinen, bestimmen. Man erhält so Höchstwerte der Drehzahl. In Abb. 10 ist eine Kurvenschar abgeleitet, die die Abhängigkeit der Literleistung vom Zylinderinhalt und von der Drehzahl darstellen. Die Werte der Hüllkurve, multipliziert mit dem Zylinderinhalt, ergeben die jeweils erreichbare höchste Zylinderleistung. Abb. 10 enthält außerdem die mittleren nutzbaren Kolbendrücke sowie die Drehzahlen.

[2]) Z. Bd. 68 (1924) S. 1074.

Zahlentafel 1
Grenzwerte von Drehzahl, nutzbarem Kolbendruck, Zylinder-Nutzleistung und Liter-Nutzleistung für Viertaktmotoren mit ungekühlten Graugußkolben

Hubraum des Zylinders l	Drehzahl Uml./min	$p_{e_{max}}$ at	$N_{e_{max}}$ PS	Liter-Nutzleistung PS/l
30,4	375	6,00	77	2,53
	315	6,83	73,8	2,41
	304	7,0	72	2,368
	250	7,7	66	2,17
	200	8,4	57,5	1,89
	140	9,0	43,5	1,43
62,3	265	7,22	133	2,13
	250	7,55	131	2,10
	210	8,45	123	1,975
	160	9,36	104	1,67
	130	9,75	88	1,415
123,8	215	6,15	182	1,47
	182	6,84	171	1,38
	145	7,08	141	1,14

Die Kurven geben einen guten Einblick in die Grenzwerte der kompressorlosen Einspritzmaschinen mit ungekühlten Graugußkolben. Die höchste erreichbare Nutzleistung eines Zylinders liegt bei 193 PS, entsprechend einem Zylinderhubraum von rd. 140 l. Eine höhere Leistung kann man selbst durch Zylindervergrößerung nicht erreichen, weil die Kurve der Drehzahlen wagerecht verläuft, d. h. nicht mehr steigerbar ist, und die Kurve der mittleren Nutzdrücke steil abfällt. Der Höchstwert der mittleren Kolbennutzdrücke liegt bei etwa 60 l Inhalt eines Zylinders; bei kleineren Zylindern kann man zwar die Drehzahl erheblich steigern, doch nehmen die nutzbaren mittleren Kolbendrücke ab.

Losgelöst von den durchgeführten Versuchen erlangen die Kurven in Abb. 10 eine gewisse Allgemeingültigkeit. Sie geben das Mittel an die Hand, beim Entwerfen eines neuen kompressorlosen Dieselmotors mit Strahlzerstäubung und ungekühlten Graugußkolben die maßgebenden Größen, nämlich Drehzahl, Zylinderhubraum, höchsten Kolbendruck und dadurch Höchstleistung, zu bestimmen. Diese Grenzwerte dürfen für Dauerbetrieb natürlich nicht in Anspruch genommen werden. Es muß der Entscheidung der einzelnen Firmen überlassen bleiben, welchen Sicherheitswert sie einsetzen, um aus diesen Höchstleistungen die Nutzleistungen zu bestimmen.

Während bei Viertaktmaschinen der Gegendruck in der Auspuffleitung keinen Einfluß auf die mittlere Auspufftemperatur ausübt, liegen diese Verhältnisse bei Zweitaktmaschinen mit Kurbelkastenspülung ganz anders. In Abb. 5 sind daher die Linien der Auspufftemperaturen bei gleichbleibender Drehzahl erheblich stärker gekrümmt. Die Grenztemperatur beträgt 380 °C. Die Werte wurden bei unveränderter Länge der Auspuffleitung aufgenommen, deren Gegendruck mit steigender Drehzahl zunahm.

Nach Abb. 11, Linie *a*, nimmt die mittlere Auspufftemperatur mit dem Gegendruck in der Auspuffleitung erheblich zu. Linie *b* zeigt die Zunahme der Wärmebelastung bei steigendem Auspuffdruck, bezogen auf die gleiche Maschine mit 50 mm W.-S. Auspuff-Gegendruck. Steigt z. B. der Gegendruck im Auspufftopf von 50 auf 300 mm W.-S., so nimmt die Auspufftemperatur von 245 auf 315 °C zu. Der mittlere nutzbare Kolbendruck bei 400 Uml./min und 25 PS Leistung eines Zylinders beträgt 2,95 at. Der Auspufftemperatur von 315 °C entspricht dagegen bei einem Gegendruck von 50 mm W.-S. ein mittlerer nutzbarer Kolbendruck von 3,53 at; d. h. ein Motor, der mit 300 mm W.-S. Gegendruck unter sonst gleichen Bedingungen arbeitet, ist gegenüber einem solchen mit 50 mm W.-S. Gegendruck um rd. 20 vH überlastet. Diese Zahlen sprechen für die große Bedeutung, die man bei Zweitaktmaschinen mit Kurbelkastenspülung der Länge und den Querschnitten der Auspuffleitungen beimessen muß.

Die Ergebnisse der Versuche zeigen, daß Messungen der mittleren Auspufftemperatur ein wertvolles Mittel bilden, um bei Dieselmaschinen schnell die Leistungen bei höheren Drehzahlen ohne Indikator zu bestimmen. Mittels der Diagramme in Abb. 2 bis 5, die auf dem Prüfstand für jede Maschinenart ermittelt werden müssen, kann der Ingenieur sofort die Höhe der Belastung feststellen, gleichviel, in welcher Art die Maschine belastet ist. Vorläufig gibt es noch keine allgemein gültigen Diagramme dieser Art. Zur Festlegung einheitlicher Gesetze für alle Maschinen wären viele Messungen an verschiedenen Maschinen notwendig. [B 755]

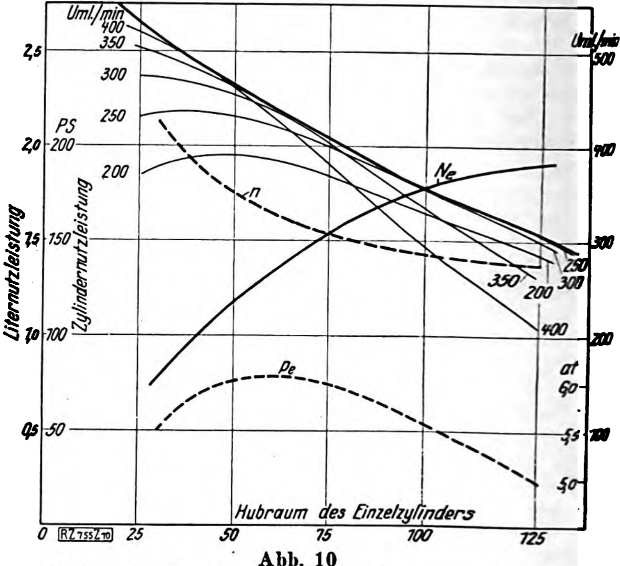


Abb. 10
Höchste zulässige Werte von Nutzleistung, Drehzahl, nutzbarem Kolbendruck, bezogen auf den Hubraum des Einzelzylinders bei kompressorlosen Viertaktmotoren mit ungekühlten Graugußkolben

Innere Verluste periodisch belasteter Körper

Zur Erklärung der inneren Verluste in periodisch belasteten Körpern nimmt W. Späth, Barmen, zwei Verlustquellen an: Reibungsverluste R und Spannungsverluste S, so daß sich die Gesamtverluste für eine Kreisschwingung als Funktion der Frequenz in der Form:

$$\frac{R+S}{n} = c_1 n + c_2$$

darstellen lassen. Die beiden Beiwerte c_1 und c_2 können versuchsmäßig durch Messung der Gesamtverluste bei mindestens zwei verschiedenen Frequenzen bestimmt werden, so daß die Trennung der Einzelverluste möglich ist. Diese Trennung der Verlustanteile ähnelt dem in der Elektrotechnik gebräuchlichen Verfahren zur Trennung der Wirbelstrom- und Hysteresisverluste im Eisen, die ebenfalls quadratisch und linear mit der Frequenz anwachsen. Die Berechnung läßt sich, wie in der Quelle gezeigt, gut auf das Beispiel eines periodisch verdrehten Stabes anwenden und ergibt die einzelnen Verlust- und Dämpfungsanteile sowie die Beiwerte c_1 und c_2.

Die verschiedenen Werkstoffe weisen sehr verschiedene Beiwerte c_1 und c_2 auf, so daß die aufgestellten Formeln das bei früheren Versuchen gefundene mehr oder minder starke Anwachsen der Eigendämpfung mit der Frequenz verständlich machen. Beim gleichen Werkstoff werden die beiden Verlustanteile und deren Verhältnis zueinander von einer Reihe von Faktoren abhängig sein. Besonders aufschlußreich wäre die Bestimmung der Einzelverluste in Abhängigkeit von der Größe der Verformung im Hinblick auf die Ermüdungserscheinungen.

Die dargelegte Betrachtungsweise dürfte zum mindesten als Arbeitshypothese zur Anstellung von systematischen Versuchen von Wert sein. (Zeitschr. f. angew. Math. u. Mech. Bd. 7 (1927) S. 360) [N 992] Sp.

Der Sachsenflug 1927

Von Dr. Hermann Blenk, Berlin-Adlershof

Verlauf und Ergebnisse des auf Kleinflugzeuge beschränkten Sachsenfluges — Beschreibung der wichtigsten teilnehmenden Flugzeuge — Erfahrungen für künftige Wettbewerbe.

Der Flugwettbewerb für Kleinflugzeuge, der vom 31. August bis 4. September in Sachsen stattfand, war die einzige größere Flugveranstaltung des Jahres in Deutschland. Er hat großes Aufsehen erregt, und zwar dadurch, daß die Wertungsformel durch eine Neukonstruktion scheinbar ad absurdum geführt wurde. Die Tagespresse hat dem Veranstalter und der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, die den technischen Teil der Ausschreibung bearbeitet hatte, schwere Vorwürfe deswegen gemacht. Es sei gleich zu Anfang festgestellt, daß die Vorwürfe, soweit sie überhaupt sachlichen Wert haben und nicht nur die Vorgänge aufbauschten, um öffentliches Aufsehen zu erregen, zurückgewiesen werden müssen. Der Fortschritt in der Flugzeugkonstruktion ist wieder einmal schneller und überraschender gekommen, als man es erwartet hatte. Auf diese Frage wird nachher noch näher einzugehen sein, zunächst seien der Verlauf und die Ergebnisse des Wettbewerbs dargestellt.

28 Flugzeuge waren zum Wettbewerb gemeldet worden. Davon erschienen jedoch nur 20 rechtzeitig auf dem Flugplatz Leipzig-Mockau. Von diesen mußten wiederum 6 Flugzeuge aus dem Wettbewerb ausscheiden, da sie die amtliche Zulassung, die für die Teilnahme am Wettbewerb notwendig war, nicht rechtzeitig beibringen konnten. Es blieben somit 14 Flugzeuge im Wettbewerb.

Am 31. August 1927 begann die Technische Leistungsprüfung und dauerte bis zum 3. September. Sie konnte ohne Schwierigkeit durchgeführt werden, da während der ganzen Zeit sehr gutes Wetter herrschte. Für die Wertung wurden folgende Größen und Leistungen ermittelt: das Leergewicht, die Zuladung, die Gipfelhöhe (oder Luftwichte) und die Höchstgeschwindigkeit.

Aus den Festigkeitsrechnungen war vor dem Wettbewerb schon die Bausicherheit (genauer: das Lastvielfache im sogenannten A-Fall, dem Fall des Abfangens) ermittelt worden; sie wurde nun dem Fluggewicht entsprechend herabgesetzt. Ferner wurden noch bestimmt: die Startlänge, die Zeit für Ab- und Aufbau des Flugzeugs und die Brauchbarkeit der Vorrichtung zum Ingangsetzen des Motors. Für diese Werte waren in der Ausschreibung gewisse Mindestforderungen gestellt, deren Nichterfüllung Ausschluß vom Wettbewerb nach sich ziehen sollte. Die Startlänge durfte 200 m nicht überschreiten. Die Flugzeuge mußten durch den Führer und drei Hilfskräfte innerhalb 1¼ h verladefertig und wieder flugfertig gemacht werden können; ein Flug vorher und hinterher mußte dabei die Flugfähigkeit erweisen. Nach dem Durchdrehen der Luftschraube mußte der Motor vom Führersitz aus in Gang gesetzt werden können; die Brauchbarkeit der Vorrichtung mußte bei mindestens drei Flügen des Wettbewerbs nachgewiesen werden. Diese Bedingungen wurden von allen Flugzeugen des Wettbewerbs erfüllt.

Über die Art der Messungen im Wettbewerb ist nur wenig zu sagen. Die Gewichte wurden auf Dezimalwagen festgestellt. Da alle Flüge des Wettbewerbs mit demselben Gewicht geflogen werden mußten, wurden die Flugzeuge vor jedem Fluge gewogen. Nach dem Gipfelfluge mußte ebenfalls gewogen werden, da der Unterschied: Fluggewicht nach dem Gipfelfluge weniger Leergewicht, als Zuladung gewertet wurde. Nach den andern Flügen nahm man nur Stichproben vor.

Bei dem Gipfelfluge mußten alle Flugzeuge gleichzeitig fliegen. Aus den Barogrammen ergab sich der geringste erreichte Luftdruck. Ein besonderes Wetterflugzeug, das den Gipfelflug mitmachte, nahm die Temperaturen zu jedem Luftdruck auf. Aus Druck und Temperatur wurde die geringste erreichte Luftwichte oder die höchste erreichte Höhe am Normaltag berechnet.

Die Höchstgeschwindigkeit wurde auf einem Viereckflug von 70 km Umfang bestimmt, wobei die Umrundungszeiten der Flugzeuge an den Eckpunkten von unten abgestoppt wurden. Durch einen solchen Viereckflug kann man den Einfluß des Windes ausschalten. Dabei hat sich gezeigt, daß der Umfang des Vierecks zur Ermittlung der wahren Höchstgeschwindigkeit zu groß war. Einzelne Flugzeuge haben dabei die Richtung verloren und zum Aufsuchen der Endpunkte viel Zeit verbraucht, was

Zahlentafel 1
Ergebnisse der Technischen Leistungsprüfung

Wettbewerb Nr.	Bewerber	Führer	Flugzeug- Hersteller	Flugzeug- Baumuster	Motor Bauart	Motor Leistung PS	Fluggewicht kg	Leergewicht kg	Zuladung kg	Lastvielfaches im A-Fall	Gipfelhöhe m	Vergleichsgeschwindigkeit km/h	Höchstgeschwindigkeit km/h	Zeit für Ab- und Aufbau min
3	v. Conta, Bamberg	v. Conta	Messerschmitt	M 19	Bristol-Cherub	29	335,7	138,35	195,4	10	850	0	98,0	11
4	Sportflug, G. m. b. H., Fürth	Th. Croneiss	„	M 19	„	29	345,5	142,55	200,95	9,7	850	0	114,0	7
14	Gebr. Müller, Griesheim	Nehring	Gebr. Müller	GMG I	Anzani	35	450,0	260,20	176,6	8	3080	151,1	0	22
16	Hesselbach, Darmstadt	Hesselbach	Bahnbedarf	BAG D2a	„	35	436,1	277,25	155,55	5,46	1870	239,5	0	21
17	Aero-Expreß, Leipzig	Gullmann	Klemm-Daimler	L 20	Daimler	20	449,2	276,15	167,7	9	2675	173,6	103,5	29
18	Vogtl. Flugverein, Reichb.-Mylau	Hempel	„	L 20	„	20	435,0	278,5	146,8	9,4	3800	169	114,8	38
19	Düsseldorfer Aero-Club	Soenning	„	L 20	„	20	450,0	277,65	162,35	9	2910	175	104,2	34
20	Fr. W. Siebel, Berlin	Siebel	„	L 20	„	20	450,2	272,3	169,6	9	2920	164,1	108,8	26
21	Deutsche Luftfahrt G. m. b. H., Berlin	Thomsen	„	L 20	„	20	449,9	278,9	164,25	9	2580	182	99,5	38
22	„	Spengler	„	L 20	„	20	450,0	271,25	170,15	9	2370	174,5	108,0	34
24	Bäumer, Aero G.m.b.H., Hamburg	Petersen	Bäumer	B IV „Sausewind“	Wright Gale	60	518,3	308,75	187,15	9,65	5590	114,8	173,0	20
26	Aero-Expreß, Leipzig	Rothe	Stahlwerk Mark	R III a	Anzani	45	399,5	291,75	93,45	5,2	2755	302	117,3	25
27	Fr. Rose, Dresden	Rose	„	R IV	Haacke	50	511,8	387,8	112,2	5,0	1255	501,4	0	34
28	Raab-Katzenstein, Kassel-B	Gröbedinkel	Raab-Katzenstein	„Schwalbe“	Siemens	84	745,0	492,7	213,4	12,5	2380	365	128,4	50

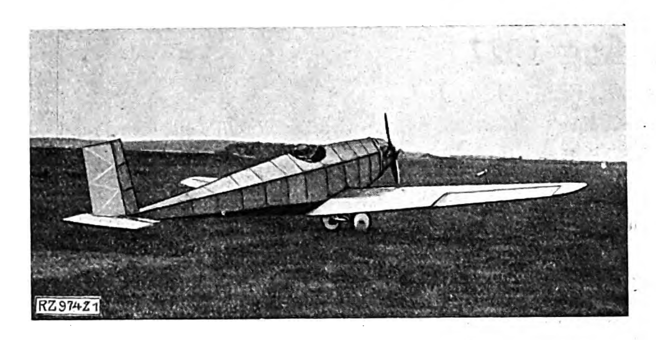


Abb. 1
Messerschmitt M 19 (Wettbewerb-Nr. 3 und 4)
Das Baumuster M 19 ist aus dem am Süddeutschlandflug 1926 beteiligt gewesenen zweisitzigen Leichtflugzeug M 17 entwickelt worden und besonders für den Sachsenflug entworfen. Beide Muster zeichnen sich durch gute aerodynamische Formen und geringes Leergewicht im Verhältnis zum höchstzulässigen Fluggewicht aus.

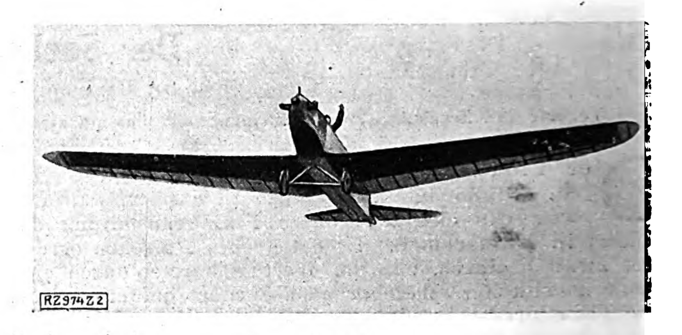


Abb. 2
Klemm-Daimler L 20 (Wettbewerb-Nr. 17 bis 22)
Das Baumuster L 20 hat schon am Deutschen Rundflug 1925 teilgenommen. Es ist in der Zwischenzeit weiter entwickelt worden und stellt heute das verbreitetste deutsche Leichtflugzeug dar. Das zeigte auch ganz deutlich der Sachsenflug; an diesem haben sechs Flugzeuge des Musters mit fünf verschiedenen Bewerbern, unter denen sich nicht der Hersteller befand, teilgenommen. Das Baumuster L 20 ist ein zweisitziger freitragender Tiefdecker. Flügel, Leitwerk und Rumpf sind teils mit Sperrholz beplankt, teils mit Stoff bespannt. Holme und Rippen der Flügel und des Leitwerks sind aus Spruceholz, die Ruder aus Duralumin hergestellt. Das Mittelstück des Flügels ist mit dem Rumpf fest verbunden und ganz mit Sperrholz beplankt. Die eigentlichen Tragflügel werden mit schwacher V-Form an das Mittelstück angesetzt. Die äußeren Flügelspitzen sind drehbar und mit dem Querruder gekuppelt. Als Motor wird der luftgekühlte zweizylindrige 20 PS-Mercedes benutzt.

ihre Höchstgeschwindigkeit natürlich erheblich verschlechterte. Die Ablauflänge wurde bei einem der Wettbewerbflüge durch seitliche Beobachtung vom Boden aus gemessen.

In Zahlentafel 1 sind die Ergebnisse der Technischen Leistungsprüfung zusammengestellt. Die Vergleichsgeschwindigkeit ist nach der Wertungsformel aus den übrigen Größen (Leergewicht, Zuladung, Lastvielfaches und Gipfelhöhe) errechnet und stellt gewissermaßen die Sollgeschwindigkeit des Flugzeuges dar, d. h. die Geschwindigkeit, die man auf Grund der übrigen Leistungen von dem Flugzeug erwarten könnte[1]). Das Verhältnis der wirklichen Geschwindigkeit zu dieser Sollgeschwindigkeit bildet den Hauptbestandteil der Wertungszahl.

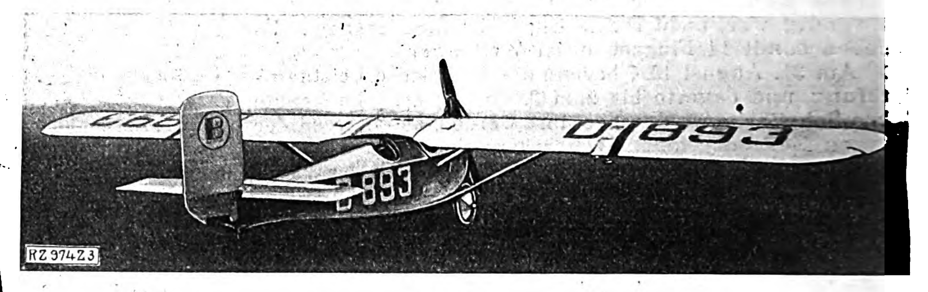


Abb. 3
Bahnbedarf BAG D 2 a (Wettbewerb-Nr. 16)
Das Baumuster BAG D2a ist aus dem Baumuster BAG El, mit dem Botsch am Zugspitzenflug 1925 teilgenommen hat, entstanden. Es ist ein zweisitziger Hochdecker in Sperrholzbauart. Der Flügel ist halbfreitragend, dreiteilig. Der Mittelteil liegt auf dem Rumpf auf. Der Fluggastraum vor dem Führersitz ist durch eine verschließbare Öffnung im Tragdeck zugänglich. Die Flügel sind einholmig und bis auf die Sperrholznase mit Stoff bespannt. Das Fahrgestell ist vollständig im Rumpf untergebracht. Das Triebwerk bildet ein 35 PS-Anzani-Motor.

Den Flugzeugen Nr. 14, 16 und 27 wurde die Höchstgeschwindigkeit 0 zugeschrieben. Flugzeug Nr. 14 (**Nehring**) startete zwar zum Geschwindigkeitsflug, mußte aber unterwegs notlanden und kehrte auf geradem Wege zum Flugplatz Leipzig-Mockau zurück, ohne das Viereck abgeflogen zu haben. Die Flugzeuge Nr. 16 und 27 versäumten den Start zum Geschwindigkeitsflug, der nur einmal freigegeben wurde, und hätten ausschreibungsgemäß aus dem Wettbewerb ausscheiden müssen; mit Einverständnis aller übrigen Teilnehmer blieben sie jedoch im Wettbewerb.

[1]) Vergl. **Blenk**, Zur Ausschreibung für den Sachsenflug, Z. f. Flugtechnik u. Motorluftschiffahrt Bd. 18 (1927) S. 134.

Zahlentafel 2
Ergebnisse des Streckenfluges und Auswertung

Wettbewerb-Nr.	Flugzeug-Muster	Führer	Reisegeschwindigkeit v_R	Mittlere Geschwindigkeit v_M	$\frac{v_M}{v_0}$	Streckenflugkennzahl	Wertungszahl W
3	M 19	v. Conta	73,8	85,9	∞	0,2786	∞
4	M 19	Croneiss	76,5	95,25	∞	1	∞
14	GMG I	Nehring	73,8	36,9	0,244	0,407	0,005 91
16	BAG D 2a	Hesselbach	110,0	55,0	0,230	1	0,012 17
17	L 20	Gullmann	77,2	90,35	0,520	1	0,140 6
18	L 20	Hempel	85,0	99,9	0,591	1	0,206 4
19	L 20	Soenning	76,8	90,5	0,517	1	0,138 2
20	L 20	Siebel	76,1	92,45	0,564	1	0,179 4
21	L 20	Thomsen	72,5	86,0	0,473	1	0,105 8
22	L 20	Spengler	63,0	85,5	0,490	0,592	0,069 7
24	B IV	Petersen	92,6	132,8	1,157	1	1,545
26	R IIIa	Rothe	65,7	91,5	0,303	0,2786	0,007 75
27	R IV	Rose	20,3	10,15	0,0203	0,466	0,000 004
28	Kl Ib	Raab	103,4	115,9	0,318	1	0,032 16

Abgesehen von den hervorragenden Gewichtverhältnissen des Flugzeugs Messerschmitt M 19 (Zuladung = 141 vH des Leergewichtes) sind die Flugleistungen von Nr. 18 (Führer **Hempel**) besonders erwähnenswert. Hempel erreichte auf seinem Daimler L 20-Flugzeug eine Höchstgeschwindigkeit von 114,8 km/h und eine Gipfelhöhe von 3800 m. Der Sausewind **Bäumers** hätte wohl an Höchstgeschwindigkeit und an Gipfelhöhe noch weit mehr herausholen können.

Die geringen Gipfelhöhen der beiden Messerschmitt-Flugzeuge haben technisch keinerlei Bedeutung; beide Flugzeuge haben ihren Gipfelflug vorzeitig abgebrochen, um nicht durch den Brennstoffverbrauch die für die Wertung maßgebende Zuladung zu verringern und dadurch in der Wertung schlechter abzuschneiden. Um Mißverständnissen vorzubeugen, sei hier erwähnt, daß es für jedes Flugzeug eine bestimmte Höhe gab, bei der weiteres Steigen die Wertung nicht mehr verbesserte, sondern wegen des Verbrauchs von Zuladung verschlechterte. Diese Höhe lag bei allen Flugzeugen des Wettbewerbs nur wenig unter der praktischen Gipfelhöhe; nur für das Flugzeug Messerschmitt M19 lag wegen der besonders günstigen Gewichtverhältnisse, die man bei Abfassung der Ausschreibung nicht erwartet hatte, diese Höhe in Bodennähe.

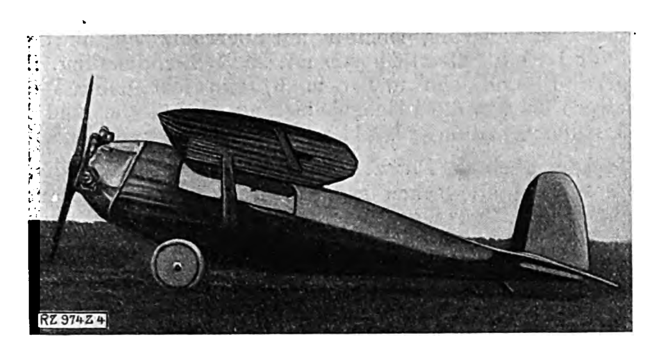


Abb. 4
Gebr. Müller, Griesheim, GMG I (Wettbewerb-Nr. 14)

Das Baumuster GMG I ist ein freitragender Hochdecker in Holz-Stoff-Bauart. Der Tragflügel ist einholmig, von der Nase bis zum Holm mit Sperrholz beplankt, vom Holm bis zur Hinterkante mit Stoff bespannt. Die Flügel werden durch einen schrägen Stiel auf beiden Seiten nach der Rumpfunterkante hin abgefangen. Der Rumpf hat ovalen Querschnitt und ist in Sperrholz ausgeführt. Die Sitzanlagen für Führer und Fluggast sind geräumig und bieten verhältnismäßig gute Sicht. Das Leitwerk hat keine festen Dämpfungsflossen und ist dem Flügel entsprechend gebaut. An die Rumpfspitze ist durch einen Stahlrohrbock ein 35 PS-Anzani-Motor angeschlossen, der leicht und schnell abgenommen werden kann.



Abb. 5 (Wettbewerb-Nr. 28)
Raab-Katzenstein Kl. 1 b, „Schwalbe“

Die Bauart „Schwalbe“ gehört eigentlich nicht zu den Kleinflugzeugen, sondern zu den Kunst- und Sportflugzeugen der mittleren Klasse. Zum Sachsenflug war sie deshalb auch nur mit einer beträchtlichen Herabsetzung ihrer Wertung zugelassen: Der Überschuß des (auf ein Lastvielfaches 5 umgerechneten) Leergewichts über 300 kg wurde fünffach angerechnet. Dadurch erhielt die „Schwalbe“ mit einem wirklichen Leergewicht von 492,7 kg in der Wertung ein Leergewicht von 1072,7 kg. Nur so ist das verhältnismäßig schlechte Abschneiden der „Schwalbe“ im Sachsenflug zu erklären.
Die „Schwalbe“ ist ein zweisitziger Doppeldecker mit zwei fast gleich großen zweiholmigen Flügeln, die durch einen N-Stiel verbunden sind. Ober- und Unterflügel sind bis zum Hinterholm mit Sperrholz beplankt, während das hintere Ende mit Stoff bespannt ist. Beide Flügel tragen Querruder. Als Triebwerk ist der luftgekühlte 84 PS-Siemens-Sternmotor Sh 11 benutzt. Das Flugzeug hat eine große Bausicherheit.

Der Streckenflug fand am 4. September statt. Er führte über eine 456,6 km lange Strecke durch Sachsen mit 5 Zwangslandungen in Großenhain, Bautzen, Dresden, Chemnitz und Plauen und außerdem um 12 Wendemarken. Von den 14 Flugzeugen, die am Morgen des 4. September in Leipzig starteten, kehrten nur 11 im Laufe des Tages zurück. Als erstes schied Nr. 3 mit v. Conta als Führer aus. In der Nähe von Bautzen mußte v. Conta notlanden und machte dabei vollkommenen Bruch. Ferner mußte Nehring (Nr. 14), der sich verflogen hatte, bei Roßwein notlanden, beim Start machte er ebenfalls Bruch, so daß an ein Weiterfliegen nicht zu denken war. Schließlich fiel noch Rothe (Nr. 26) aus, der in der Lausitz wegen Motorstörungen landete und nicht weiterkam. Von den übrigen Flugzeugen erschien Nr. 16 mit Hesselbach als erstes am Ziel. (Reisegeschwindigkeit 110 km/h.) Der Bäumersche Sausewind, den man allgemein als ersten zurückerwartete, ließ verhältnismäßig lange auf sich warten. Er erreichte nur eine Reisegeschwindigkeit von 92,6 km/h gegen 173 km/h Höchstgeschwindigkeit.

Sehr hoch sind besonders die Leistungen der sechs Daimler-Flugzeuge auf dem Streckenflug zu bewerten. Fünf davon kamen fast gleichzeitig und geschlossen wieder auf dem Flugplatz Leipzig-Möckau an. Spengler (Flugzeug Nr. 22) mußte bei Greiz notlanden und baute das Flugzeug ab, da er die rechtzeitige Herbeischaffung der Ersatzteile für unmöglich hielt. Es gelang aber doch, die notwendigen Teile zu beschaffen. Schnell wurde das Flugzeug wieder zusammengebaut und der Weiterflug nach Leipzig angetreten, wo er bei völliger Dunkelheit gegen 9 Uhr abends glatt landete. Spengler erhielt für diese hervorragende sportliche Leistung die Große Adlerplakette des Reichsausschusses für Leibesübungen.

Die Ergebnisse des Streckenfluges und die Auswertung sind in Zahlentafel 2 zusammengestellt. Die Streckenflugkennzahl ε ist eine Zahl, die von der zurückgelegten Kilometerzahl im Streckenflug abhängt; sie wird gleich 1, wenn der ganze Streckenflug anstandlos erledigt worden ist.

Die Wertungszahl lautete: $W = \left(\frac{v_M}{v_0}\right)^3 \varepsilon$. Dabei bedeutet v_0 die Vergleichsgeschwindigkeit und v_M das Mittel aus der Höchstgeschwindigkeit und der Reisegeschwindigkeit. Die Preise standen im Verhältnis der Wertungszahlen W.

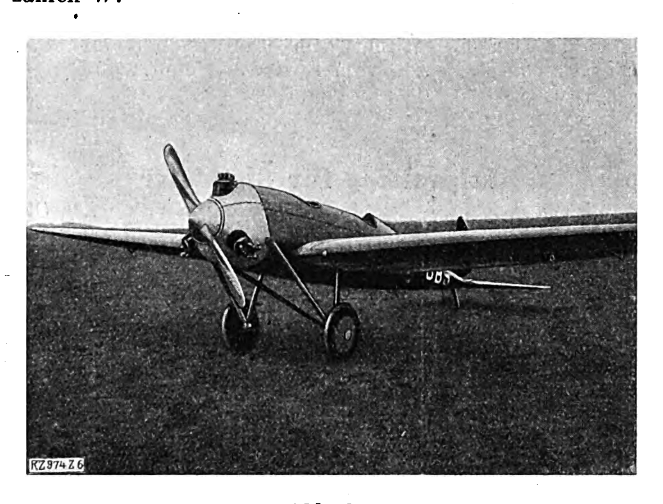


Abb. 6
Bäumer B IV „Sausewind“ (Wettbewerb-Nr. 24)

Das Baumuster B IV ist aus dem im Deutschen Rundflug 1925 bekannt gewordenen Flugzeug entstanden. Es zeichnet sich durch eine sehr gute aerodynamische Gestaltung und dementsprechend durch eine große Geschwindigkeit aus.
Der „Sausewind“ ist ein zweisitziger freitragender Tiefdecker. Der ovale Rumpf ist mit Sperrholz beplankt, ebenso wie die einholmigen Flügel. Die Flügel sind leicht abzunehmen. Höhen- und Seitenleitwerk haben keine Dämpfungsflächen. Das Fahrgestell hat keine durchgehende Achse, die Abfederung liegt im Innern des Flügels. Das Triebwerk ist ein 60 PS-Wright-Gale-Motor L 4.

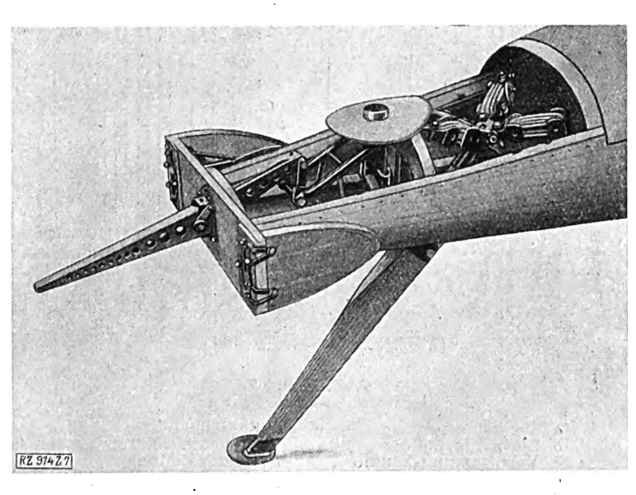


Abb. 7
Hinteres Rumpfende des „Sausewind“

Betätigung des Höhenruders durch Stoßstange, allseitige Federung der Spornes.

Die Flugzeuge Nr. 3 und 4 (Muster Messerschmitt M 19) erreichten auf Grund ihrer Gewichtsverhältnisse eine Vergleichsgeschwindigkeit unter null. Damit war ein Fortschritt erreicht, den niemand erwartet hatte. Dieser Fortschritt aber wurde dem Sachsenflug beinahe zum Verhängnis. Da negative Vergleichsgeschwindigkeiten keinen Sinn haben, mußten diese Werte wenigstens auf „null" festgesetzt werden. Die Flugzeuge Nr. 3 und 4 erhielten also die Wertungszahl „unendlich" und damit den ganzen Preis für sich allein. Sobald diese Sachlage bekannt wurde, hätten die übrigen Bewerber auf eine weitere Teilnahme am Wettbewerb verzichtet, wenn nicht noch schnell neue Preise ausgesetzt worden wären. Nur dadurch wurde der Sachsenflug vor dem Zusammenbruch bewahrt.

Das Flugzeug, das auf diese Weise den Sachsenflug in den Mittelpunkt der öffentlichen Aufmerksamkeit rückte, ist von dem Flugzeugbauer Messerschmitt entworfen und gebaut worden. Baumuster M 19, Abb. 1, ist ein Tiefdecker in Holzbauart mit freitragendem Flügel. Der durchgehende Flügel ruht auf einem kräftigen Kastenholm als Vorderholm und einem wesentlich schwächeren Hinterholm. Bis zum Hinterholm ist der Flügel mit Sperrholz beplankt, vom Hinterholm ab mit Stoff bespannt. Der Flügel mit dem Fahrgestell kann durch Lösen weniger Bolzen vom Rumpf getrennt werden. Der einsitzige Rumpf ist ebenfalls mit Sperrholz beplankt. Der Motor ist ein Bristol-Cherub mit 29 PS Nennleistung. Bei 7,9 m² Flügelfläche und dem Fluggewicht beim Wettbewerb beträgt die Flächenbelastung rd. 44 kg/m² und die Leistungsbelastung rd. 12 kg/PS.

Die übrigen Flugzeuge des Sachsenfluges, Abb. 2 bis 7, sind alle schon seit längerer Zeit im Gebrauch. Unter den Flugzeugen, die nicht mehr rechtzeitig zum Wettbewerb fertig werden konnten, war noch eine ganze Reihe Neukonstruktionen, die man aber voraussichtlich erst beim nächsten Kleinflugzeug-Wettbewerb genauer kennen lernen wird.

Zusammenfassend kann man über den Sachsenflug 1927 folgendes sagen: Die Entwicklung im Flugzeugbau läßt sich schwer voraussehen. Soll die Wertungsformel in einer bestimmten Richtung züchterisch wirken, so muß man sich doch vorsehen, daß der Erfolg die ursprünglichen Absichten nicht weit überholt. Der Sachsenflug hat ein neues Flugzeugmuster gebracht, das durch seine Gewichtverhältnisse alle ähnlichen Muster weit überragt und wegen der guten aerodynamischen Gestaltung auch gute Flugleistungen hat. Der Sachsenflug hat ferner gezeigt, daß die Entwicklung der deutschen Kleinflugzeuge besonders hinsichtlich Betriebsicherheit auch in diesem Jahre nicht stillgestanden hat. [B 974]

Schwelöfen für Ölschiefer

Zwei neue nach dem Spülgasverfahren arbeitende Öfen zur Schwelung von bituminösen Schiefern und Kalken sind die Öfen von Bartolomei und J. Pieters, von denen besonders der letzte auch für deutsche Verhältnisse eine gewisse Beachtung verdient.

Bei dem Schwelofen von Bartolomei ist in einem Ofenblock eine größere Anzahl von 15,5 m hohen Retorten von 1 m² Querschnitt untergebracht; in diesen wird das Aufgabegut unmittelbar durch Spülgase verschwelt, die in der Retorte selbst aufsteigen. Der eigentliche Schwelvorgang geht in den oberen zwei Dritteln der Retorte mittels der Wärme

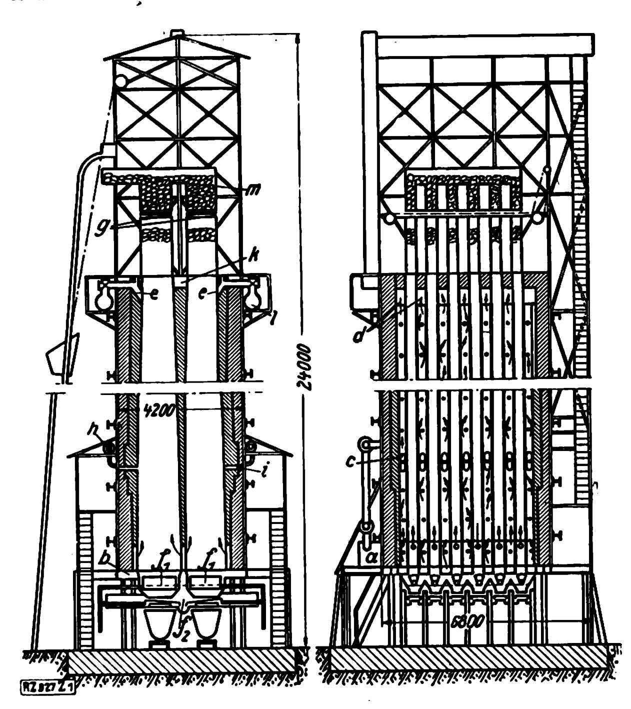


Abb. 1 und 2
Schwelofen, Bauart Pieters

- *a* Schwelgasleitung
- *b* Luftzuführleitung
- *c* Verbrennungskanäle
- *d* Abgaskanäle
- *e* Spülgasaustritt
- f_1, f_2 Doppelschleuse für ausgeschwelten Schiefer
- *g* Schieber unter den Vorratsbunkern
- *h* Heizgasleitung
- *i* Schauloch
- *k* Abgassammelkanal
- *l* Vorlage
- *m* Vorratsbunker

der aus dem unteren Drittel aufsteigenden Gase vor sich. Die am Boden der Retorte eingeführten Gase bestehen aus inerten Umlaufgasen und Luft, die von einem Sauger angesogen wird. Die Luft verbrennt nach genügender Vorwärmung durch die Schwelrückstände den in diesen durch unvollständige Schwelung zurückbleibenden Kohlenstoff- und Bitumenrest und erzeugt hierbei die für die Schwelung notwendige Temperatur. Durch die zweckmäßige Ausbildung der Vorwärmzone für das Aufgabegut verlassen die Gase den Ofen nur mit geringer Temperatur von etwa 50 °, so daß sich die Teerdämpfe schon im Ofen niederschlagen; sie werden jedoch von dem aufsteigenden Gase mechanisch mitgerissen. Infolge einer z. T. mehrfachen Verdampfung entstehen in den einzelnen Höhenlagen der Retorte verschiedene Destillationszonen von nach unten hin immer höher siedenden Ölen. Aus diesem Grunde sind auch die Krackverluste an Öl ziemlich hoch. Für 1 t Aufgabegut sind 700 bis 750 m³ Spülgas nötig, so daß die Kondensationsanlage ziemlich groß sein muß. Die mit 16 Retorten täglich 1000 t bituminöse Kalke durchsetzende Anlage der Società Asphaltiferi, Ragusa, arbeitet mit einem Gesamtteerausbringen von 60 vH.

Zur Verringerung der Spülgasmengen und zur Verminderung der Krackverluste infolge örtlicher Überhitzungen schickt man bei dem Ofen von Pieters nur einen Teil der Gase unmittelbar durch das Schwelgut hindurch, während die Wärme von außen her zugeführt wird. Die in einer besonderen Schwelanlage vom Teer befreiten Schwelgase treten zum Teil unmittelbar bei *a*, Abb. 1 und 2, am Fuße des Ofens in die Beschickung ein, z. T. werden sie bei *c* in besondere Verbrennungskammern geleitet; hier verbrennen sie mit der bei *b* zugeführten Luft, die auf dem Wege bis *c* bereits durch die strahlende Wärme der Ölschieferrückstände in den Retorten vorgewärmt ist. Die Verbrennungsgase steigen im Zickzackwege in den Kanälen *d* hoch und entweichen mit einer Temperatur von 120 ° in den Kamin. Ebenso verlassen auch die Spülgase den Ofen bei *e* mit einer niedrigen Durchschnittstemperatur von 110 °. Das Verfahren vermeidet eine mehrfache Kondensation und Wiederverdampfung des gebildeten Teers und damit einen durch Kracken bedingten Verlust an flüssigen Brennstoffen[1]).

Der Ofen besteht aus 2 bis 16 Retortenelementen mit einem Querschnitt von 1 × 0,3 m² bei 14 m Höhe und einer Leistung von je 5 t täglich. Der ausgeschwelte Schiefer wird durch die Doppelschleuse f_1 und f_2 gleichmäßig ausgetragen. Die Aufgabe des Rohhaufwerkes erfolgt durch die Schieber *g*. Zwei Arbeiter können zwei Öfen mit je 60 t Durchsatz bedienen. Die Schwelkosten für 1 t Durchsatz stellen sich einschließlich Abschreibung des Ofens, der Kondensations- und einer einfachen Raffinationsanlage und der gesamten Unterhaltungskosten (Angestellte, Kraft) auf rd. 2 ℳ (12 Fr). [M 927] Pr.

[1]) „Le Génie civil" Bd. 90 (1927) S. 617.



Müllabfuhr-Fahrzeuge

Von Dipl-Ing. H. Seidel, Berlin

Drei maßgebende Gesichtspunkte für den Bau von Fahrzeugen für Müllabfuhr: Staubfreie Beladung, großes Aufnahmevermögen, niedrige Ladekante. — Verschiedene Bauarten mit Benzinmotorantrieb: Wagen von Krupp mit Förderschnecke, kippbare Rolltrommel-Müllwagen der Firmen Faun-Werke G. m. b. H., Nürnberg, und Peter Bauer, Köln-Ehrenfeld, Großraum-Müllwagen zur Beförderung von Müll von einer Umlade- zur Abladestelle.

Der Kampf gegen Staub und Schmutz, die in den dichtbevölkerten Großstädten eine große Gefahr für die Gesundheit der Bewohner bedeuten, bildet für die Verwaltung dieser Städte eine schwere und verantwortungsvolle Aufgabe, die zu lösen vor allen Dingen der Techniker berufen ist. Eine wichtige Rolle spielt hierbei die Beseitigung des Hausmülls. Auch auf diesem Gebiete der kommunalen Technik sind seit Einführung des Kraftantriebes große Fortschritte gemacht worden.

Drei Punkte spielen bei der Müllabfuhr eine ausschlaggebende Rolle: Die staubfreie Beladung sowie ein möglichst großes Aufnahmevermögen des Müllkastens der Wagen bei möglichst niedriger Ladekante. Während die erste Frage vom gesundheitlichen Standpunkt aus besondere Bedeutung hat, sind die beiden andern wichtig für die Wirtschaftlichkeit des Unternehmens. Die Höhe des Wagendaches ist nach oben begrenzt; eine große Ladehöhe macht das Aufladen schwieriger und vergrößert damit seine Dauer. Diesen Anforderungen sucht man auf verschiedenen Wegen gerecht zu werden. Im folgenden seien einige neuere Lösungen behandelt, die sich bereits im Betriebe bewährt haben, so daß man ihnen mit gutem Grund auch Zukunftsaussichten zubilligen kann.

Kennzeichnend für den von der Firma Fried. Krupp, A.-G., Essen, erbauten Müllabfuhrwagen mit Benzinmotorantrieb, Abb. 1, ist die mechanische Beladevorrichtung mittels Schnecke, die aus Sonderstahl hergestellt ist, so daß sie auch großstückigen Schutt ohne erheblichen Verschleiß fortbewegen kann. Das hintere Ende des Schneckengehäuses an der Rückseite des Wagens ist oben offen und bildet die Einschüttöffnung.



Abb. 1
Müllabfuhrwagen mit Förderschnecke von Fried. Krupp, A.-G., Essen

Man kann das Müll aus beliebigen Behältern einschütten. Übermäßige Staubentwicklung wird durch ein über dem Einfülltrog angeordnetes Segeltuch verhindert. Bei Verwendung von einheitlichen Tonnen mit 110 l Inhalt, deren Größe der Einwurföffnung entspricht, wird mittels eines schon länger bewährten selbsttätigen Verschlusses vollkommene Staubfreiheit erreicht.

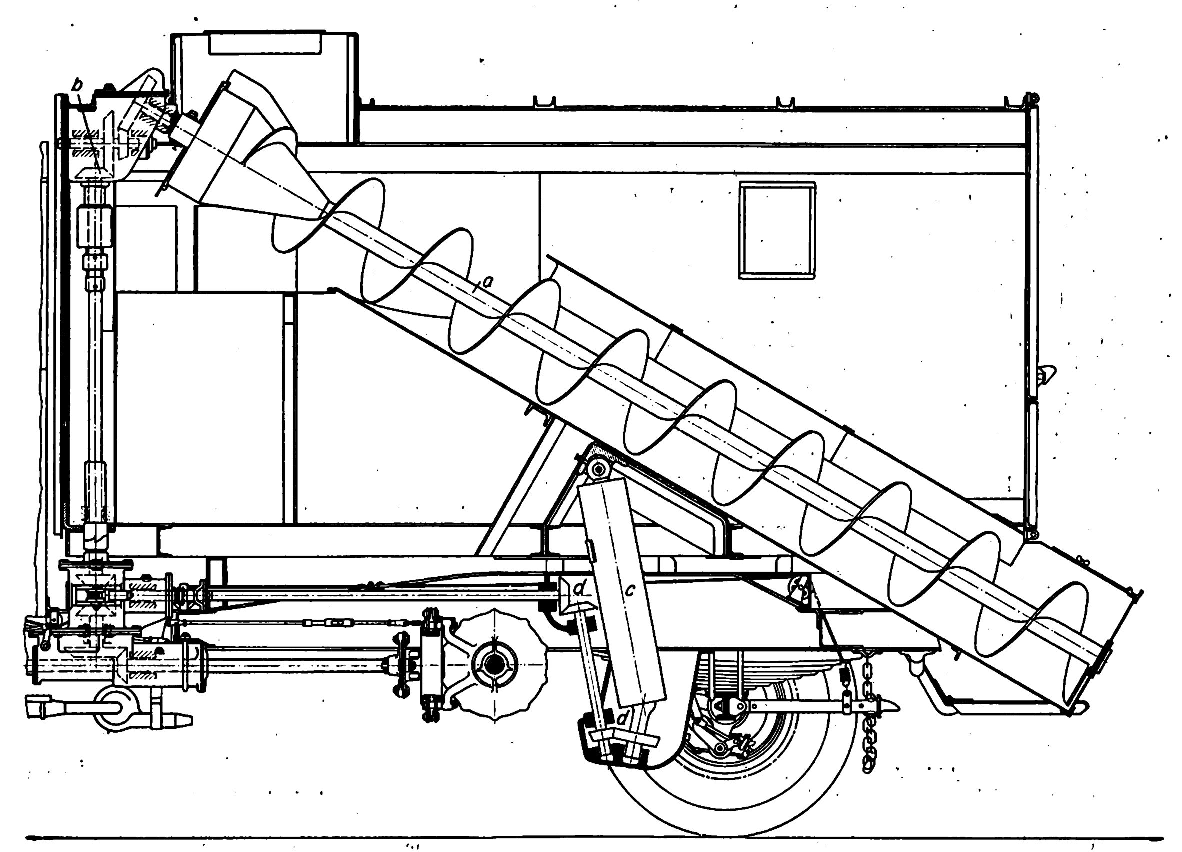


Abb. 2. Schneckenantrieb und Kippspindelanordnung beim Müllkraftwagen mit Förderschnecke
a Förderschnecke *b* Kegelradantrieb *c* Kippvorrichtung *d* Getriebe zwischen Kippvorrichtung und Antriebwelle



Abb. 3
Oberer Teil des Kegelradantriebes für die Förderschnecke beim Kruppschen Müllabfuhrwagen

Das obere Kegelradpaar erhält seinen Antrieb über die senkrechte auskuppelbare Welle und ein unteres Kegelradpaar.



Abb. 5
Müllwagen mit Förderschnecke in Kippstellung

Die Förderschnecke *a*, Abb. 2 und 3, die über einen mehrfachen Kegelradantrieb *b* betätigt wird, schafft das Müll in kurzer Zeit in den vorderen Teil des Wagens. Die Schnecke ist bis auf die oberen Windungen von einem Gehäuse *b*, Abb. 4, eingeschlossen. Aus dem Querschnitt des Schneckentroges *a* ist die Anordnung einer Leiste *d* zu erkennen, die den Schneckenumfang fast berührt. Unterhalb dieser Leiste ist der Spielraum zwischen Schneckenrohr *b* und Schnecke *c* am kleinsten, er erweitert sich allmählich in der Drehrichtung zu einem großen Hohlraum *e* oberhalb der Leiste *d*. Sperrige Müllteile werden mit herumgenommen, bis sie auf die Leiste *d* aufschlagen. Die Schnecke *c* zieht dann diese Teile durch den Raum *e* in den Wagenkasten hinein.

Das Einladen von der Rückseite aus schließt auch bei lebhaftem Verkehr Belästigungen von Fußgängern aus. In engen Straßen, wo gleichzeitig von beiden Straßenseiten die Kästen entleert werden, wird das zeitraubende Herumlaufen um den Wagen zur Ladeseite vermieden. Die Beladehöhe wird durch die Anordnung der Förderschnecke sehr günstig beeinflußt; sie liegt nur 100 cm über der Straße.

Durch Hochkippen des Wagenkastens wird das Müll im Wagen verteilt, so daß das Fassungsvermögen von 12 m³ vollständig ausgenutzt werden kann. Das Einladen dauert je nach der Bebauungsdichte 50 bis 70 min. Täglich können mit einem Wagen bei etwa fünf Fahrten 45 bis 60 m³ Hausmüll abgefahren werden.

Entleert wird der Wagen durch ein einfaches Kippen des Kastens nach hinten bei geöffneter Rückwand, Abb. 5. Hierzu wird der obere Teil der Rückwand nach oben, der untere nach unten umgeklappt, und beide werden mit Haken festgehalten. Die Kippvorrichtung, Abb. 2, besteht aus einer unter der Kastenmitte angreifenden Winde mit ausschraubbarer Spindel *c*. Die Winde wird vom Motor über ein Getriebe *d* angetrieben. Der größte Kippwinkel beträgt 65 °, in den Endstellungen wird das Getriebe selbsttätig ausgerückt. Zwei Stützhaken, die mit den Achsen verbunden werden können, schalten beim Kippen die Hinterachsfedern aus.

Der mittlere Benzinverbrauch für den Wagen beim Aufladen beträgt 2,5 bis 4 kg in einer Arbeitsstunde. Der Wagen ist in etwa 52 deutschen und ausländischen Großstädten in Betrieb.

Die Firma Faun, G. m. b. H., Nürnberg, baut einen kippbaren Rolltrommel-Müllwagen für 10 m³ Inhalt mit benzin-elektrischem Antrieb. Dieser Wagen wird von der Seite her beladen, Abb. 6. Die Höhe der Einschüttkante ist auf 1300 bis 1700 mm über dem Erdboden einstellbar. Die Trommel hat insgesamt vier Einschüttöffnungen. Das Schüttgut wird zunächst solange eingebracht, bis es die untere Kante der Einschüttöffnung erreicht hat. Hierauf wird die Trommel um etwa 130 ° gedreht, so daß die Einschüttöffnungen auf die andre Seite zu liegen kommen. Dabei rutscht das Müll entsprechend weiter, und die Einschüttöffnung wird wieder frei. Beim Zurückdrehen in die alte Stellung bleibt das Müll infolge der Adhäsion in der neuen Stellung an der Trommelwand haften. Die Lage des Schüttgutes bei den verschiedenen Stellungen der Trommel ist aus Abb. 7 bis 10 zu ersehen. Nach etwa vier bis fünf Drehungen der Trommel, die jedesmal vorgenommen werden, wenn das Schüttgut die untere Kante der Einschüttöffnung erreicht hat, ist die Trommel gefüllt. Soll der Wagen entleert werden, so öffnet man die Klappe der Rückwand und kippt die Trommel mittels Doppelspindel bis zu einem Kippwinkel von 60 ° nach rückwärts, Abb. 11.

Die Einschüttöffnungen sind für die sogenannten Ringtonnen eingerichtet, können aber andern Müllgefäßformen angepaßt werden. Die Klappe über den Einwurföffnungen kann die übliche selbsttätige Bewegung erhalten.

Der Antriebmotor ist unmittelbar mit dem Stromerzeuger gekuppelt. Der Strom wird mittels Kabel auf die in die hinteren Räder eingebauten Motoren übertragen.

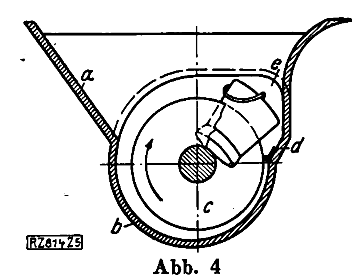


Abb. 4
Querschnitt durch den unteren Teil der Schnecke

a Wand des Schneckentroges
b Schneckengehäuse *c* Schnecke
d Anschlagleiste *e* freier Raum zwischen Schnecke und Gehäuse

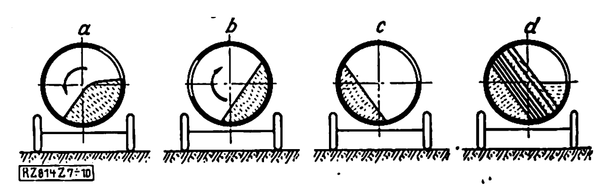


Abb. 7 bis 10
Die Lagen des Schüttgutes im Trommelmüllwagen

a Stellung vor dem ersten Drehen
b nach der ersten Drehung um rd. 120° nach links
c nach der Rückdrehung in die ursprüngliche Lage
d nach mehreren Füllungen und Drehungen

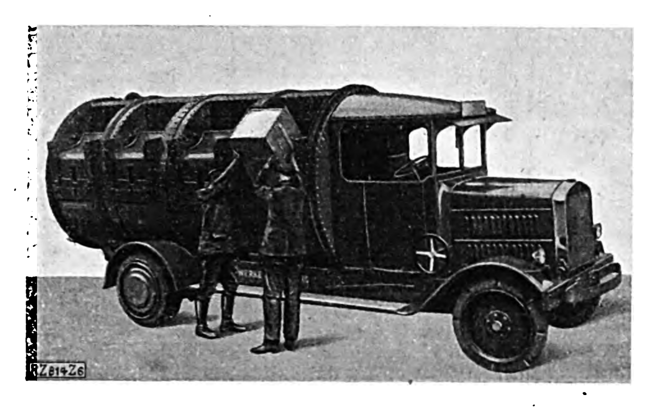


Abb. 6
Rolltrommel-Müllwagen der Firma Faun, G. m. b. H., Nürnberg

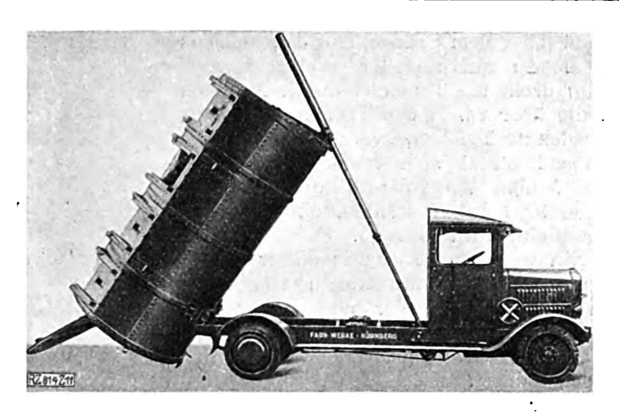


Abb. 11
Rolltrommel-Müllwagen, Abb. 6, in Kippstellung

Über ein besonderes Getriebe versetzt der Antriebmotor die Trommel in Drehung, und zwar können diese Drehungen ohne Zeitverlust und mit geringem Kraftaufwand während der Fahrt zum nächsten Haus vorgenommen werden.

Diese Bauart hat den Vorzug, daß die Entleerung der Trommel durch keinerlei Antriebteile in ihrem Innern erschwert wird. Auch der Kraftaufwand für das Drehen der Trommel ist verhältnismäßig gering. Die Stadtverwaltung der holländischen Hauptstadt Den Haag hat u. a. verschiedene Wagen in Betrieb.

Müllwagen ganz ähnlicher Art baut die Firma Peter Bauer, Köln-Ehrenfeld, Abb. 12. Zum Drehen der Trommel dient hier ein Nebenantrieb des Motors, Abb. 13 bis 15. Die Kraft wird von der Antriebwelle *a* mittels einer Kette *b* auf eine zu *a* parallele Welle *c* übertragen, von der aus über ein Kegelradgetriebe mit der Kupplung *d* eine Schnecke *e* angetrieben wird. Die Schnecke

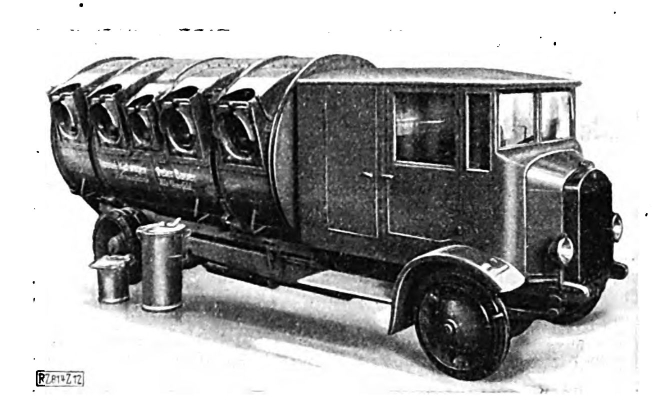


Abb. 12
Rolltrommel-Müllwagen der Firma Peter Bauer, Köln-Ehrenfeld

Abb. 13 bis 15
Antrieb der Trommel bei dem Müllwagen der Firma Peter Bauer, Köln-Ehrenfeld

a Antriebwelle
b Kettenübertragung
c Zwischenwelle
d Kupplung
e Schnecke
f Schneckenrad
g Zahnrad, kämmt mit
h Triebstockverzahnung
i Trommelabstützung
k Kippspindel



kämmt mit einem Schneckenrad *f*, und das mit diesem auf gleicher Welle sitzende Rad *g* dreht die Trommel durch Arbeiten auf die über rd. ⅓ des Trommelumfanges ausgedehnte Triebstockverzahnung *h*. Die Trommel stützt sich hierbei gegen die Rolle *i* ab. 100 vollgefüllte Mülltonnen von je 100 l Inhalt können ohne Schwierigkeit eingefüllt werden.

Ein weiteres Erzeugnis dieser Firma ist ein Großraum-Müllwagen von 12 m³ Inhalt, Abb. 16. Dieser Wagen dient zur Abfuhr von Müll von einer Umladestelle aus zur Abladestelle. Die Mülltonnen werden durch Klein-Elektrowagen mit Anhänger gesammelt, die je 18 Mülltonnen aufladen können, und zur nächsten Umladestelle gebracht. Das durch besondere Vorrichtungen staubfrei ausgeladene Müll wird hier mittels einer Schüttelrinne oder eines Förderbandes mit Becherwerk von oben her in den Wagen befördert. Die Wagendecke wird durch Schieber abgeschlossen, die man von der Erde her durch einfache Kurbelbetätigung bedienen kann. Beim Entleeren wird eine Bodenklappe geöffnet. Der städtische Fuhrpark der Stadt Köln hat etwa 40 dieser Wagen in Betrieb.



Abb. 16
Großraum-Müllwagen von je 12 m³ Inhalt der Firma Peter Bauer, Köln-Ehrenfeld, zur Abfuhr von Müll von einer Umladestelle aus zur Entladestelle

[B 814]

Idealer Kreisprozeß von Verbrennungsmaschinen

Robert C. H. Heck[1]) schlägt als Mittel zur einheitlichen Wertung von Verbrennungskraftmaschinen eine vereinigte *IS*- und *US*-Tafel für ein Normalgas vor, aus der man den in einer idealen Maschine erreichbaren Wirkungsgrad η_0 berechnen kann. Die Ordinatenteilungen für die innere Energie *U* und den Wärmeinhalt *I* bei unveränderlichem Druck, sowie die Linien $v =$ konst und $p =$ konst der Tafel sind mit $c_v = 0{,}1760 + 0{,}000\,033\,t + 0{,}000\,000\,006\,t^2$ und $c_p = 0{,}2446 + 0{,}000\,033\,t + 0{,}000\,000\,006\,t^2$ berechnet. Diese Werte entsprechen nach den Ergebnissen der Forschungen von Partington, Shilling, Goodenough und Felbeck dem Mittel der spezifischen Wärmen der Verbrennungsprodukte von Generatorgas, Wassergas, Leuchtgas, Naturgas, Koksofengas, Gasöl und Benzin bei üblicher Zusammensetzung der Brennstoffe und 15 vH Luftüberschuß bei der Verbrennung.

Beim idealen Kreisprozeß nach Heck ist das Arbeitsmittel Normalgas. Es füllt den ganzen Zylinder aus und hat den Heizwert der Frischladung. Für den Anfangs- und den Endzustand des Arbeitsmittels gelten der in der Maschine zu Beginn der Verdichtung herrschende Druck und die zugehörige Temperatur. Verdichtung und Expansion erfolgen adiabatisch. Die Verbrennung erfolgt beim Ottoprozeß im Totpunkt bei gleichbleibendem Volumen, beim Dieselprozeß verläuft die Wärmezufuhr von der Totlage ab bei gleichbleibendem Druck. Da Druck und Temperatur zu Beginn der Verdichtung nur auf umständlichem Weg und nicht genau ermittelt werden können, wäre für den Ausgangspunkt des Idealprozesses diesen Annahmen eine Bezugnahme auf Normalverhältnisse (1 at, 15 °C) vorzuziehen.

Die Verwendung der Tafel beschränkt sich auf Kreisprozesse mit hohem Gemengeheizwert. Bei 1100 vH Luftüberschuß, der beim Leerlauf von Dieselmaschinen vorkommt, ergibt das Hecksche Verfahren um 8 vH zu kleine thermische Wirkungsgrade, da Normalgas und wirkliches Arbeitsmittel sehr verschieden zusammengesetzt sind. Von andrer Seite wurde noch empfohlen, für jeden einzelnen Brennstoff eine besondere Kurvenschar aufzustellen, aus der man den Einfluß des Luftüberschusses auf den Wirkungsgrad des Idealprozesses unmittelbar ablesen kann. Der weitere Vorschlag zur Vereinfachung der Rechnung, Luft als Normalgas einzuführen und die Veränderlichkeit ihrer spezifischen Wärme zu berücksichtigen, verbessert zwar die bisherige Rechnung mit konstanter spezifischer Wärme, ergibt aber noch zu hohe Wirkungsgrade des Idealprozesses und damit zu geringe Gütegrade der zu wertenden Maschine.

Im Vergleich mit der bekannten Entropietafel für Gase von Stodola, die für jede Wärmedichte auch an Zwischenpunkten des Kreisprozesses genaue Werte liefert, ist die IS-Tafel von Heck übersichtlicher, ihre Benutzung erfordert aber kaum weniger Rechenarbeit. Für die Praxis eignen sich jedenfalls am besten Kurvenscharen, die o h n e Zwischenrechnung bei gegebener Wärmedichte den idealen Wirkungsgrad des Kreisprozesses angeben. Für flüssige Brennstoffe und Hochofengas hat P. L a n g e r[2]) solche Linien angegeben. [N 956]

Aachen Dipl.-Ing. K. M e r k l e

[1]) Mechanical Engineering Bd. 49. (1927) S. 771.
[2]) Z. Bd. 71 (1927) S. 914.

Zur Theorie der Schwingsirenen

Zu der Mitteilung von Dipl.-Ing. G ü n t h e r in Z. Nr. 38 S. 1341, „Schwinggerät für medizinische Zwecke", bemerke ich das Folgende:

Die Erscheinungen beim Schwinggerät von Dr. D r e u w gehören in die Klasse der Schwingungserzeugung durch nicht periodische Kräfte, und das Gerät selbst gehört zu der der Oszillatorsirenen, welche Bezeichnung auf F. A i g n e r s „Handbuch der Unterwasserschalltechnik" [1]) zurückgeht. In der Zeitschrift für technische Physik, Bd. 5 (1924) S. 381, habe ich eine Theorie der Schwingsirenen veröffentlicht, die alle wesentlichen Erscheinungen hierbei beschreibt, z. B. das Nichtansprechen bei kleineren Strömgeschwindigkeiten, dann das Ansprechen mit einer größeren Frequenz und das Absinken der Frequenz mit weiterer Steigerung des Druckes oder der Strömgeschwindigkeit.

Ferner ergibt sich aus dem Ausdruck für die Tonhöhe, den ich gefunden habe, daß diese in hohem Maße von der Dichte der die Sirene durchströmenden Flüssigkeiten oder Gase abhängig ist. Man erkennt an dem Ausdruck sofort, daß die Tonhöhe unter sonst gleichen Umständen mit abnehmender Dichte des strömenden Mittels stark zunehmen muß. Dies habe ich auch durch Versuch festgestellt, indem ich das Dreuwsche Gerät der Reihe nach mit Wasser, Kohlensäure, Sauer- und Wasserstoff betrieb. Dabei ergab sich eine ansteigende Reihe der Tonhöhen.

Im übrigen haben die Erscheinungen der Schwingsirenen große Ähnlichkeit mit den Schwingungen der tönenden Lichtbogen. Sie gehören wie diese zu den Schwingungserscheinungen in einer Energieströmungsbahn mit negativer Kennlinie, die mit einem schwingfähigen System verbunden ist.

Kennzeichnend für die Schwingsirenen ist der Zusammenhang des Druckes und der Geschwindigkeit der Strömung, wenn diese stationär ist und ein wenig gestört wird. Ist v die Strömgeschwindigkeit und h die Fläche des Spaltes, so gilt $v\,h =$ konst. Der Druck p sucht den Spalt zu vergrößern; in erster Annäherung gilt $h =$ konst p.

Aus beiden Gleichungen folgt:

$$p = \frac{\text{konst}}{v}$$

oder

$$\frac{d\,p}{d\,v} = -\frac{\text{konst}}{v^2},$$

d. h. die Strömungsbahn hat eine negative Kennlinie und muß die mit ihr verbundene Membrane zu Schwingungen anregen. Die Schwingsirenen gehören demnach zu den bemerkenswerten Geräten, mit denen man die sonst nur an Pfeifen zu untersuchenden wichtigen Schwingungserscheinungen bei nicht periodisch wechselnden Energiequellen bequem herbeiführen und messen kann. Insbesondere bemerkenswert sind die Schwingungen 3. Art, d. h. solche, bei denen die Schwingungsamplitude so groß wird, daß die ursprüngliche Strömung sich zeitweise umkehrt. Ich möchte vermuten, daß Abb. 4 in dem Aufsatz von Günther eine solche Schwingung darstellt. [N 920]

Berlin-Charlottenburg. W. H o r t

[1]) M. K r a y n, Berlin 1922.



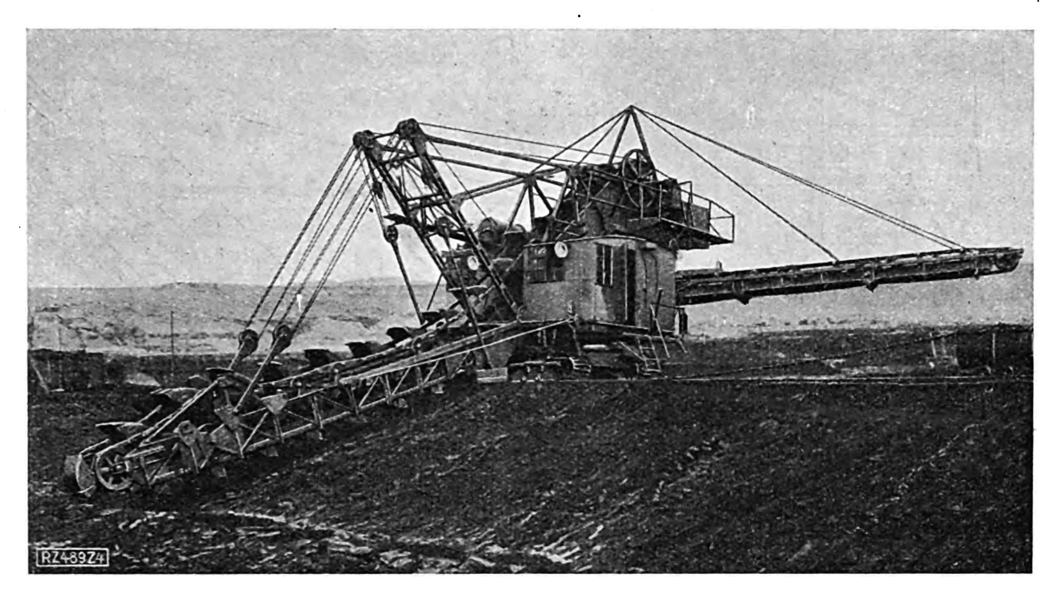


Abb. 1
Eimerkettenbagger mit Raupenketten-Fahrantrieb für 450 m³/h Leistung; Eimerinhalt 0,3 m³.

Eimerkettenbagger

Von Ing. J. F. Kesper, Essen

Aus Abb. 1 bis 4 ist der Aufbau eines neuen Eimerkettenbaggers mit Raupenketten-Fahrantrieb der Lübecker Maschinenbau-Gesellschaft, Lübeck, zu ersehen. Das Gerüst besteht aus dem Unterwagen *a*, Abb. 2 und 3, der Einlaufrinne *b*, der Eimerleiter mit dem Drehpunkt *c*, dem Aufbau *d*, dem Ballastkasten *e* und dem Schutzhaus *f*. Auf der Plattform des Unterwagens sind der Antriebmotor *g* und die Maschinenteile zum Fahrantrieb aufgestellt, während auf der Plattform des Gerüstaufbaues die Getriebe für den Turasantrieb und die Leiterwinde untergebracht sind. Die Einlaufrinne *b* ist, um eine gleichmäßig ebene Oberfläche zu erhalten, da die Raupenketten sich beim Baggern, je nach Beschaffenheit des Bodens, mehr oder weniger in diesen eindrücken, oben am Aufbau drehbar befestigt; das untere Gerüstende ist mit dem Drehpunkt der Eimerleiter mittels Seile verbunden, die über Rollen zu einer Winde laufen und am Ausleger aufgehängt. Durch entsprechendes Heben oder Senken des unteren Teiles lassen sich die Eimer sowie Eimerleiter zu der jeweils gewünschten Erdoberfläche einstellen.

Der Bagger kann entweder durch einen kompressorlosen Dieselmotor oder Elektromotor angetrieben werden, der den Eimerkettenantrieb, Leiterwinden und Fahrantrieb betätigt. Der elektrische Strom wird dem Bagger, je nach den örtlichen Verhältnissen, durch Freileitung mit Stromabnehmer oder durch ein Kabel zugeleitet, das sich auf einer Trommel selbsttätig auf- oder abwickelt. Der Turas sowie die Eimerkette werden durch Riemen- oder Seiltrieb und Zahnräder von der Hauptantriebwelle aus getrieben.

In das Getriebe ist eine Reibkupplung eingeschaltet, die bei ungewöhnlich hohen Grabwiderständen der Eimer gleitet und so Brüche der Getriebeteile nach Möglichkeit verhindert. Die Kupplung wird auf den jeweiligen Grabwiderstand mittels eines Gegengewichtes eingestellt. Sie ermöglicht ferner, daß man das Turasgetriebe stillsetzen kann, ohne daß der Motor zum Stillstand gebracht werden muß. Der Fahrantrieb erfolgt von der Hauptantriebwelle aus. Ein Wendegetriebe ermöglicht ein Vor- und Rückwärtsfahren des Baggers. Da der Bagger nicht auf einem festen Gleis fährt, sondern auf einer Raupenkette, wird beim Schwenken des Baggers die eine Raupenkette vom Antrieb vollständig aus- oder auf eine geringe Geschwindigkeit geschaltet.

Einen Doppelbagger mit Drehgestellen für elektrischen Antrieb zeigen Abb. 5 und 6. Dieser Bagger wird für Eimerinhalte von 300 bis 500 l ausgeführt.

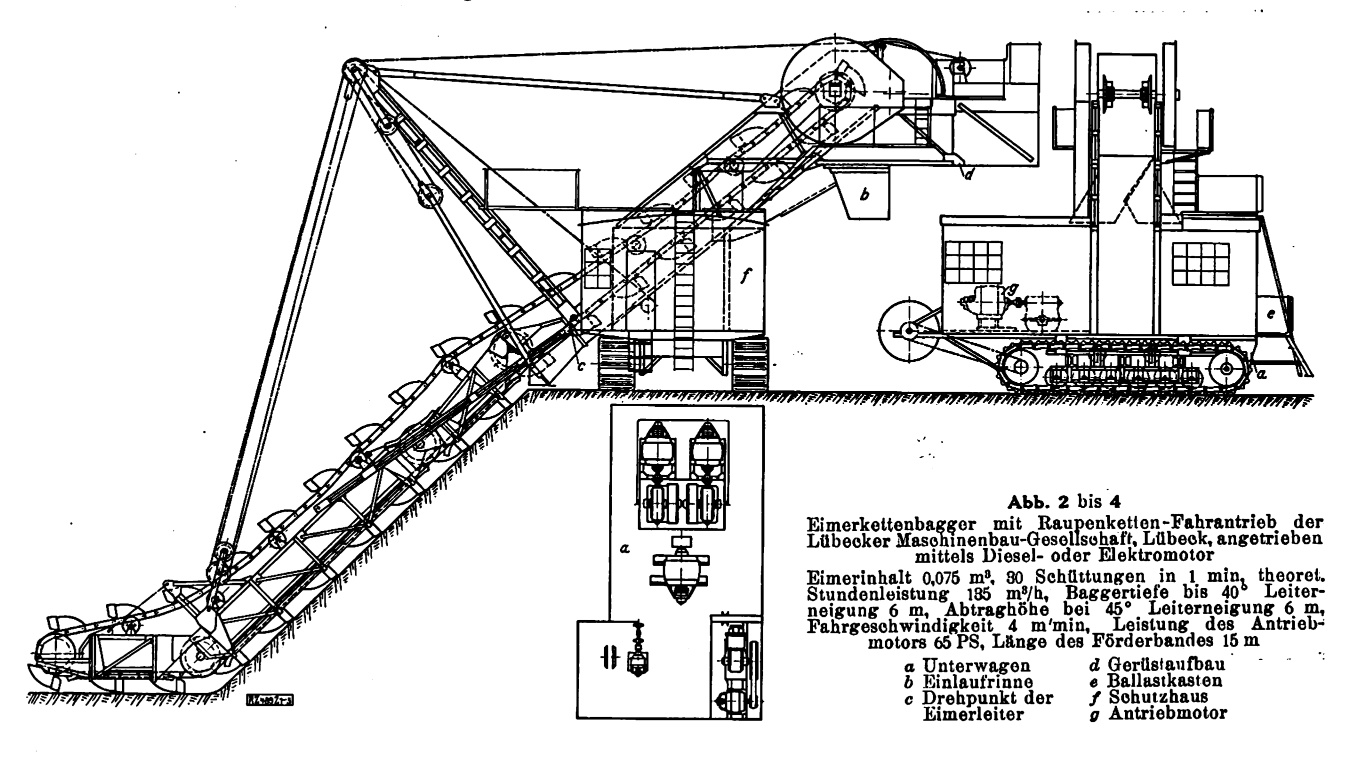


Abb. 2 bis 4
Eimerkettenbagger mit Raupenketten-Fahrantrieb der Lübecker Maschinenbau-Gesellschaft, Lübeck, angetrieben mittels Diesel- oder Elektromotor

Eimerinhalt 0,075 m³, 30 Schüttungen in 1 min, theoret. Stundenleistung 135 m³/h, Baggertiefe bis 40° Leiterneigung 6 m, Abtraghöhe bei 45° Leiterneigung 6 m, Fahrgeschwindigkeit 4 m/min, Leistung des Antriebmotors 65 PS, Länge des Förderbandes 15 m

a Unterwagen
b Einlaufrinne
c Drehpunkt der Eimerleiter
d Gerüstaufbau
e Ballastkasten
f Schutzhaus
g Antriebmotor

a hintere Portalstütze

Abb. 5
Doppeltorbagger mit Drehgestellen für elektrischen Antrieb

Eimerinhalt 0,3 bis 0,5 m³, 25 Schüttungen in 1 min, theoret. Stundenleistung 450 bis 750 m³/h, Baggertiefe bei 45° Leiterneigung und wagerecht gestelltem Ebnungsstück 21 oder 19 m, Abtraghöhe bei 45° Leiterneigung 18 oder 16 m. Fahrgeschwindigkeit 6 oder 7 m/min, Leistung des Hauptantriebmotors 220, 275 oder 325 PS, zwei vordere vierachsige Drehgestelle mit je zwei angetriebenen Achsen, ein hinteres Drehgestell mit vier Laufachsen, Leistung beider Fahrmotoren je 30 PS, Leistung des Verdichtermotors zur Erzeugung der Druckluft für die Lamellenkupplung des Getriebes 12 PS.

Die hintere Portalstütze *a* ist drehgestellartig gebaut. Sie kann infolge ihrer Lagerung auf einer Kugelfläche Spurerweiterungen zwischen Vorder- und Hinterschienen, wie sie sich beim Fahren durch Krümmungen oder bei ungenauer Verlegung des Gleises ergeben, in gewissen Grenzen nachgeben. Infolge dieser Anordnung verteilt sich das Gesamtgewicht des Baggers theoretisch genau auf drei Stützpunkte. Der obere Teil des Gerüstes trägt das Turasgetriebe und die Leiterwinde, nach hinten ist der Träger für das fahrbare Gegengewicht angebaut.

Jedes Drehgestell wird durch einen besonderen Fahrmotor angetrieben, der unmittelbar auf dem Drehgestell angeordnet ist. Die Kraft wird unter Vermeidung von Gallschen Ketten über Stirnräder übertragen. In das Getriebe jedes Drehgestells ist eine Bremse eingebaut. Sie bezweckt ein schnelles Stehen des Baggers und verhindert das Weiterfahren bei ausgeschalteten Fahrmotoren. Der Oberturas wird mittels Seiltriebes und Stirnradvorgeleges von einem auf der Plattform aufgestellten und äußerst standsicher gelagerten Motor angetrieben.

In das Getriebe ist eine mittels Druckluft betätigte Lamellenkupplung eingeschaltet, die entsprechend wie beim Bagger nach Abb. 1 bis 4 Sicherheit gegen Brüche der Getriebeteile gewährt. Der Druck auf die Kupplung für den jeweiligen Grabwiderstand wird durch ein regelbares Druckminderventil eingestellt, das in die Druckluftleitung eingeschaltet ist. Für den Notfall kann die Kupplung auch mittels Druckwassers aus einer Handpumpe betätigt werden.

Der Eintorbagger mit Drehgestellen, Abb. 7, hat elektrischen Antrieb und ist für 375 oder 450 m³ theoretische Stundenleistung bei 250 oder 300 l Eimerinhalt gebaut.

Kennzeichnend für diesen Bagger ist das bewegliche Gegengewicht. Es steht mit der Eimerleiter in Verbindung und wird beim Heben und Senken der Eimerleiter auf einer kurvenförmig ausgebildeten Fahrbahn derart verfahren, daß sich hierbei die Schwerachse des Baggers nur unwesentlich verschiebt. Das Fahrwerk wird ebenfalls unter Vermeidung von Gallschen Ketten mittels Räderübersetzung auf mehrere Laufachsen der vorderen Drehgestelle angetrieben. Eingeschaltete Gelenkwellen von den Vorgelegen am Gerüst nach denen der Drehgestelle gestatten ausreichende Bewegungen der Drehgestelle in allen drei Ebenen, ohne daß ein Zwängen in Getriebeteilen eintreten kann. Die wagerechten Wellen sind durch ein Ausgleichgetriebe miteinander verbunden, das eine gleichmäßige Verteilung der Kräfte auf beide Drehgestelle bewirkt. Das gebaggerte Gut wird in einen über der Durchfahrt angeordneten Trichter geschüttet.

Zum Verteilen des Baggergutes in die Förderwagen dient gewöhnlich eine Wendeklappe, die durch einen besonderen Druckluftzylinder betätigt wird. Der die Druckluft erzeugende Kompressor für Motorantrieb weist eine Regelvorrichtung auf, die



Abb. 6
Ansicht des Doppeltorbaggers, Abb. 5, von rechts

Abb. 8 bis 10
Eintorbagger mit Drehgestellen nach Abb. 7 für Dampfantrieb
a bewegliches Gegengewicht
Theoret. Stundenleistung 330 oder 396 m³/h, Leistung der Antriebmaschine 140 PS$_i$, wasserberührte Kesselheizfläche 64 m², Betriebsdruck 12 at.

beim Überschreiten der vorgesehenen Druckgrenze selbsttätig den Kompressor auf Leerlauf einstellt und bei Minderdruck wieder einschaltet. Außerdem ist ein besonderer Druckluftbehälter vorhanden.

Abb. 8 bis 10 zeigen den Bagger nach Abb. 7 für Dampfantrieb. Zum Antrieb sämtlicher Getriebe dient eine stehende Verbund-Dampfmaschine von 290/440 mm Zylinder-Dmr. und 320 mm Kolbenhub bei rd. 225 Uml./min. Die Steuerung wird durch einen Achsenregler beeinflußt, so daß sparsamster Dampfverbrauch gewährleistet ist. Der Dampf wird in einem liegenden Röhrenkessel erzeugt. Von der Kurbelwelle der Dampfmaschine werden der Antrieb der Fahrvorrichtung, der Antrieb der Eimerkette (Turasantrieb) und der Antrieb der Leiterwinde abgeleitet. Es sind zwei Standorte für den Baggerführer symmetrisch zur Baggermitte vorgesehen, so daß das Arbeitsfeld des Baggers bei jeder Fahrtrichtung vom Baggerführer übersehen werden kann.

Für den Antrieb des Fahrwerks dienen Riemen- und Räderübersetzungen, die unter Zwischenschaltung eines Wendegetriebes auf mehrere Laufachsen der vorderen Drehgestelle wirken. Die Seiltrommel wird mittels Hanfseiles unter Zwischenschaltung eines Wendegetriebes, Schnecken- und Stirnrädervorgeleges angetrieben. In das Getriebe ist eine Bremse eingebaut, die im Zusammenhang mit der Steuerung des Wendegetriebes betätigt wird, und zwar so, daß sie im ausgerückten Zustand eine selbsttätige Bewegung der Leiter verhindert. [M 489]

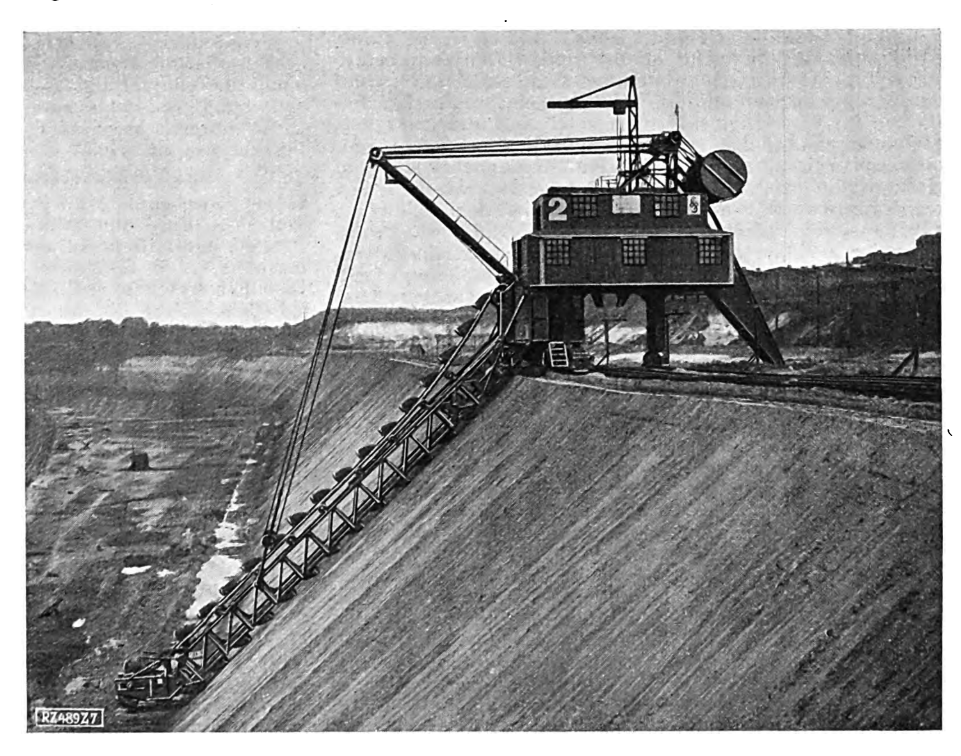


Abb. 7
Eintorbagger für elektrischen Betrieb

Eimerinhalt 0,25 oder 0,3 m³ 25 Schüttungen in 1 min, theoret. Stundenleistung 375 oder 450 m³/h, Baggertiefe bei 45° Leiterneigung 15 oder 12 m, Abtraghöhe bei 45° Leiterneigung 13 oder 10 m. Fahrgeschwindigkeit 4,8 m/min, Leistung des Hauptantriebmotors 140 PS, des Fahrmotors 25 PS, des Verdichtermotors für die Betätigung der Verteilerklappe 10 PS.

RUNDSCHAU

Eisenbau

Tagung des Deutschen Eisenbau-Verbandes

Die diesjährige Hauptversammlung des Deutschen Eisenbau-Verbandes fand am 21. und 22. Oktober unter dem Vorsitz des Direktors Dr.-Ing. E. h. Eggers, Hamburg, in Danzig statt und begann mit der Ernennung des um den deutschen Eisenbau hochverdienten Geheimrat Prof. Dr.-Ing. E. h. Krohn in Danzig zum Ehrenmitglied. Geheimrat Krohn, der in diesen Tagen seinen 75. Geburtstag feiert, überbrachte auch die Grüße des Vereines deutscher Ingenieure als dessen Vertreter und als Mitbegründer des Deutschen Eisenbau-Verbandes und bezeichnete mit Recht den D. E.-V. als einen der großen Sonderverbände, die in der Richtung des V. d. I. zum Wohle der deutschen Technik emporgewachsen seien. In geschäftlicher Beziehung wies Dr. Oelert darauf hin, daß, obgleich eine Belebung des Eisenbaues eingesetzt habe, die Hoffnungen auf wirtschaftliche Erfolge noch weit von der Erfüllung entfernt seien.

Reichsbahnoberrat Dr. Schächterle, Stuttgart, sprach über

die Gestaltung der eisernen Brücken

und betonte, daß die künstlerische aus der zweckvollen Gestaltung durch die eigene Kraft der Entwurfsverfasser hervorgehen muß[1]). In der Leichtigkeit und der Eleganz der Erscheinung liegt der ästhetische Wert und dessen künstlerische Steigerungsmöglichkeit bei eisernen Brücken gegenüber den steinernen. Die Entwicklung in dieser Richtung wurde in mehreren bekannten Beispielen des Brückenbaues aus diesem Jahrhundert im Gegensatz zu älteren Werken vorgeführt.

Lebhaft beachtet wurde der Vortrag von Prof. Dr. Karner, Zürich, über

Nebenspannungen, Durchbiegungen und Konstruktionsgewichte von Rautenträgern im Vergleich zu weitgespannten Dreieckfachwerken.

Als Folge der Vergrößerung der Verkehrslasten und Stützweiten in Wechselwirkung mit der Einführung hochwertiger Baustoffe, sind für sehr große Spannweiten einfache Balken mit zweifachem System ausgeführt worden, Rautenträger und Kreuzfachwerk, beide ohne senkrechte Pfosten. Bei einer zweigleisigen Eisenbahnbrücke von 100 m Stützweite ist das zweifache Fachwerk 4 bis 5 vH schwerer als das einfache; die Konstruktionshauptzahlen sind praktisch für alle Systeme gleich. Die Einfluß- und Biegungslinien der Rautenträger zeigen jedoch einen zackigen Verlauf bei Annahme gelenkiger Knoten, bei steifen Knotenpunkten in erheblich milderer Form. Auch die Nebenspannungen sind bei zweifachem System größer, aber im zulässigen Maße.

Die Belastungsversuche an der neuen Rheinbrücke in Wesel, deren Hauptträger Rautenfachwerk enthält, ergaben wellenförmige Biegungslinien bei Punktbelastungen, die im Ober- und im Untergurt entgegengesetzt sind und geringere Ausdehnung als bei den errechneten Zacken bei gelenkigen Knoten aufweisen. Bei normalen Gruppenbelastungen (gleichzeitige Belastung beider Systeme) entsprechen die Durchbiegungswerte denen bei Dreieckfachwerken.

In der Aussprache bestätigte Dr. Schächterle die Beobachtung der geringeren praktischen Durchbiegung bei alten Gitter- und Netzwerkbrücken und betonte, daß man doch nicht bloß nach rein statischen Gesichtspunkten entscheiden, sondern sich auch vom konstruktiven Gefühl leiten lassen müsse, das bei den älteren Brücken mehr verkörpert sei.

Demgegenüber betonte Geheimrat Prof. Dr. Hertwig, Berlin, daß man von einer Nichtübereinstimmung der Theorie und Praxis nur dann reden könne, wenn die wirklichen Voraussetzungen streng in die etwas verwickelte Rechnung eingeführt würden und besonders die Berechnung der Nebenspannungen allein nach dem Mohrschen Verfahren durchgeführt sei.

Baurat Dr. Bohny, Sterkrade, wies darauf hin, daß lange Druckstäbe, die nicht mehr in das Gebiet des plastischen Knickes fallen, gleich bemessen werden müßten, gleichgültig, ob sie in St 37, St 48 oder Siliziumstahl konstruiert sind. Bei Trägern mit sehr langen Knickstäben sind daher die Konstruktionskoeffizienten nicht mehr gleich und die Systeme mit hochwertigen Baustäben etwas ungünstiger.

Bei der weiteren Aussprache ergab sich, daß die Weseler Brücke von den Besuchern vom ästhetischen Standpunkt aus günstig beurteilt wurde. Über die Wirtschaftlichkeit dieser Bauart konnte man keine völlige Aufklärung erreichen, obgleich Bohny, als der Ausführende des Weseler Brückenüberbaues, behauptete, daß der Einheitspreis der Rautenträger nicht höher sei als der für Fachwerkträger.

Über die Kosten der Unterhaltung erscheint mangels neuerer Erfahrung bei Eisenbahnbrücken die Erörterung unfruchtbar. Es ist nicht von der Hand zu weisen, wie es auch Prof. Müllenhof, Aachen, hervorhob, daß die Unterhaltungskosten bei der vollwandigen Brücke am größten seien und bei den engmaschigen Fachwerkbrücken am geringsten. Hier muß die Beobachtung derartiger Brücken Endgültiges lehren; namentlich möchte ich auch besonders die Beobachtungen der Nietverbindungen an den Querträgeranschlüssen bei diesen pfostenlosen Systemen empfehlen.

Reichsbahnoberrat Füchsel, Berlin, trug über

Schweißen im Eisenbau

vor: Die Schweißung in der Kehlnaht bei nicht in einer Ebene liegenden Blechen wird trotz der Biegungsbeanspruchung als vollständig betriebsicher hingestellt, jedoch empfiehlt es sich, die Nähte so anzusetzen, daß die Verbindung nur geringe Biegung erfährt. Der Gütewert einer Schweißnaht liegt bei 80 vH des ungeschweißten Werkstoffes. Vorzugsweise wird die Güte der Schweißarbeit durch Biegeversuche geprüft. Röntgenversuche sind zu teuer. Für dynamische Zwecke müssen Vorversuche an wichtigen Verbindungen mit dauerndem Lastwechsel angestellt werden. Gewichtersparnisse sind beim Bau eines fünfstöckigen Hauses erzielt, jedoch keine Kostenersparnis. Nur leichte Fachkonstruktionen und kleine Brücken können versuchsweise in Auftrag gegeben werden. Der einzige Weg sei, daß Konstrukteur und Benutzer mit Vertrauen zur Schweißtechnik erfüllt werden.

Die Schwierigkeiten und Bedenken kennzeichnete in der Aussprache Prof. Dr. Gehler, Dresden, in bezug auf die Dehnung, die Wärmeentwicklung und insbesondere die Verformung der durch Schweißen anzuschließenden Stäbe. Auch kann eine Schweißkonstruktion nicht wie eine genietete nachgeprüft werden. Jedenfalls riet Gehler, nicht mit gleichem Optimismus an die Schweißverbindungen bei Bauten heranzugehen, wie es vor 25 Jahren mit dem Eisenbeton geschehen sei. Sache des Ausschusses werde es sein, durch Versuche, auch solche mit Erschütterungen, weitere Klärung herbeizuführen. In der ferneren Aussprache wurde auf die Rostgefahr und die Schwierigkeiten des Schweißens beim Zusammenbau, sowohl im Hoch- wie im Brückenbau, hingewiesen. Es empfiehlt sich also dringend, hier mit Vorsicht nur Schritt für Schritt vorzugehen.

Über

Versuche mit großen Glasplatten auf eisernen Sprossen

berichtete Prof. Graf, Stuttgart[2]). Er gab hierbei Aufschluß über die Widerstandfähigkeit von Drahtglas und Rohglas und empfahl, daß man als zulässige Biegungsbeanspruchung von Glas zur Zeit 70 kg/cm² annehmen könne. Diese Frage scheint aber noch nicht reif für die statische Berechnung zu sein.

Brückenbauarbeiten im Hamburger Hafen

führte Oberbaurat Baritsch, Hamburg, vor, wobei man von dem Ein- und Ausschwimmen von Brücken durch Prähme und mittels Schwimmkrane lehrreichen Gebrauch gemacht hat. Z. B. mußte beim Neubau zweier eingleisiger Eisenbahnbrücken im Ellerholzkanal eine schräge Eisenbahnbrücke auf die andre Seite der bestehenden Straßenbrücke auf die Weise verlegt werden, daß die Straßenbrücke auf Land gezogen, die Eisenbahnbrücke an ihr vorbeigezogen und um 180 ° gedreht wurde. Die Arbeiten für die Aufstellung einer Fußgängerbrücke von 93 m Spannweite, ein sehr schönes Bauwerk mit Sichelbogen und Zugband im Brandenburghafen, bestanden darin, daß der Bogen mit Hilfe zweier Gerüstböcke mit Pendelstützen in drei Teilen durch einen Schwimmkran von 75 t Tragfähigkeit eingesetzt wurde.

Einen deutschen Brückenfilm führte Prof. Schönhöfer, Braunschweig, vor, der die Aufstellung der Brücke bei Novisad zum Gegenstand hatte.

Dipl.-Ing. Rein, Berlin, sprach in der vorausgegangenen geschäftlichen Tagung über die

Tätigkeit der amerikanischen Eisenbauanstalten

die, 300 an der Zahl, in den letzten Jahren nicht der Nachfrage genügen konnten. Die riesigen Wolkenkratzer werden ausschließlich in Eisen ausgeführt, von denen jeder einzelne Bau viele tausend Tonnen erfordert. Ebenso gewaltig sind die für den Brückenbau erforderlichen Massen.

[1]) Vergl. K. Schaechterle, Die Gestaltung der Brücken, Z. Bd. 71 (1927) S. 1213.

[2]) Eine Abhandlung hierüber erscheint demnächst in dieser Zeitschrift.



da man bereits bei einer Spannweite von über 1000 m angelangt ist[3]). Man erkennt daraus, daß man in Amerika noch im Anfang einer gewaltigen Entwicklung des Eisenbaues steht. Man sucht dort auch die wirtschaftliche Lage der Werke zu heben, den technischen Fortschritt zu fördern, wissenschaftliche Forschungsarbeit zu unterstützen und die Bauvorschriften zu verbessern. Besonders wirksam ist die großzügige Werbung, die die Öffentlichkeit über die erreichten Vorzüge der Eisenkonstruktion aufklärt. Man strebt auch nach dem Zusammenwirken auf allgemeinem Arbeitsgebiet mit dem Deutschen Eisenbau-Verband.

Erwähnt sei zum Schluß noch die Ansprache des derzeitigen Rektors der Danziger Hochschule, Prof. Schulze-Pillot, und sein Aufruf, der auch hier Widerhall finden wird, den jungen deutschen Nachwuchs an die Danziger Hochschule zu schicken, damit dadurch das Deutschtum gestützt und geschützt und die Studierenden wiederum an dieser gefährdeten Stelle ihr geistiges Blickfeld erweitern und die Fähigkeit erwerben, später als Ingenieure Führer zu sein auf dem Wege zur Einigkeit, ohne sich in dem engen Gestrüpp politischer Zersplitterung zu verfangen. [N 1014]

Berlin Dr.-Ing. E. h. Karl Bernhard

[3]) s. Z. Bd. 71 (1927) S. 1778.

Straßenbau

Die neue Straße

Eine gemeinsame Tagung der Vereinigung der technischen Oberbeamten deutscher Städte und des Deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege hat in Saarbrücken am 16. September 1927 stattgefunden. Über die sich auf die neuzeitliche Gestaltung der Straßen beziehenden Verhandlungen sei hier kurz berichtet.

Stadtbaurat Dr.-Ing. Althoff, Breslau, wies in seinem Vortrag „Verkehr und Straße" nach, daß die neuzeitliche Wissenschaft und Technik auch die Gestaltung der Straße beeinflußt hat und dies in Zukunft noch mehr tun dürfte. Die Jahrhunderte lang unverändert gebliebene Straße des Mittelalters mußte sich im 19. Jahrhundert den Anforderungen der starken Großstadtbildung anpassen, eine dritte neue Entwicklung steht jetzt bevor, veranlaßt durch das Umstellen des Verkehrs auf den Kraftwagen, wodurch die Straße weit stärker belastet wird. Einerseits muß das verarmte Deutschland wirtschaftliche Erwägungen mehr als bisher voranstellen, anderseits fordert die neue Bauweise der Städte mit ihrem Streben nach Licht und Luft Auflockerung und damit häufig über die verkehrstechnische Notwendigkeit hinausgehende Straßenbreiten.

Die Teilung der Großstädte in ausgesprochene Wohn-, Geschäfts- und Industrieviertel, der Ausbau der Fernheizung, die Zunahme von Wohnungen mit eingebauten Möbeln geben neue Richtpunkte für die Anlage der Straße. Neue Baustoffe und Verfahren bieten ganz neue Grundlagen für den Straßenbau. Infolge des Strebens nach künstlerischer Einheit werden sich im Aufriß der Straße bessere Formen durchsetzen, auch das Neuaufleben der Farbe dürfte von erheblichem Einfluß sein.

Die Folgen der neuen Entwicklung, soweit sie sich bereits überblicken läßt, werden einmal übersichtliche, schlanke Verkehrslinien zugunsten des schnelleren und dichteren Verkehrs sein. Ferner wird man in dicht bebauten Vierteln Verkehrsadern verschiedener Art schaffen müssen, indem die Belastungsgrenze durch Zusammenfassung der Fahrzeuge mit gleicher Schnelligkeit gesteigert wird. Schließlich wird besonders sorgfältige Ausbildung der Straßenkreuzungen als der größten Gefahrenpunkte notwendig sein.

Bei der Wohnstraße wird der Fahrdamm häufig entbehrlich sein. Das Grün der Straße wird mehr berücksichtigt und mit Breite, Befestigung und Häuserreihe zu einem harmonischen Ganzen verschmolzen werden müssen, wobei einheitliche Durchführung der Farbe nicht zu vergessen ist. Bei den Versuchen zur Neugestaltung der Straße können auch Rückschläge nicht ausbleiben. Es wäre daher dringend erwünscht, daß die Städte durch regen Austausch ihrer Erfahrungen unnötige, heute besonders schwer tragbare wirtschaftliche Verluste nach Möglichkeit vermeiden.

Anschließend behandelte Magistratsoberbaurat Löschmann, Berlin, die Ausgestaltung der städtischen Straßen und Plätze, die infolge der zunehmenden Verkehrsdichte mit Rücksicht auf die Bedürfnisse der Zukunft erfolgen muß. Da aus finanziellen Gründen zunächst nur der meist sehr eilige Ausbau der Hauptverkehrsstraßen und -plätze möglich sein dürfte, muß man zielbewußt auf Massenverkehr hinarbeiten, um unrettbare Verstopfung der Straßen durch Personenkraftwagen vorzubeugen.

Im Entwurf ist, auch bei zunächst nur teilweisem Ausbau, die volle Zukunftsbreite vorzusehen. Zur Erhöhung der Ordnung, Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs ist jeder Art wie auch jeder Richtung möglichst ein besonderer Streifen der Fahrbahn zuzuweisen, bei genügender Breite in der Mitte die Straßenbahn auf besonderem Bahnkörper, rechts und links je ein breiter Damm für Schnellverkehr, dann ein Radfahrweg mit Wandelweg, Reitweg oder schmaler Längsinsel, ein schmalerer Damm für den Anliegerverkehr und der Bürgersteig. Da die Breite der Fahrdämme sich nach der Fahrzeugbreite zuzüglich dem für die Sicherheit nötigen Zwischenraum, der „Verkehrspur", richtet, ist das Bestreben der Kraftwagenindustrie, die Breite der Wagenkasten über das heute allgemein übliche Höchstmaß von 2,20 m auszudehnen, unbedingt abzulehnen.

An der Hand einer großen Zahl von Lichtbildern in- und ausländischer Verkehrsplätze in früherem und neuem Zustande erörterte der Redner die zweckmäßigste Einteilung, die die öffentliche Ordnung, Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs möglichst ohne polizeiliche Maßnahmen gestattet und die Fahrdämme auch für Fremde klar, übersichtlich und eindeutig gestaltet. Grundsätzlich soll, wie bei der Eisenbahn, nur Rechtsverkehr möglich sein, durch Einbau von Inseln sind Verkehrsschläuche zu schaffen, die selbsttätig jedes Fahrzeug in die vorgeschriebene Bahn zwingen; der große Kreisverkehr ist für Fuhrwerke und Straßenbahn als beste Lösung anzustreben.

Bei ungenügender Platzgröße richtet man zweckmäßig für die Straßenbahn Kreuzungsverkehr unter Vermeidung von Linksabzweigungen ein, für die Fuhrwerke dagegen Umfahren einer größeren Mittelinsel. Bei sternförmigen Plätzen ist für unwichtige Straßen Einbahnverkehr vorzuschreiben, für zwei gleichlaufende Einbahnstraßen Rechtsverkehr. Um durch Übersichtlichkeit die Gefahren zu verringern, sind ohne ästhetische Rücksichtnahme Aufbauten aller Art, auch Denkmäler, und möglichst auch Bäume zu vermeiden; Fußgänger sollen den Platz nur rechtwinklig zur Straßenachse überschreiten.

Oberbaudirektor Leo, Hamburg, betonte in seinem Vortrag „Der unterirdische Städtebau", daß mit Hilfe der Gasfernversorgung aus den Kohlengebieten eine Steigerung des Gasverbrauchs je Kopf auf 55 m³ gegen 178 m³ in England zu erzielen sei, wenn sich der Preis erheblich herabsetzen ließe. Für die Leitungen werden bei dem hohen Anfangsdruck von etwa 30 at nahtlos geschweißte Stahlrohre mit Umkleidung gegen Rostgefahr und mit Schweißverbindungen verwendet; die Erhöhung des Leitungsdruckes gestattet Herabsetzung der Querschnitte. Wegen der Frostgefahr müssen Wasserleitungen in etwa der doppelten Tiefe wie Gasrohre verlegt werden, 1,5 m. Bei der Versorgung mit elektrischem Strom ist steigende Erzeugung in Großkraftwerken und Verteilung durch Fernleitungen zu erwarten. Die bisherigen kleinen Werke können als Wärmespeicher in Verbindung mit Fernheizungen ausgenutzt werden, deren Entwicklung aus gesundheitlichen Gründen wünschenswert ist, obwohl sie großen unterirdischen Raum beanspruchen.

Nach kurzer Erörterung über den Bedarf der Reichspost zur Verlegung von Kabeln und Anlage von Kabelbrunnen und der besonders hohen Anforderungen der Untergrundbahn werden die nachstehenden Folgerungen hervorgehoben: 1. Bei den oberirdischen städtebaulichen Planungen sind die Anlagen unter der Erde wegen ihres engen Zusammenhanges mit zu berücksichtigen. 2. Im Entwurf des Preußischen Städtebaugesetzes ist mit Rücksicht auf das zunehmende, zum Teil neuartige Bedürfnis von Stadt und Land nach Versorgung mit Energien und Stoffen eine Sicherung von Versorgungsflächen vorzusehen. 3. Verteilleitungen sind einheitlich möglichst unter dem Fußweg und Übertragungsleitungen nur unter dem Fahrdamm unterzubringen. 4. Besondere Gänge für unterirdische Leitungen werden sich bei ungünstiger Zusammendrängung großer Werke und damit auch der großen Leitungen auf engen Raum als notwendig erweisen. Jedenfalls ist ihre Durchführung technisch und wirtschaftlich ernstlich zu prüfen, falls die Kanäle der Fernheizungen die Belastung verkehrsreicher Straßen noch mehr erhöhen, gleichzeitig Untergrundbahnen durchzuführen sind und die Versorgung der Städte mit unterirdischen Anlagen sich überhaupt noch weiter erheblich steigern sollte. 5. Durch gemeinsame Verlegung von Leitungen in die gleiche Baugrube sind wiederholtes Aufgraben und die dadurch bedingten Verkehrsstörungen kaum zu verringern, doch muß dabei ein planmäßiges, zeitliches und örtliches Ineinandergreifen unter einer technisch maßgebenden, die Straße beherrschenden Stelle gefordert werden. Eine solche würde in jedem Falle die Genehmigung zum Aufgraben zu erteilen und dabei alle beteiligten Verwaltungen stets zu benachrichtigen haben. [N 876]

Berlin Dr. H. W. Wolffram

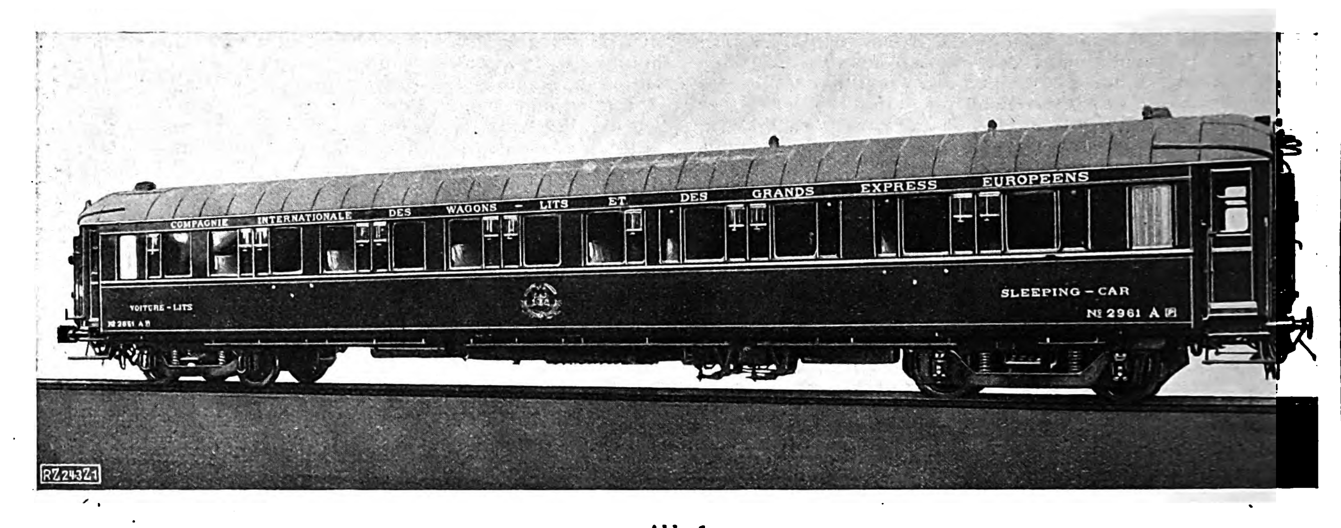


Abb. 1
Schlafwagen der Stahlbauart 1. Klasse für die Internationale Schlafwagengesellschaft]

Länge über die Puffer ... 23 452 mm
Größte Breite .... 2 854 „
Höhe über S.-O. .... 4 000 mm
Drehzapfenabstand . 16 000 „
Drehgestellradstand .... 2 500 mm
Dienstgewicht .... 57 t

Eisenbahnwesen

Schlafwagen aus Stahl der Internationalen Schlafwagengesellschaft

Die von der Waggonfabrik Gebrüder Credé & Co., Niederzwehren bei Kassel, gebauten neuen eisernen Schlafwagen 1. Klasse für die Internationale Schlafwagengesellschaft, Abb. 1, die von der deutschen Bauart abweichen, haben acht einbettige und vier zweibettige Abteile. Zwischen je zwei zweibettigen Abteilen befindet sich ein Waschraum, und an jedem Kopfende der Wagen liegt ein Abort mit Wasserspülung, Abb. 2. An einem Ende des Seitenganges ist ein von der zugehörigen Plattform aus zugänglicher Raum mit dem Kessel für die Warmwasserheizung vorhanden.

Zwei etwa 15 500 mm lange, kräftige, fischbauchartig durchgebildete, mittlere Langträger bilden gewissermaßen das Rückgrat des Wagens, Abb. 3 bis 5. Diese Längsträger schließen an 2050 kg schwere, aus einem Stück bestehende Stahlguß—Endstücke an. Diese Endstücke bilden vom Schemelträger bis zum Kopfträger einschließlich das Untergestell. Der für diese Endstücke und Drehgestellrahmen verwendete Stahlguß hat eine Festigkeit von rd. 60 kg/mm². Die Untergestell-Endstücke und zwei gepreßte Doppelquerträger, die durch den Fischbauchträger hindurchgehen, teilen diesen in drei gleiche Felder von rd. 5350 mm Länge ein und verbinden ihn mit den Unterzügen der Seitenwände. In jedem Feld sind verschiedene Konsolen und ein geteilter Querträger so angeordnet, daß durchschnittlich auf je 1 m eine Verbindung der Seitenwände mit dem mittleren Langträger vorhanden ist. An den Konsolen und Querträgern sind die verschiedenen Bremszylinder, Luftbehälter sowie die Batterie- und Ersatzteilkasten befestigt. Der freie Raum zwischen dem Deckblech des Fischbauchträgers und den Seitenwandunterzügen ist mit 1,5 mm dickem Wellblech ausgefüllt und bildet in Gemeinschaft mit dem Deckblech des Fischbauchträgers den Fußboden. Das Wellblech ist mit den Trägern so vernietet, daß es das Untergestell gegen seitliches Ausknicken und diagonale Verschiebung sichert. Abb. 6 zeigt den Schnitt durch den Fußboden im Abteil.

Das Gerippe der Seitenwände besteht aus dem Unter- und Oberzug, der Brüstung und den Fenstersäulen. Die Unterzüge bestehen aus ⅂-Eisen 127 × 76 und Winkeleisen 120 × 80. An die Winkeleisen sind die Fenstersäulen angenietet, die aus 3 mm dickem Stahlblech mit [- und _⊓_-förmigem Querschnitt gepreßt wurden. Die Säulen schneiden mit dem Oberzug ab, der aus einem 3 mm dicken Stahlblech und einem L-Eisen hergestellt ist. Die äußere Wandbekleidung besteht aus 3 mm dickem Stahlblech.

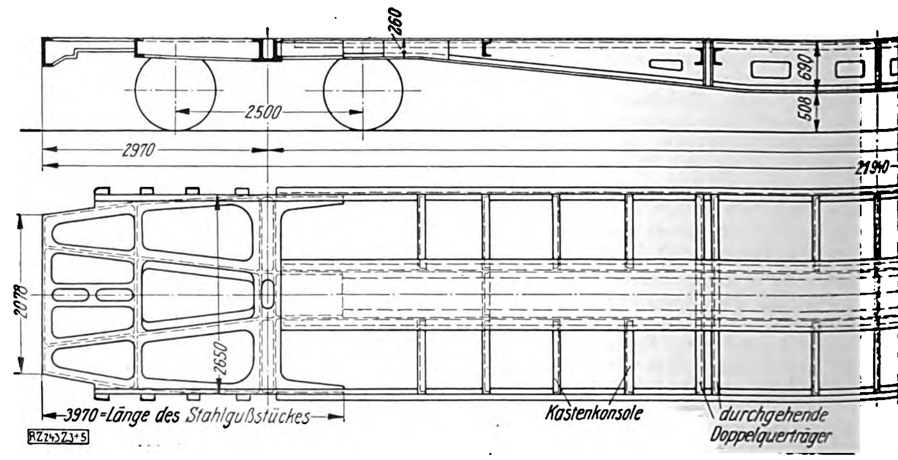
Das Tonnendach wird durch Spriegel und Langstreben aus Winkeleisen (30 × 30 × 3) sowie 1,5 mm dickem Stahlblech hergestellt. Den seitlichen Abschluß des Daches bildet eine Regenleiste; das äußere Dach wurde mit Subox-Bleianstrich versehen.

Zur Erlangung einer größeren Steifigkeit des Wagenkastens erhalten sämtliche Querwände eine zwischen den Rahmenwerken der Holzverkleidung der Abteile und über der Innendecke des Seitenganges liegende Blechwand, die mit Winkeleisen umsäumt ist, und die die Fußbodenwellbleche, den Fischbauchträger, die Seitenwand der Abteilseite und die oben erwähnten Dachspriegel miteinander verbindet, Abb. 7. Alle Teile, das Untergestell, die Seiten-, Kastenkopf- und Stirnwände und das Dach sind austauschbar.

Die Innenausstattung ist besonders geschmackvoll und bequem ausgebildet. Neu ist dabei der Grundriß der einbettigen Abteile, der durch die Verlängerung des Wagens um 3552 mm auf 23 452 mm gegenüber der hölzernen Bauart ermöglicht wurde.

Das Herablassen der Abteilfenster geschieht durch den Bewegungsmechanismus, Bauart Hera, in der Weise, daß ein etwa 300 mm langer Hebel, der einen Bogen von 180° beschreiben kann und in der Mitte unter der Fensterbrüstung untergebracht ist, jedes Fenster leicht bewegt. Dieses Hebelsystem liegt in der Fenstertasche und ist in allen Stellungen feststellbar. Die günstige Hebelanordnung und der geringe Kraftbedarf zur Betätigung ermöglicht es jedem Reisenden, während des Sitzens die Fenster zu öffnen oder zu schließen. Wird das Fenster in irgendeiner Stellung etwa durch Aufstützen des Oberkörpers belastet, so bleibt es in dieser Höhe stehen. Der Fenstermechanismus ist also selbstsperrend. Ähnlich sind die beweglichen Fenster des Seitenganges ausgeführt mit der Ausnahme, daß sie nicht selbstsperrend sind. Sie werden durch einen Griff, der am oberen Fensterrahmen-Querstück angegossen ist, bewegt. In der geschlossenen Stellung wird jedes Fenster durch einen Riegel festgehalten.

Alle Abteile und Nebenräume haben je einen, der Seitengang drei Luftsauger erhalten, die auf dem Dach des Wagens angeordnet sind. Die Sauger werden durch Schieber



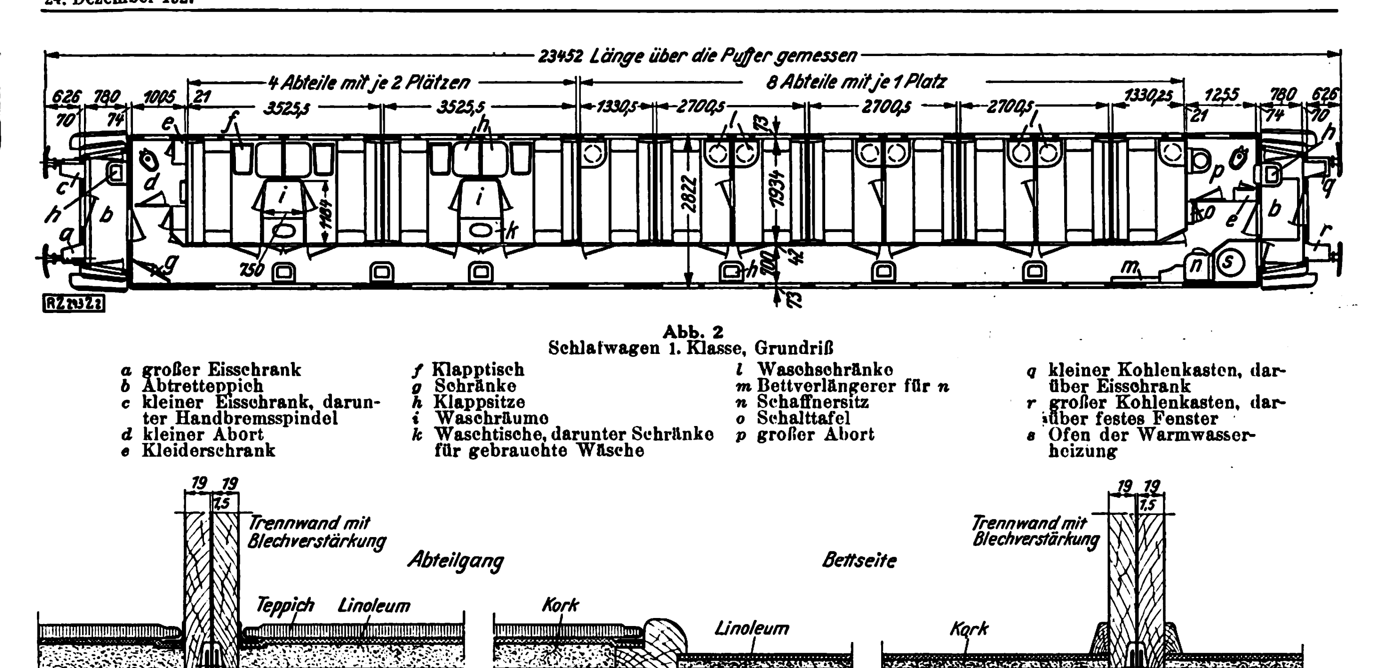


Abb. 2
Schlafwagen 1. Klasse, Grundriß

a großer Eisschrank
b Abtretteppich
c kleiner Eisschrank, darunter Handbremsspindel
d kleiner Abort
e Kleiderschrank
f Klapptisch
g Schränke
h Klappsitze
i Waschräume
k Waschtische, darunter Schränke für gebrauchte Wäsche
l Waschschränke
m Bettverlängerer für *n*
n Schaffnersitz
o Schalttafel
p großer Abort
q kleiner Kohlenkasten, darüber Eisschrank
r großer Kohlenkasten, darüber festes Fenster
s Ofen der Warmwasserheizung

Abb. 6. Schnitt durch den Fußboden im Abteil

abgesperrt, die von den Abteilen aus durch einen Bowden-Zug bewegt werden können.

Der Wagen wird elektrisch durch eine Lichtmaschine, Bauart Dick, beleuchtet, die im Untergestell des Wagens aufgehängt ist und mittels Riemens von der nächstgelegenen Drehgestellachse angetrieben wird. Zwei Akkumulatorenbatterien, die von der Lichtmaschine während der Fahrt aufgeladen werden, liefern bei Stillstand den Lichtstrom[1]).

Die Wagen werden in der Regel durch eine Warmwasserheizung (Thermosyphon-Heizung) geheizt. Der Heizkessel hat Kohlen-Feuerung, so daß auch ein alleinstehender Wagen geheizt werden kann. Der erforderliche Brennstoff wird in zwei großen Behältern, die an der zugehörigen Wagenstirnwand über den Puffern liegen, untergebracht. Außerdem kann der Kessel durch Dampf von der Lokomotive aus geheizt werden, der durch einen Injektor in den Heizkessel gelangt. Die Wände des Kesselraumes sind so durchgebildet worden, daß sie leicht herausgenommen werden können, um den Kessel vollständig freizulegen. Die Heizkörper der Abteile bestehen aus vier, die des Seitenganges aus zwei Kupferrohren von 50 mm l. W. Diese Rohre sind mit leichtem Gefälle längs der Seitenwände auf der ganzen Kastenlänge durchlaufend angeordnet. In den Kastenstirnwänden befinden sich verschließbare Öffnungen, durch die die Heizrohre ein- und ausgebaut werden können, ohne daß es notwendig ist, von der Inneneinrichtung irgendwelche Teile zu entfernen. Die Heizung wird durch Absperrschieber geregelt, die in der Nähe des Heizkessels liegen. Bei großer Kälte wirkt nur in den Abteilen die Warmwasserheizung, während der Seitengang durch eine Hochdruck-Dampfheizung ohne Dampfpumpen erwärmt wird.

[1]) Die Lichtspannung beträgt 24/37 V, die Stromstärke 52 A.

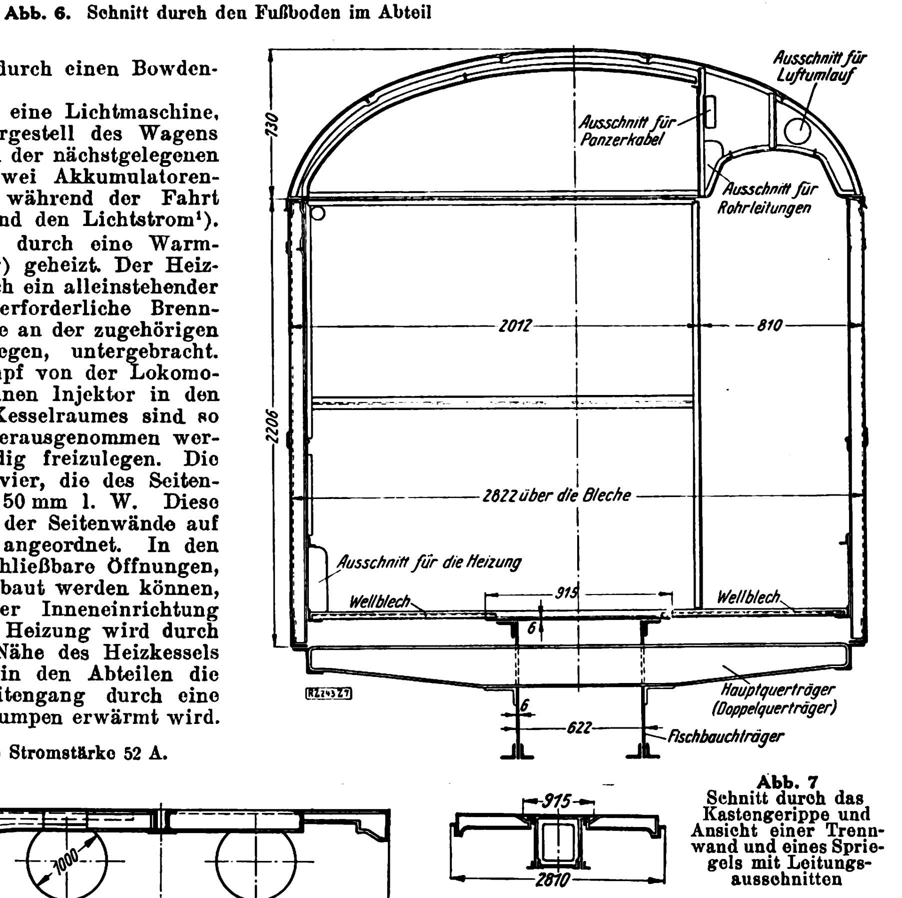


Abb. 7
Schnitt durch das Kastengerippe und Ansicht einer Trennwand und eines Spriegels mit Leitungsausschnitten

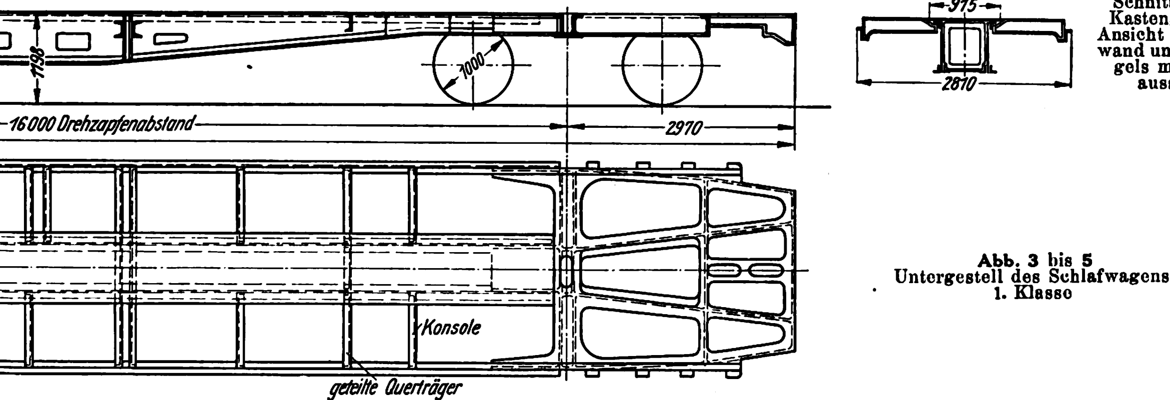


Abb. 3 bis 5
Untergestell des Schlafwagens 1. Klasse

Die Seitenwände und das Dach haben eine etwa 30 mm dicke Schicht aus dreifachem 8 mm dickem Filz und vierfachem 1,5 mm dickem Asbestpapier mit Leinenstoff zur Wärmeisolation erhalten.

Im Dach des Wagens sind drei Wasserbehälter mit insgesamt 1100 l Fassungsvermögen untergebracht. In einem dieser Behälter kann das Wasser erwärmt werden. Über der Decke des Seitenganges befindet sich das Leitungsnetz, das kaltes und warmes Wasser in alle Aborte und Waschbecken verteilt, und über diesem sind die Panzerkabel der elektrischen Beleuchtung angeordnet. Die Hähne zur Wasserentnahme und die Beschlagteile der Aborte sind aus Weißmetall von folgender Zusammensetzung: 60 Teile Cu, 20 Teile Sn, 18 Teile Ni und 2 Teile verschiedene Stoffe.

Da die Wagen in den meisten europäischen Ländern verkehren sollen, sind sie mit der selbsttätigen und nichtselbsttätigen Luftsauge-Umschaltschnellbremse, Bauart 1902, mit der selbsttätigen und nicht selbsttätigen Westinghousebremse (Henry-Bremse) mit einer Handbremse und den erforderlichen Signalstützen ausgerüstet. Besonders für die Stirnwände, die die verschiedenen Verbindungsschläuche und Signalstützen tragen, war die genaue Beachtung des R. I. C. notwendig. Der Ausschlag der Drehgestelle ist nach allen Richtungen so groß, daß die Wagen auf Fähren gefahren werden können.

Die Übergangseinrichtung L'ocem[2]) der französischen Bahnen ist sinngemäß verwandt werden. Sie entspricht den Bedingungen der Anlage F_1 des R. I. C. Die Übergangsbrücken sind zweiteilig ausgeführt. Sie haben den Vorteil, daß sie sich in den Kurven besser einstellen und daß die geschlossenen Bälge sicher begangen werden können.

Die zweiachsigen Drehgestelle amerikanischer Bauart haben einen Rahmen, der aus einem Stahlgußstück von rd. 1160 kg Eigengewicht besteht, Abb. 8 und 9. Achshalter, Lager usw. sind mit angegossen. Die Stellen, die der Abnutzung unterliegen, haben auswechselbare Verschleißstücke erhalten. Auf jeder Längsseite sind zwei Schwanenhalsträger symmetrisch zum Drehgestell-Langträger angeordnet worden. Die Abfederung erfolgt beiderseits durch drei nebeneinander liegende Doppelelliptikfedern. Die Federn auf der Abteilseite haben eine höhere Sprengung erhalten, damit das Mehrgewicht dieser Seite ausgeglichen wird. Um zu verhindern, daß die Drehgestelle sich bei etwaigen Unglücksfällen quer zur Fahrtrichtung stellen, haben sie vier Begrenzungsketten erhalten, die an den Ecken der Gestelle und an den Seitenwandunterzügen befestigt sind. [M 243]

Niederzwehren Oberingenieur Karl Bethge

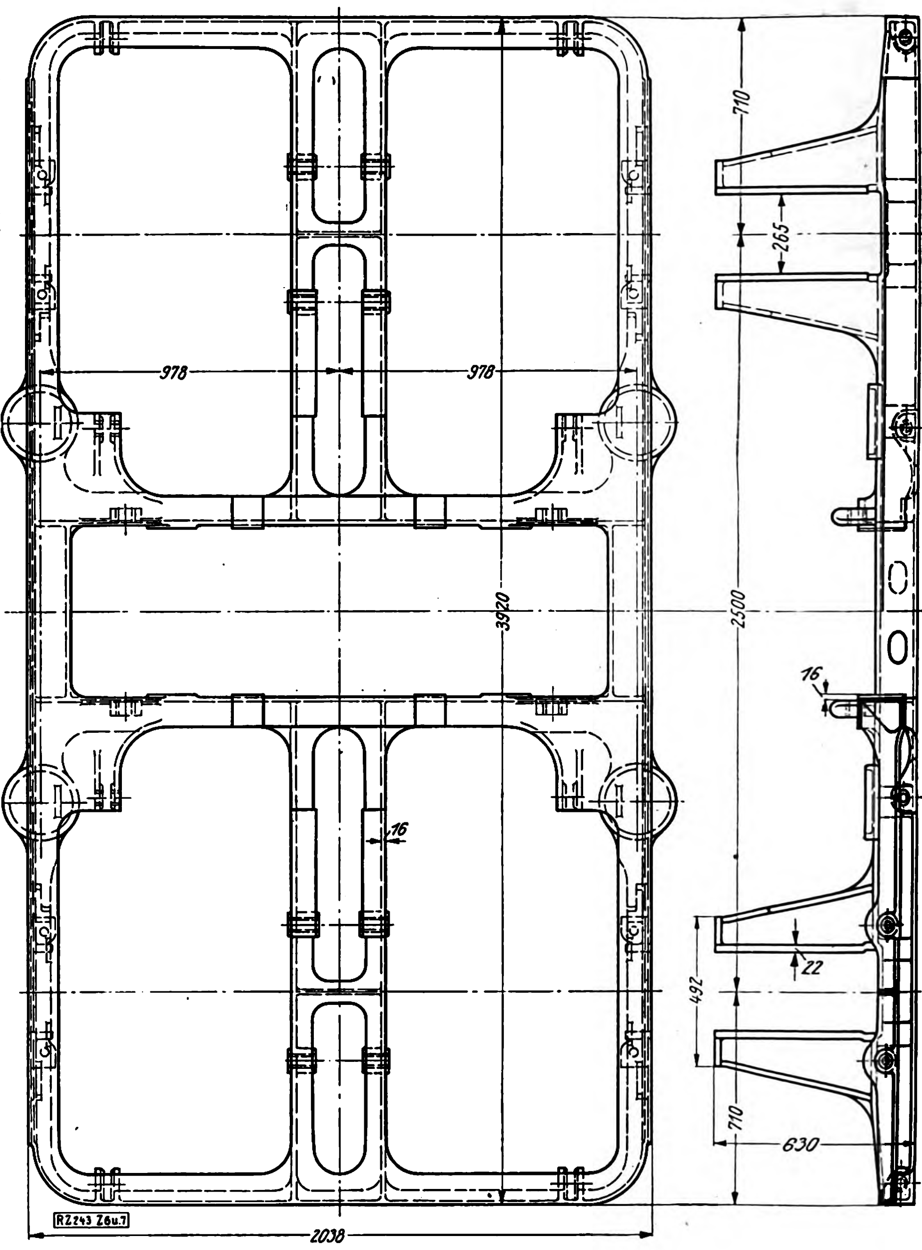


Abb. 8 und 9
Drehgestellrahmen aus Stahlguß

[2]) Office central d'études de material de chemins de fer O. C. E. M. Reseaux A. et L., Etat, Midi, P. L. M. et P. O.

Wechselstrom-Triebwagen für Bayern

Für den Nahverkehr zwischen München und seinen Vororten sowie für Fernzugstrecken nach Ausflugsorten ist von der Gruppenverwaltung Bayern der Deutschen Reichsbahngesellschaft eine Reihe neuer Wechselstrom-Triebwagen beschafft worden. Es wurden zunächst einige vorhandene Dampftriebwagen umgebaut und dann eine Reihe neuer Fahrzeuge in Ganzstahl-Bauart in Auftrag gegeben, von denen ein Teil als Trieb-, der andre als sogenannte Steuerwagen ausgebildet ist. Die Steuerwagen haben lediglich zwei vollständige Führerstände an den Wagenenden, aber keine Motoren, durchgehende Leitungen und elektrische Heizung und Beleuchtung. Zur Zusammenstellung vollständiger Zugeinheiten dienen außerdem 35 dreiachsige Personenwagen, die gleichfalls mit durchgehenden Leitungen und Kupplungen für die Vielfachsteuerung versehen worden sind.

Für die Durchbildung der elektrischen Ausrüstung war als Ziel die größtmögliche Leistungsfähigkeit der Fahrzeuge gestellt worden. Von den beiden zweiachsigen Drehgestellen ist nur das eine als Triebdrehgestell mit zwei Tatzenlagermotoren (15 kV, $16^2/_3$ Per./s) ausgebildet, während das andre als Laufdrehgestell die Last des darüber angeordneten Transformators trägt. Die Wagen haben bei rd. 20 m Länge über die Puffer 78, die Steuerwagen 75 Sitzplätze. Das Gewicht der elektrischen Ausrüstung beträgt bei den Triebwagen 18,5, bei den Steuerwagen 1,5 t, das des mechanischen Teils 41,5 t bzw. 37,5 t, das Gesamtgewicht also 41,5 bzw. 39 t. Die höchste Fahrgeschwindigkeit beträgt 76,5 km/h, die Anfahrzugkraft 6 t.

Das aus einzelnen Blechen zusammengeschweißte und mit den Tragspriegeln vernietete Tonnendach trägt wesentlich zur Festigkeit des stählernen Kastengerippes bei. Der Dachteil über der Transformatorkammer kann leicht abgenommen werden. Er enthält den Lüftersatz, der gleichzeitig die Motoren und den Transformator kühlt. Die Lüftungskanäle zu den Triebmotoren sind unter dem Wagendach entlang, über dem Motordrehgestell an der Wand herunter und durch Faltenbälge zu den Motoren geführt. Der in einer besonderen Kammer untergebrachte Ölschalter

wurde nicht wie bei elektrischen Lokomotiven als druckfester Schalter für Einbau in das Wagendach ausgebildet, sondern der Gewichtersparnis halber wurde eine leichtere Bauart verwendet, die freilich nur die Abschaltungen und Kurzschlüsse auf der Seite der Niederspannung zu bewältigen vermag. Gegen Kurzschlüsse der Hochspannungsseite wird eine neuartige Dachsicherung (Bauart Brown, Boveri & Cie) benutzt, die zwecks sicherer Beherrschung des entstehenden Lichtbogens im Gegensatz zu früheren Dachsicherungen den Sicherungslichtbogen unmittelbar nach dem Entstehen, d. h nach dem Durchschmelzen des zwischen den Hörnern befindlichen Sicherungsstreifens, durch einen zwischen diesen liegenden geerdeten Kupferbügel abfängt. Der dadurch eingeleitete unmittelbare Erdschluß bringt den Unterwerkausschalter mit Sicherheit zum Ansprechen, nachdem die Wagenausrüstung und das Wageninnere bereits durch das Durchschmelzen des Sicherungsstreifens geschützt worden sind.

Der Öltransformator, ein Spartransformator mit selbsttätigem Ölumlauf, hat 500 kVA Dauerleistung, die sich im Winter um 90 kVA für die elektrische Zugheizung erhöht. Die beiden in einem Drahtgestell untergebrachten Tatzenlagermotoren sind mit Blattfedern aufgehängt. Sie sind vollständig geschlossen. Zur Steuerung der Motoren dienen in Verbindung mit einem Spannungsteiler elektromagnetische Einzelschützen. Zur gleichzeitigen Betätigung sämtlicher Stromabnehmer mehrerer miteinander gekuppelter Triebwagen ist eine Druckluftleitung vorgesehen, bei der die ohnehin vorhandene Ausgleichleitung der Hauptluftbehälter als Bügelbetätigungsleitung verwendet wird.

Ein Teil der Wagen ist zur Zeit bereits seit über einem Jahr in ununterbrochenem Betriebe, wobei sich keinerlei Anstände größeren Umfanges ergeben haben. („Elektrische Bahnen" Bd. 3 (1927) S. 161) [N 692] Gü.

Werkstoffe

Untersuchungen an Dampfturbinenölen[1])

An die Mineralöle zum Schmieren von Dampfturbinen müssen zur Vermeidung von Störungen hohe Anforderungen gestellt werden. Abgesehen von den physikalischen Eigenschaften, die die einwandfreie Schmierung gewährleisten, sollen sie chemisch ziemlich indifferent sein, da die Oxydation die Schmiereigenschaften der Öle und ihr Verhalten in bezug auf Emulsion und Schaumbildung verändert.

Für die flüssige Reibung ist die Zähflüssigkeit die wichtigste Kennzahl eines Öles. Schon die Versuche von Hilliger[2]) haben aber gezeigt, daß die Zähigkeit allein ein Öl nicht einwandfrei kennzeichnet, da sie z. B. seine Eignung, eine genügend dünne Schmierschicht zu bilden, nicht erfaßt. Um die Ergiebigkeit eines Schmieröles und den Mindestaufwand an Schmiermitteln beurteilen zu können, muß man daher noch andre Kennzahlen einführen, die mit den Molekularkräften, z. B. der Adhäsion, zusammenhängen. Als Maß für die Fähigkeit, während der halbflüssigen Reibung die Schmierschicht zu bilden, dient die Benetzungskraft, die durch den sogenannten Randwinkel gemessen wird. Dieser steht in einer bestimmten Beziehung zur Oberflächenspannung.

Nach der Theorie von Langmuir ist die Oberflächenspannung als ein Maß der potentiellen Energie des magnetischen Streufeldes anzusehen, das sich von der Oberflächenatomschicht aus erstreckt. Die Oberflächenenergie ist also keine Eigenschaft der Flüssigkeitsmoleküle, sondern hängt ab von dem am wenigsten wirksamen Teil der Moleküle und der Art, wie diese sich in der Oberflächenschicht anordnen. So bilden in den flüssigen Kohlenwasserstoffen der Paraffinreihe die Moleküle der CH_3-Gruppe an den Enden der Kohlenwasserstoffkette die Oberflächenschicht unabhängig von der Länge dieser Kette. Vom Hexan bis zum flüssigen Paraffin ist daher praktisch die gleiche Oberflächenenergie vorhanden. Daraus geht hervor, daß sich Kohlenwasserstoffe ohne diese wirksamen Gruppen z. B. auf einer Wasseroberfläche nicht ausbreiten können, was auch wiederholt durch Versuche nachgewiesen wurde.

Damit ein gleicher Randwinkel und damit eine gute Benetzung entsteht, müssen also wirksame Moleküle vorhanden sein. Darauf beruhen z. B. die Verfahren, Schmieröle mit freien Fettsäuren zu verwenden. Solche Öle enthalten Karboxylgruppen. Ähnlich wirken aber auch gewisse ungesättigte Verbindungen.

Im Laboratorium der Firma Brown, Boveri & Cie. A.-G. wurden Versuche an reinen Mineralölen für Dampfturbinen durchgeführt, um die Veränderung der Schmiereigenschaften der Öle im Betriebe zu prüfen. Hierbei wurden die Öle 1000 h lang künstlich gealtert, d. h. bei erhöhter Temperatur (112 °C) an der Luft erhitzt. Auch im Betriebe findet eine Oxydation der Öle statt, und durch Vergleich mit Ölen, die längere Zeit in Turbinen benutzt worden waren, konnte gezeigt werden, daß die Ergebnisse der Reaktion in beiden Fällen gleich waren.

Die Benetzungskraft hängt aber auch vom Lagermetall ab. Die Versuche wurden daher auf alle für Lager in Betracht kommenden Legierungen, Stahlguß und Gußeisen, verschiedene Arten von Rotguß und Weißmetall ausgedehnt. Dabei ergab sich einwandfrei, daß Stahlguß und Gußeisen die schlechteste und Weißmetall die beste Benetzung lieferten. Die Lagermetalle mit möglichst verschiedenartigem Gefüge sind also für die Bildung des Ölfilms am günstigsten.

Die Benetzungskraft wurde mit dem Gerät nach Dallwitz-Wegener gemessen; dabei zeigte sich, daß alle Öle im Anlieferzustand ungefähr die gleiche Benetzungskraft aufweisen. Bei der Oxydation entstehen dann Verbindungen zum Teil saurer, zum Teil ungesättigter Art, die also im Sinne der Oberflächenenergie wirksame Moleküle enthalten. Die Benetzungskraft wird also durch das Altern des Öles größer, das haben auch die Versuche mit künstlich gealterten Ölen bestätigt. Aber nicht nur die Säuren, die als wirksamen Bestandteil die Moleküle der Karboxylgruppe enthalten, sondern auch neutrale ungesättigte Verbindungen können die Benetzungskraft erhöhen. Das wurde an Ölen nachgewiesen, aus denen man die sauren Ergebnisse der Zersetzung entfernt hatte. Im übrigen besteht im Verhalten von Paraffin- und von Naphthenölen kein praktischer Unterschied; allerdings widerstehen Naphthenöle oxydativen Einflüssen etwas besser. Während die Benetzungskraft eines Öles durch die im Betrieb entstehenden Oxydationsprodukte gesteigert wird und damit seine Schmiereigenschaften verbessert werden, hat die Oxydation in bezug auf die Bildung von Schaum und Emulsion, zwei Erscheinungen, die im Betriebe sehr unangenehme Folgen haben können, gerade die entgegengesetzte Wirkung. Neuere Untersuchungen haben ergeben, daß die Schaumbeständigkeit weder von der Zähigkeit noch der Oberflächenspannung abhängt. Damit ist widerlegt, daß dünnere Öle weniger schäumen sollen.

Dagegen ist für die Entstehung und die Beständigkeit des Schaumes vor allem der Aufbau der Oberflächenhaut wichtig. Daher wurden zahlreiche Messungen der Oberflächenspannung gegen verschiedene Lösungen, wie Schwefelsäure, Natronlauge, Soda und Kochsalz an Ölen im Anlieferzustand und nach künstlicher Alterung ausgeführt. Marinebehörden verlangen zwar immer noch, daß das Öl mit Kochsalzlösung keine Emulsion bildet. Die Messungen haben aber gezeigt, daß durch Kochsalz wohl Ausflockung, aber keine Emulsionen entstehen.

Wesentlich anders verhalten sich jedoch alkalische Lösungen; diese vermindern die Oberflächenspannung wesentlich. Früher hat man dies auf das Entstehen von Seife in der Grenzflächenschicht zurückgeführt und diese Seifen als Emulgatoren, d. als Stoffe angesehen, die die Emulsionen beständig machen. Demgegenüber haben die vorliegenden Versuche bewiesen, daß die Oberflächenspannung kein einwandfreies Mittel ist, um festzustellen, ob ein Dampfturbinenöl, das sich im Betriebe zersetzt hat, mit Wasser oder alkalischer Lösung eine Emulsion bildet. Im Laboratorium konnten Emulsionen aus künstlich gealterten oder im Betriebe zersetzten Ölen durch Einleiten eines Dampfstrahles erzeugt werden. Die Öle waren im Anlieferzustand durchweg gut und verhielten sich einwandfrei sowohl gegen Wasser als auch gegen alkalische Lösungen. Dampfturbinenöle in diesem Zustande zu prüfen, hat daher für die Praxis keinen Zweck. Wohl aber begünstigen die bereits erwähnten, die Benetzungskraft erhöhenden Molekülgruppen, die bei der Zersetzung des Öles entstehen, die Bildung von Emulsionen. Dabei können beide Arten von Emulsionen, nämlich von Öl in Wasser oder von Wasser in Öl, je nach den Verhältnissen auftreten. Wird reines Wasser verwendet, so erhält man immer Emulsionen von Wasser in Öl. Diese lassen sich durch elektrische Spannung sehr leicht zerstören. Alkalische Lösungen dagegen ergeben immer Emulsionen von Öl in Wasser, die sehr beständig sind und durch elektrische Spannungen nicht zerstört werden können. Man kann aber auch Emulsionen mit reinem Wasser herstellen, die ziemlich beständig sind; daraus geht hervor, daß die Entstehung der Seife nicht die Bildung der Emulsion entscheidet, sondern daß dabei dem Aufbau der Oberflächenatomschicht, die die Ergebnisse der Zersetzung enthält und die Benetzungskraft erhöht, die Hauptrolle zukommt. [N 768]

Baden, Schweiz

Dr. H. Stäger und Dr. J. P. Bohnenblust

[1]) Aus einem Bericht im „Archiv für Wärmewirtschaft" Bd. 8 (1927) S. 349.
[2]) Z. Bd. 62 (1918) S. 178.

Normblattentwürfe

(Einspruchzuschriften in doppelter Ausfertigung und für jeden Entwurf gesondert unter genauer Angabe der im rechten oberen Felde des Normblattes enthaltenen Blattbezeichnung an den Deutschen Normenausschuß, Berlin NW7, Dorotheenstr. 47, erbeten.)

Einspruchfrist 15. Februar 1928

Die folgenden Entwürfe sind vom Fachnormenausschuß für Armaturen, Gruppe Druckmesser, aufgestellt in Erweiterung der bisher herausgegebenen Blätter über Manometer DIN 3700 bis 3714.

DIN-Entwurf 3715
Manometerhähne; Manometeraufnahme durch feste Muffe mit Gewindeanschluß R ¼″

Der Hahn ist für Manometer und Vakuummeter nach DIN 3701 und 3702 mit 60 und 70 mm Gehäuse-Nenndurchmesser aufgestellt. Der Hahn ist mit Muffenanschluß und Zapfenanschluß vorgesehen. Der Gewindeanschluß für Manometeraufnahme und Anschlüsse ist mit R ¼″ durchgeführt.

Von der Normung eines Hahnes mit R ⅛″ ist Abstand genommen worden.

DIN-Entwurf 3716
Manometerhähne mit ovalem Prüfflansch; Manometeraufnahme durch feste Muffe mit Gewindeanschluß R ½″

DIN-Entwurf 3717
Manometerhähne mit ovalem Prüfflansch; Manometeraufnahme durch drehbare Muffe mit Gewindeanschluß R ½″

Manometerhähne mit ovalem Prüfflansch von 60 × 25 mm sind für Schiffsdampfkessel, bewegliche Landdampfkessel und für feststehende Landdampfkessel, außer in Bayern und Sachsen, im ganzen Deutschen Reich vorgeschrieben.

Manometerhähne mit rundem Prüfflansch, wie sie in Bayern für feststehende Landdampfkessel vorgeschrieben sind, wurden nicht neu bearbeitet.

Im Normensonderheft „Armaturen"[1]) ist unter den Nummern 3716 und 3718 ein Entwurf zur Kritik veröffentlicht worden.

Von der Normung eines Prüfhahnes mit Gewindeanschluß mit ½″ Whitworthgewinde (Anschluß wie in Sachsen üblich) wurde abgesehen. Die Manometer-Prüf- und Absperrhähne sind nur für verhältnismäßig niedrige Drücke verwendbar. Für höhere Drücke und Höchstdrücke sind Manometerabsperrventile mit und ohne Prüfflansch zur Normung vorgeschlagen.

Gebeten wird, während der Einspruchzeit der Geschäftstelle Mitteilung zukommen zu lassen, bis zu welchen Drücken die in den Entwürfen DIN E 3716 und 3717 vorgeschlagenen Manometerhähne Verwendung finden dürfen. In den Blätern ist in der diesbezügl. Fußnote der Nenndruck noch nicht angeführt, da der Fachnormenausschuß erst das Ergebnis dieser Umfrage abwarten will.

DIN-Entwurf 3718
Manometerabsperrventil ohne Entlüftung

DIN-Entwurf 3719
Manometerabsperrventil mit Entlüftung

Das Manometerabsperrventil ohne Entlüftung bzw. mit Entlüftung ist für Nenndruck bis einschl. 640 kg/cm² in Preßmessing oder Rotguß vorgesehen. Für Ammoniak usw. bis einschl. 1200 kg/cm² Nenndruck wird das Absperrventil in Flußstahl ausgeführt.

DIN-Entwurf 3720
Manometerabsperrventil mit ovalem Prüfflansch

Der Prüfflansch ist oval ausgeführt wie in DIN 3716 und 3717 in den Maßen 60 × 25.

DIN-Entwurf 3721
Manometerabsperrventil mit rundem Prüfflansch

Der runde Prüfflansch ist mit einem Durchmesser von 37 mm ausgeführt. Die Mano-Vakuummeter für Kältemaschinen weichen von den auf DIN 3703 und 3704 dargestellten Manometern fast in allen Punkten ab. Es ergab sich daher die Notwendigkeit, für diese Manometer besondere Blätter aufzustellen. Dies sind die Blätter DIN 3722 und 3723.

DIN-Entwurf 3722
Ammoniak-Mano-Vakuummeter

DIN-Entwurf 3723
Ammoniak-Plattenfeder-Mano-Vakuummeter

[1]) Herausgegeben vom Deutschen Normenausschuß, Beuth-Verlag, Berlin 1924.

DIN-Entwurf 3724
Ammoniak-Mano-Vakuummeter; Zifferblätter mit konzentrischer Skala

In der Sitzung vom 3. November 1926 ist die Frage aufgeworfen worden, ob die Verbraucher wünschen, daß auf der Manometer-Skala ihre Firma vermerkt wird. Im allgemeinen geht der Wunsch dahin, daß die Namen der Firmen nicht auf den Zifferblättern vermerkt werden sollen. Die Normenprüfstelle hat sich dieser Ansicht angeschlossen.

Gebeten wird, zu diesem Punkt Stellung zu nehmen. Beabsichtigt ist, auf dem Normblatt einen Vermerk aufzunehmen, der besagt, daß nur die Herstellerfirma auf dem Zifferblatt verzeichnet wird.

DIN-Entwurf 3725
Ammoniak-Mano-Vakuummeter; Anordnung der Teilstriche und Bezifferung

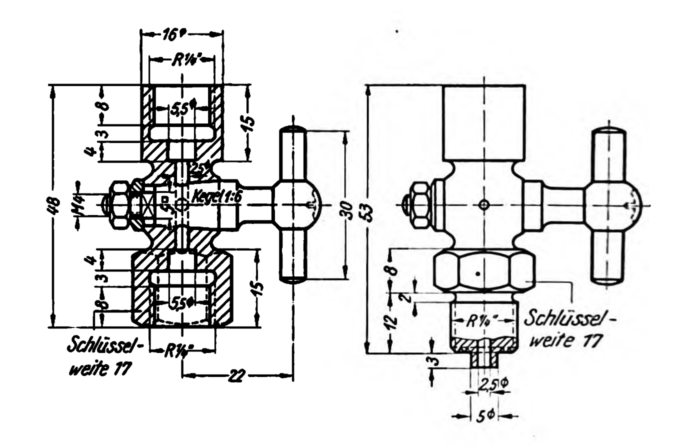
Das Blatt stellt die Anordnung der Teilstriche und Bezifferung verschiedener Skalen dar.

Die im folgenden wiedergegebenen Entwürfe entsprechen inhaltlich, jedoch nicht bildgetreu den Blättern DIN 3715 bis 3725.

Manometerhähne Noch nicht endgültig Manometeraufnahme durch feste Muffe mit Gewindeanschluß $R^1/_4$″ Armaturen	DIN Entwurf 2 E 3715

Maße in mm

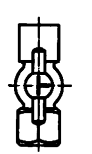
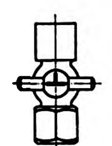
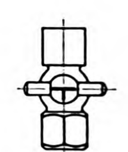
M mit Muffenanschluß *Z* mit Zapfenanschluß

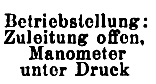


Bezeichnung: Manometerhahn M DIN 3715

Bezeichnung: Manometerhahn Z DIN 3715

Griffstellungen



Betriebstellung: Zuleitung offen, Manometer unter Druck

Entlüftungsstellung: Zuleitung geschlossen, Manometer außer Betrieb, entlüftet

Ausblasestellung: Zuleitung offen, Manometer außer Betrieb, Druckmittel entweicht ins Freie

Fehlende Maße sind freie Konstruktionsmaße.

Gewinde: Whitworth-Rohrgewinde nach DIN 259
Werkstoff: Rotguß
Ausführung: Bearbeitete Teile blank
Verwendung: Bis einschließlich Nenndruck 25 (siehe DIN 2401 Druckstufen)
Diese Manometerhähne können auch für Manometer mit $R^1/_8$″-Anschluß unter Verwendung von Reduzierstücken benutzt werden.

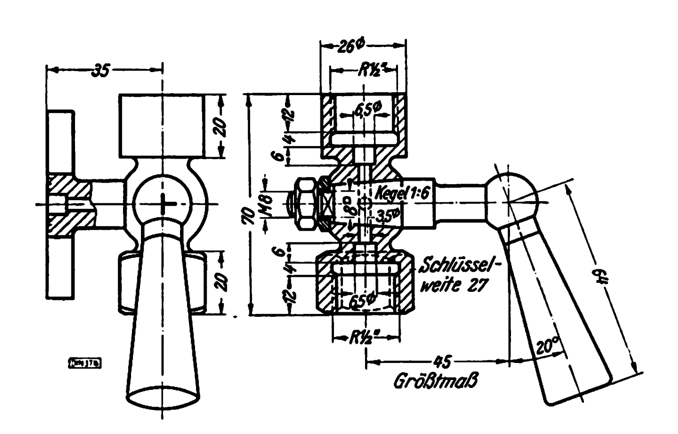
Dezember 1927 Fachnormenausschuß für Armaturen



Manometerhähne mit ovalem Prüfflansch. Manometeraufnahme durch feste Muffe mit Gewindeanschluß R½" — Noch nicht endgültig — Armaturen	DIN Entwurf 2 E 3716

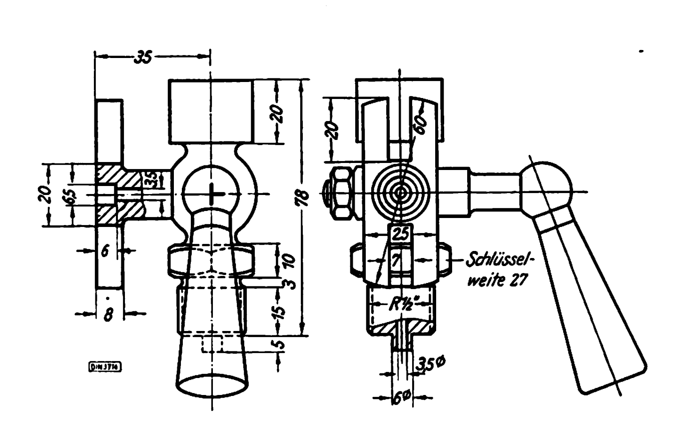
Maße in mm

M mit Muffenanschluß



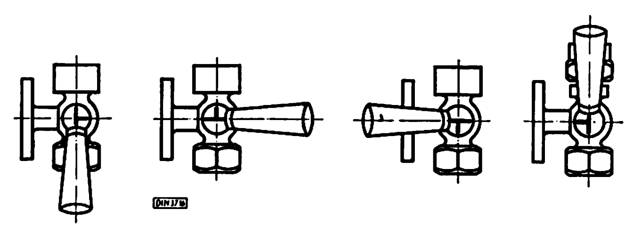
Bezeichnung: Manometerhahn M DIN 3716

Z mit Zapfenanschluß



Bezeichnung: Manometerhahn Z DIN 3716

Griffstellungen



- **Betriebstellung:** Zuleitung offen, Manometer unter Druck
- **Entlüftungstellung:** Zuleitung geschlossen, Manometer außer Betrieb, entlüftet
- **Ausblasestellung:** Zuleitung offen, Manometer außer Betrieb, Druckmittel entweicht ins Freie
- **Prüfstellung:** Zuleitung offen, Manometer und Prüfmanometer unter Druck

Fehlende Maße sind freie Konstruktionsmaße.

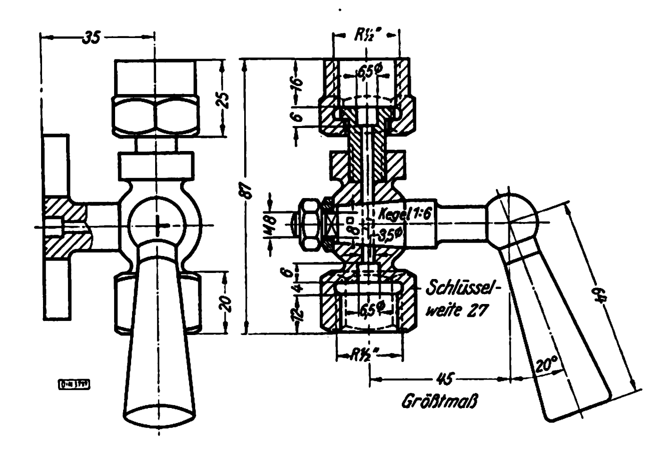
Gewinde: Whitworth-Rohrgewinde nach DIN 259
Werkstoff: Rotguß
Griff: Holz oder Wärmeschutzmasse
Die Griffbefestigung bleibt dem Hersteller überlassen.
Ausführung: Bearbeitete Teile blank
Verwendung: Bis einschl. Nenndruck ......

Dezember 1927 Fachnormenausschuß für Armaturen

Manometerhähne mit ovalem Prüfflansch. Manometeraufnahme durch drehbare Muffe mit Gewindeanschluß R½" — Noch nicht endgültig — Armaturen	DIN Entwurf 2 E 3717

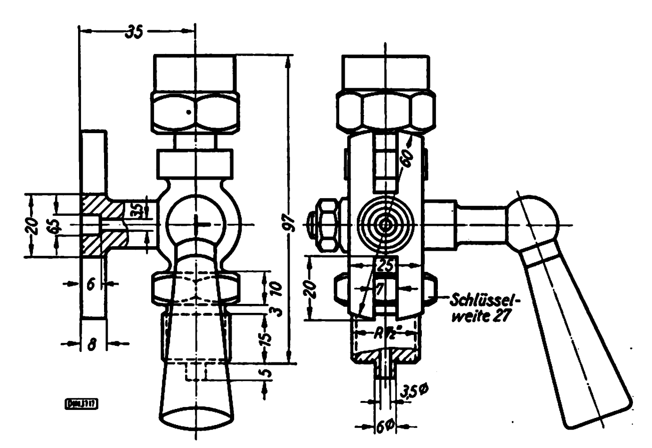
Maße in mm

M mit Muffenanschluß



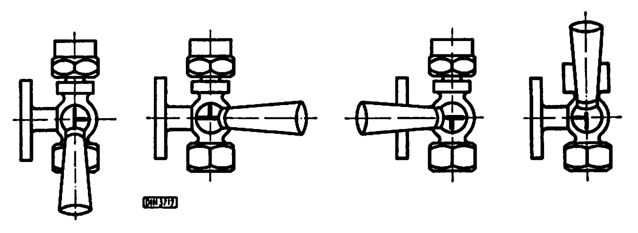
Bezeichnung: Manometerhahn M DIN 3717

Z mit Zapfenanschluß



Bezeichnung: Manometerhahn Z DIN 3717

Griffstellungen



- **Betriebstellung:** Zuleitung offen, Manometer unter Druck
- **Entlüftungsstellung:** Zuleitung geschlossen, Manometer außer Betrieb, entlüftet
- **Ausblasestellung:** Zuleitung offen, Manometer außer Betrieb, Druckmittel entweicht ins Freie
- **Prüfstellung:** Zuleitung offen, Manometer und Prüfmanometer unter Druck

Fehlende Maße sind freie Konstruktionsmaße.

Gewinde: Whitworth-Rohrgewinde nach DIN 259
Werkstoff: Rotguß
Griff: Holz oder Wärmeschutzmasse
Die Griffbefestigung bleibt dem Hersteller überlassen.
Ausführung: Bearbeitete Teile blank
Verwendung: Bis einschl. Nenndruck ....

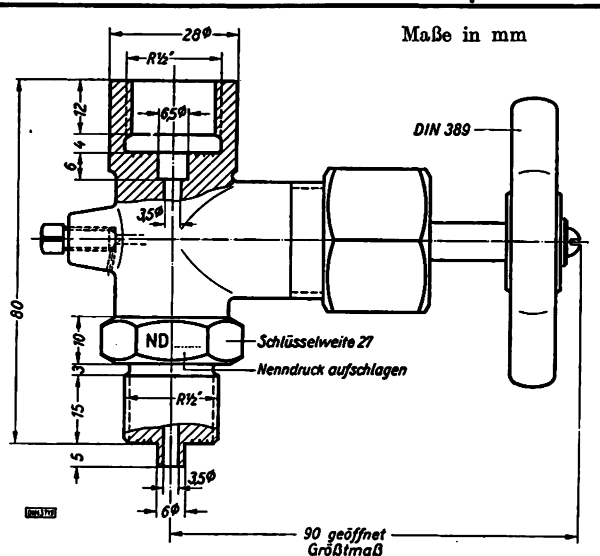
Dezember 1927 Fachnormenausschuß für Armaturen

Manometer-Absperrventil ohne Entlüftung

bis einschließlich 1200 kg/cm² Nenndruck für Manometer von 80 bis 300 mm Nenndurchmesser Manometeraufnahme durch feste Muffe mit Gewindeanschluß R½" — Armaturen

DIN Entwurf 2 E 3718

Maße in mm



Bezeichnung eines gebrauchfertigen Absperrventiles bis Nenndruck 640 kg/cm² aus Rotguß:

Absperrventil 640 DIN 3718 Rotguß

Fehlende Maße sind freie Konstruktionsmaße.

Gewinde: Whitworth-Rohrgewinde nach DIN 259

Werkstoff: Für Gehäuse: Preßmessing oder Rotguß bis einschl. 640 kg/cm² Nenndruck
Flußstahl bis einschl. 1200 kg/cm² Nenndruck (siehe DIN 2401 Druckstufen)

Für Ammoniak ist das Gehäuse stets aus Flußstahl.

Gewinderille nach DIN 2352.

Dezember 1927 — Fachnormenausschuß für Armaturen

Manometer-Absperrventil mit ovalem Prüfflansch

bis einschließlich 125 kg/cm² Nenndruck für Manometer von 80 bis 300 mm Nenndurchmesser Manometeraufnahme durch feste Muffe Gewindeanschluß R½" — Armaturen

DIN Entwurf 2 E 3720

Maße in mm

DIN 389 — 28 — R½" — 12 — 4 — 6 — 6,5 — 25 — 7 — 80 — 3 — 10 — 15 — 5 — Schlüsselweite 27 — ND auf Sechskant aufschlagen — 3,5Φ — 6Φ — 90 geöffnet Größtmaß — 90 geöffnet Größtmaß — 45 Kleinstmaß — 6 — 8 — 6,5

(Forts. S. 1825 links oben)

Manometer-Absperrventil mit Entlüftung

bis einschließlich 1200 kg/cm² Nenndruck für Manometer von 80 bis 300 mm Nenndurchmesser Manometeraufnahme durch feste Muffe mit Gewindeanschluß R½" — Armaturen

DIN Entwurf 2 E 3719

Maße in mm

28Φ — R½" — 12 — 4 — 6 — 6,5Φ — DIN 389 — 3,5Φ — 80 — ND — Schlüsselweite 27 — Nenndruck aufschlagen — 10 — 3 — 15 — 5 — 3,5Φ — 6Φ — 90 geöffnet Größtmaß

Bezeichnung eines gebrauchfertigen Absperrventiles mit Entlüftung bis Nenndruck 640 kg/cm² aus Rotguß:

Absperrventil 640 DIN 3719 Rotguß

Fehlende Maße sind freie Konstruktionsmaße.

Gewinde: Whitworth-Rohrgewinde nach DIN 259

Werkstoff: Für Gehäuse: Preßmessing oder Rotguß bis einschl. 640 kg/cm² Nenndruck, Flußstahl bis einschl. 1200 kg/cm² Nenndruck (siehe DIN 2401 Druckstufen)

Für Ammoniak ist das Gehäuse stets aus Flußstahl.

Gewinderille nach DIN 2352

Entlüftungsschraube M 5×10 DIN 479 aus Flußstahl jedoch mit Spitze

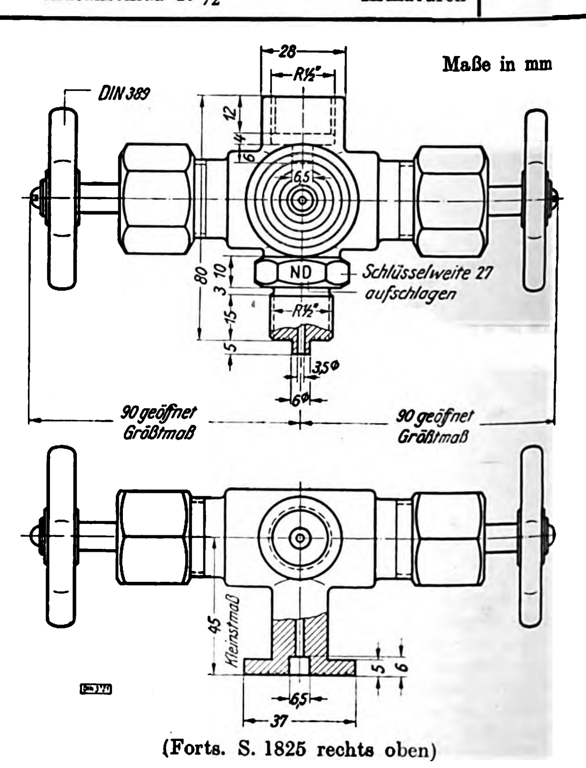
Dezember 1927 — Fachnormenausschuß für Armaturen

Manometer-Absperrventil mit rundem Prüfflansch

bis einschließlich 125 kg/cm² Nenndruck für Manometer von 80 bis 300 mm Nenndurchmesser Manometeraufnahme durch feste Muffe mit Gewindeanschluß R ½" — Armaturen

DIN Entwurf 2 E 3721

Maße in mm



(Forts. S. 1825 rechts oben)



Bezeichnung eines gebrauchfertigen Manometer-Absperrventiles mit ovalem Prüfflansch bis Nenndruck 125 kg/cm² aus Rotguß:
Manometer-Absperrventil DIN 3720
Fehlende Maße sind freie Konstruktionsmaße.
Gewinde: Whitworth-Rohrgewinde nach DIN 259
Werkstoff: Für Gehäuse Rotguß
Druckstufen siehe DIN 2401
Gewinderille nach DIN 2352
Ausführung: Bearbeitete Teile blank

Dezember 1927 Fachnormenausschuß für Armaturen

Ammoniak-Mano-Vakuummeter

Skala konzentrisch
80 bis 180 mm Gehäuse-Nenndurchmesser
Armaturen

DIN Entwurf 1 E 3722

Ohne Rand Maße in mm Mit Rand

Bezeichnung eines Ammoniak-Mano-Vakuummeters ohne Rand von 100 mm Nenndurchmesser mit den Skalenhöchstwerten 760 mm QS und 20 kg/cm² und Temperaturskala .....[1])
Mano-Vakuummeter oR 100×760×20 DIN 3722 .....[1])

Nenndurchmesser	Durchmesser *d* Größtmaß	*h* Größtmaß	*D*	Lochkreisdurchmesser *e*	*a* Größtmaß	*b* Größtmaß
80	88	80	110	98	20	52
100	109	90	130	118	20	57
(130)	133	102	155	145	20	60
150	155	110	180	168	25	60
(180)	185	125	210	198	25	65

Drucktafel in Überdruck

Skalenhöchstwert	Mano-Vakuummeter kg/cm²				Vakuummeter mm QS
bei Mano-Vakuummeter Nenndurchmeser 80 bis 180	12[2])	16	20	25	760
Höchstdruck bei ruhender Belastung	8	10	13	16	760
bei wechselnder Belastung	6	8	10	13	760

Druckskala in kg/cm², Vakuumskala in mm QS, Temperatur in ° Celsius
1 kg/cm² = 735,5 mm QS, bei 20° = 738,2 mm QS
1,033 kg/cm² = 760 mm QS = 10,33 m WS = atmosphärischer Luftdruck
Skala bei Manometern in kg/cm², bei Vakuummetern in mm QS und in kg/cm²
Andere Druckeinheiten sind besonders anzugeben.
Zeigerbewegung bei Druckzunahme im Uhrzeigersinne, bei Vakuumzunahme entgegengesetzt. Bei Mano-Vakuummetern Nullpunkt senkrecht über der Zifferblattmitte.
Höchstdruck: Der höchste Betriebsdruck der Manometer (grundsätzlich Höchstdruck genannt) darf dauernd bei ruhender Belastung nur ²/₃ und bei wechselnder Belastung nur ½ des Skalenhöchstwertes betragen. Die Vakuumskala kann ohne Einschränkung benutzt werden.

Die eingeklammerten Größen sind möglichst zu vermeiden.
Fehlende Maße sind freie Konstruktionsmaße.
Anbringung, Behandlung und Bedienung der Manometer siehe DIN 3700
Gewinde: Whitworth-Rohrgewinde nach DIN 259
Ausführung: Eisengehäuse mit vernickeltem Messing-Überstecking

(Forts. S. 1826 links oben)

[1]) Soll auf der Skala des Zifferblattes der Betriebsdruck besonders gekennzeichnet werden, so ist dies bei Bestellung anzugeben.
[2]) Gilt nicht für Gehäusedurchmesser 80 mm.

Bezeichnung eines gebrauchfertigen Manometer-Absperrventiles mit rundem Prüfflansch bis Nenndruck 125 kg/cm² aus Rotguß:
Manometer-Absperrventil DIN 3721
Fehlende Maße sind freie Konstruktionsmaße.
Gewinde: Whitworth-Rohrgewinde nach DIN 259
Werkstoff: Für Gehäuse Rotguß
Druckstufen siehe DIN 2401
Gewinderille nach DIN 2352
Ausführung: Bearbeitete Teile blank

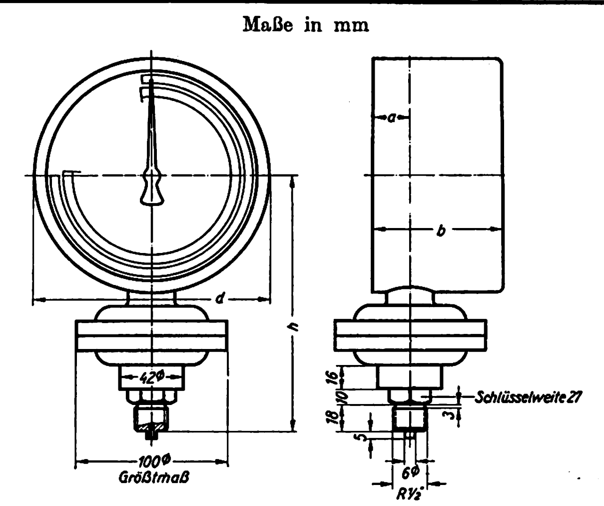
Dezember 1927 Fachnormenausschuß für Armaturen

Ammoniak-Plattenfeder-Mano-Vakuummeter

Skala konzentrisch
80 bis 108 mm Gehäuse-Nenndurchmesser
Armaturen

DIN Entwurf 1 E 3723

Maße in mm



Bezeichnung eines Ammoniak-Plattenfeder-Mano-Vakuummeters von 100 mm Nenndurchmesser mit den Skalenhöchstwerten 760 mm QS und 20 kg/cm² und Temperaturskala.....[1])

Plattenfeder-Mano-Vakuummeter 100×760×20 DIN 3723.....[1])

Nenndurchmesser	*d* Größtmaß	*h* Größtmaß	*a* Größtmaß	*b* Größtmaß
80	88	130	20	52
100	109	140	20	57
(130)	133	160	20	60
150	155	170	25	60
(180)	185	190	25	65

Drucktafel in Überdruck

Skalenhöchstwert	Mano-Vakuummeter kg/cm²				Vakuummeter mm QS
bei Mano-Vakuummeter Nenndurchmesser 80 bis 180.	12	16	20	25	760
Höchstdruck bei ruhender Belastung	8	10	13	16	760
Höchstdruck bei wechselnder Belastung	6	8	10	13	760

Druckskala in kg/cm², Vakuumskala in mm QS, Temperatur in ° Celsius
1 kg/cm² = 735,5 mm QS = 10 m WS bei 0°, bei 20° = 738,2 mm QS
1,035 kg/cm² = 760 mm QS = 10,33 m WS = atmosphärischer Luftdruck
Skala bei Manometern in kg/cm², bei Vakuummetern in mm QS und in kg/cm²
Andere Druckeinheiten sind besonders anzugeben
Zeigerbewegung bei Druckzunahme im Uhrzeigersinne, bei Vakuumzunahme entgegengesetzt. Bei Mano-Vakuummetern Nullpunkt senkrecht über der Zifferblattmitte.
Höchstdruck: Der höchste Betriebsdruck der Manometer (grundsätzlich Höchstdruck genannt) darf dauernd bei ruhender Belastung nur ²/₃ und bei wechselnder Belastung nur ½ des Skalenhöchstwertes betragen. Die Vakuumskala kann ohne Einschränkung benutzt werden.

(Forts. S. 1826 rechts oben)

[1]) Soll auf der Skala des Zifferblattes der Betriebsdruck besonders gekennzeichnet werden. so ist dies bei Bestellung anzugeben.



Wird Eisengehäuse gestrichen ohne Übersteckring gewünscht, so ist dies bei Bestellung besonders anzugeben.

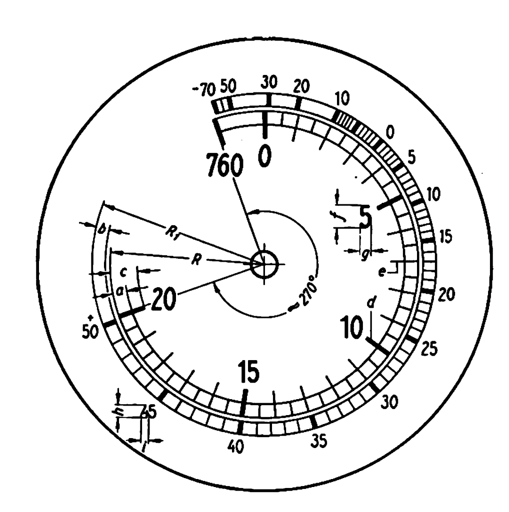
Werkstoff: Gehäuse: Gußeisen oder Flußstahl
Übersteckring: Messing vernickelt
Anschlußzapfen: Flußstahl

Zifferblatt nach DIN 3724
Zeiger nach DIN 3708

Dezember 1927 Fachnormenausschuß für Armaturen

Ammoniak-Mano-Vakuummeter Zifferblätter mit konzentrischer Skala Konstruktionsblatt Armaturen	DIN Entwurf 1 E 3724

Maße in mm



Für Gehäuse-Nenndurchmesser	R	R_1	a	b	c	d	e	f	g	h	i
80	27	30	2,5	2,5	5	0,8	0,2	4	2	2,5	1,3
100	34	38	3	3	6	1	0,3	5	2,5	3	1,5
(130)	45	50	3,5	3,5	7	1,3	0,4	8	4	4	2
150	54	60	4	4	8	1,5	0,5	8	4	5	2,5
(180)	65	72	5	5	10	1,8	0,5	10	5	5	2,5

Die eingeklammerten Größen sind möglichst zu vermeiden.
(Fortsetzung rechte Spalte unter dem obersten Strich)

Die eingeklammerten Größen sind möglichst zu vermeiden.
Fehlende Maße sind freie Konstruktionsmaße.
Anbringung, Behandlung und Bedienung der Manometer siehe DIN 3700
Gewinde: Whitworth-Rohrgewinde nach DIN 259
Ausführung: Eisengehäuse mit vernickeltem Messing-Übersteckring
Wird Eisengehäuse gestrichen ohne Übersteckring gewünscht, so ist dies bei Bestellung besonders anzugeben.
Werkstoff: Gehäuse: Gußeisen oder Flußstahl
Übersteckring: Messing vernickelt
Anschlußzapfen: Flußstahl
Zifferblatt nach DIN 3724 Zeiger nach DIN 3708

Dezember 1927 Fachnormenausschuß für Armaturen

(Forts. von linker Spalte - E 3724)

Skaleneinteilungen nach DIN 3725
Schrift nach DIN ....
Die Abbildung zeigt ein Zifferblatt für 20 kg/cm² Skalenhöchstwert (13 kg/cm² bzw. 10 kg/cm² Höchstdruck).
Auf jedem Zifferblatt ist die Firma oder das Firmenzeichen des Herstellers anzubringen.

Dezember 1927 Fachnormenausschuß für Armaturen

Ammoniak-Mano-Vakuummeter Skala konzentrisch für Gehäuse-Nenndurchmesser von 80 bis 180 mm Konstruktionsblatt Armaturen	DIN Entwurf 1 E 3725

Skalenbereich mm QS	kg/cm²	Anordnung der Teilstriche und Bezifferung
760	12	
760	16	
760	20	
760	25	

Dezember 1927 Fachnormenausschuß für Armaturen
[M 1045]

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Neue Wilhelmstr. 4, bezogen werden. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 3501)

Grundlagen des Aufzugbaues. Von M. Paetzold. Berlin 1927, Julius Springer. 172 S. m. 165 Abb. Preis 20 ℳ.

In diesem Buch werden Aufbau und Einrichtung der Aufzüge behandelt. Der Verfasser richtet sich dabei streng nach der Begriffsbestimmung in der Aufzugverordnung, die nur diejenigen Aufzüge als solche anerkennt, bei denen das Fördergerät zwischen Führungen bewegt wird mit Ausnahme der Förderungen in Bergwerken, der Versenkvorrichtungen in Theatern, von Schiffshebewerken, Wagenkippern, Hochofen-Schrägaufzügen, Bauaufzügen und Kleinlastenaufzügen für Handbetrieb. Auf Grund dieser Festsetzung entwickelt Paetzold sodann die baulichen Einzelheiten der elektrisch betriebenen Personen- und Lastenaufzüge und die Anlage der Fahrschächte. Das Wichtigste an diesem Buch ist aber wohl die eingehende Beschreibung der verschiedenen Steuerungseinrichtungen in ihren vielseitigen Ausführungsformen und Betriebsarten sowie auch der Fangvorrichtungen und sonstigen Einrichtungen zur Unfallverhütung.

Kurze Absätze sind den Beschreibungen einiger besonderer elektrisch betriebener Aufzüge gewidmet, wie Kleingüter-, Plattform-, Umlauf- (Paternoster), Treppen-, Bau- und Schrägaufzügen. Entsprechend ihrer verhältnismäßig untergeordneten Bedeutung sind auch nur ganz kurz die Aufzüge mit Hand-, Riemen- und Druckwasserantrieb behandelt. Dagegen sind ausführlich in das Buch die zur Zeit gültige Aufzugverordnung und die technischen Grundsätze für den Bau von Aufzügen mit aufgenommen, wodurch das Werk für die auf dem Gebiet der Aufzugtechnik tätigen Ingenieure sehr wertvoll wird. [E 989] Is.

Untersuchung und Weiterentwicklung der Getriebe mit periodischem Hin- und Rücklauf und beschleunigungsfreiem Arbeitsgang. Von Kurt Rauh. Bonn a. Rh. 1927, Rhenania-Verlag. Doktorarbeit T. H. Hannover.

Die lehrreiche und lesenswerte Arbeit behandelt Getriebe mit einem Arbeitshub und einem leeren Rückhub, so wie sie bei Hobelmaschinen gebraucht werden. Eine Reihe bekannter Getriebe führt den Verfasser zum Urteil, daß sie weniger geeignet wären als zwei eigene Vorschläge. Das Höchsterreichbare ist an sich beachtenswert. Die Arbeitsgeschwindigkeit pendelt tatsächlich um fünf gleiche Mittelwerte mit sehr geringer Abweichung, leider aber nur bei kaum einer Viertelumdrehung der Antriebwelle. Bedenklich bei den neuen Vorschlägen ist jedoch die Vermehrung der Kreuzschleifen auf vier bis drei bei drei bis vier einseitigen Kurbelgelenken. Zwei nichterwähnte Zahnradgetriebearten gestatten aber streng gleichförmige Geschwindigkeit über 120 ° Dauer, und zwar: der Trieb der Citroen-Pfeilradfräsmaschine und ein Trieb mit einflankigem Evolventenzahnrad bei gleichbleibender Übersetzung für den Arbeitshub und z. B. einer Kurve für die Übergänge in den Totpunkten und den leeren Rückhub. Es fragt sich also, ob nicht der Aufgabestellung eine kleine Überschätzung der Grundforderungen zugrunde liegt. Der Theoretiker beanstandet mangelnde Richtlinien in der Buchstabenwahl bei Formeln und Abbildungen und einen Fehler auf S. 53, der Praktiker stellt abermals mit Bedauern fest, daß die Theorie, die sich an gute Quellen anschließt (Burmester und Alt), nicht zur Nutzanwendung führt, sondern eine Kluft frei läßt, die durch



Hinundherversuchen mit Annahmen überbrückt werden muß. Die Schwierigkeit für den Nichteingearbeiteten, der etwas erfahren will, liegt in den neuen Annahmen und nicht in der Entwicklung der Kreispunktlinie, der Mittelpunktlinie und der Koppellinie, so bemerkenswert die Zusammenhänge auch sein mögen. [E 985]

Brünn Prof. Dr.-techn. Rudolf Doerfel jun.

Technologie der Textilfasern. Herausgeg. von R. O. Herzog. 2. Bd. 3. T.: Wirkerei, Strickerei, Netzen, Filet, Maschinenflechten und -klöppeln, Samt, Plüsch usw., Teppiche, Strickmaschinen. Berlin 1927, Julius Springer. 615 S. m. 824 Abb. Preis 57 ℳ.

Dieser Band stellt eine wesentliche Bereicherung der Literatur über Wirkerei, Flechterei, Klöppelei, Stickerei usw. dar. Er ist in leicht verständlicher Weise von in Fachkreisen anerkannten Verfassern geschaffen worden und trägt einem großen Bedürfnis Rechnung, da diese Gebiete mit Ausnahme der Wirkerei noch sehr wenig behandelt worden sind.

Der Abschnitt: Wirkerei, Stickerei, Netzen und Filetstrickerei von Carl Aberle ist vorzüglich, was man auch von diesem Verfasser nur erwarten kann. Nicht minder gut, in der Darstellung und Ausdrucksweise noch etwas flüssiger, sind die von Geheimrat Prof. Dipl.-Ing. Hugo Glafey behandelten Abschnitte: Flecht- und Klöppelmaschinen, Samt, Plüsch, künstliche Pelze. Zum Abschnitt Maschinenflechten und Maschinenklöppeln ist zu bemerken, daß er für den reinen Textiltechniker in Darstellung und Ausdruck ausgezeichnet ist; jedoch wird der Maschineningenieur in diesem Abschnitt bemängeln, daß zu wenig Maschinentechnisches darin zu finden ist.

Das Gebiet über die Herstellung von Samt, Plüsch und künstlichen Pelzen, das zum Teil etwas aus dem Rahmen fällt, anderseits aber wieder eng hiermit verknüpft ist, weil es gewissermaßen die Brücke von der Weberei zur Wirkerei bildet, ist m. W. wohl noch nirgends in einem derartigen Zusammenhang so eingehend erläutert worden. An dieses Kapitel reiht sich ein zweiter „Außenseiter“, die Herstellung der Teppiche, von H. Sauter würdig an. In guter Unterteilung des Stoffes kaum zu übertreffen, ist die Beschreibung leicht verständlich gehalten. Eine kurze, schematisch gehaltene Übersicht über die Teppiche, ihre besonderen Eigenschaften und ihre Kennzeichnungen wird vermißt.

Der Abschnitt Stickmaschinen von Dipl.-Ing. Robert Glafey ist gedrängt und kurz gehalten. Es ist ihm anzumerken, daß der Verfasser bestrebt war, auf dem kleinsten Raum das Möglichste zu bieten, deshalb ist die knappe und klare Darstellung anzuerkennen. Eine Entschädigung für die etwas sehr beschnittene Darstellung dieses Abschnittes bieten die äußerst klaren, schematisch gehaltenen Zeichnungen. [E 984]

München Dr.-Ing. Heinrich Brüggemann

Mehrstielige Rahmen. Von A. Kleinlogel. 2. Aufl. Berlin 1927, Wilh. Ernst & Sohn. 448 S. Preis 30 ℳ.

Die zweite, vollständig neu bearbeitete und bedeutend erweiterte Auflage bringt gebrauchsfertige Formeln zur Berechnung mehrfach statisch unbestimmter Stabsysteme als Hilfsmittel für den entwerfenden Ingenieur und für den Konstruktionstisch. Auf die allgemeinen Angaben über rechnerische Voraussetzungen und eine kurze theoretische Erklärung des Begriffes von Belastungsgliedern folgen als neu aufgenommener Abschnitt Formeln für Belastungsglieder der in der Praxis häufiger vorkommenden Belastungsfälle. Dann sind in derselben Anordnung wie in der ersten Auflage Formeln für die verschiedensten Rahmenformen, und zwar im ganzen 21 Varianten, angegeben. Neu aufgenommen ist der symmetrische zweischiffige Hallenrahmen, der zweigeschossige Stockwerkrahmen mit gleich hohen Geschossen, sowie der dreigeschossige Stockwerkrahmen mit verschieden und gleich hohen Geschossen. Die beiden letzten Fälle wird der Hochbauer oft verwerten können. Wesentlich ist noch die Aufnahme der ω-Zahlen, die die zahlenmäßige Auswertung der Einflußlinien erleichtern.

Die neue Auflage wird durch den Ausbau der Formeln mit Hilfe der Kreuzlinienabschnitte auch für beliebige Belastungsfälle benutzbar und hat dadurch eine weit allgemeinere Bedeutung gewonnen. [E 990] Dr. R. Bd.

Ist Gußbeton wirtschaftlich? Von L. Baumeister. Berlin 1927, Julius Springer. 100 S. m. 43 Abb. Preis 7,50 ℳ.

Das Buch will ein Beitrag zur Baubetriebswissenschaft sein, und zwar behandelt es ein Teilgebiet, die Durchführung von Wirtschaftlichkeitsberechnungen zur Feststellung der Wirtschaftlichkeitsgrenzen und der erzielten Ersparnisse bei den fortgeschrittenen Arbeitsverfahren des Betonbaues. Nach einer Einleitung, in der die Notwendigkeit hervorgehoben wird, die Baubetriebswissenschaft als Wissenschaft anzuerkennen und die beim Bau eingestellten Ingenieure zu wirtschaftlichem Denken heranzubilden, werden in zwei Hauptabschnitten die Grundlagen für Kostengegenüberstellungen und Wirtschaftlichkeitsberechnungen im praktischen Hoch- und Tiefbau, ferner Untersuchungen über die Wirtschaftlichkeit der fortgeschrittenen Arbeitsverfahren des Betonbaues unter besonderer Berücksichtigung des Gußbetonbaues behandelt. Der dritte Abschnitt bringt eine Schlußbetrachtung über den Gußbeton und seine Eigenschaften im Lichte der neuesten Forschungen und Erfahrungen.

Von den in anregender und klarer Weise durchgeführten Untersuchungen sind besonders die über die Wirtschaftlichkeitsgrenze zwischen Handmischung und Maschinenmischung, ferner über die Wirtschaftlichkeit der Verwendung von Gießtürmen bei niedrigen Bauten und bei Hochbauten, weiter auch die über den Betrieb mit Schnellaufzügen hervorzuheben. Die Ergebnisse sind in anschaulicher Weise durch zahlreiche graphische Darstellungen erläutert.

In der Schlußbetrachtung führt der Verfasser noch einmal kurz die Vorteile und Nachteile des Gußbetons gegenüber plastischem und Stampfbeton auf, und kommt zu dem Ergebnis, daß besonders bei großen Betonmassen kein anderes Verfahren die großen Leistungen des Gußbetons erzielen lassen und daß auch für europäische Verhältnisse die wirtschaftliche Überlegenheit des Gußbetons erwiesen sei. Das Buch wird allen, die sich mit großen Betonbauten zu beschäftigen haben, wertvolle Anregungen bringen und auch von denen mit Nutzen gelesen werden können, die sich dem Urteil des Verfassers über den Gußbeton nicht uneingeschränkt anzuschließen vermögen. [E 933] Bu.

Der Zement. Von Richard Grün. Berlin 1927, Julius Springer. 173 S. m. 90 Abb. u. 30 Zahlentaf. Preis 15 ℳ.

Das Buch wendet sich an alle Zementverbraucher, um ihnen die bei der überragenden Bedeutung des Zementes als Baustoff in unsrer Zeit unerläßliche umfassende Stoffkenntnis zu vermitteln, aber auch an die Hersteller des Zementes, um ihnen eine Übersicht über die schnell fortschreitenden Ergebnisse der Forschung zu geben. Beiden Arten von Lesern wird der Inhalt reiche Ausbeute bringen. Nachdem in einer Einleitung von 8 Seiten in knapper, übersichtlicher Form die in Betracht kommenden nichthydraulischen und hydraulischen Bindemittel sowie die hydraulischen Zuschläge in ihrer Zusammensetzung und mit ihren wesentlichsten Eigenschaften aufgeführt sind, werden in zwei Teilen die verschiedenen Arten von Zementen und hydraulischen Zuschlägen eingehend besprochen und ihre Prüfung sowie ihre Eigenschaften, und zwar innerhalb wie außerhalb der bestehenden Normen, behandelt. Dabei ist folgende Einteilung zugrunde gelegt: Bindemittel aus gesinterten Stoffen, solche aus teils gesinterten, teils geschmolzenen Rohstoffen, ferner aus geschmolzenen Rohstoffen, andre Bindemittel aus ungesinterten, teils geschmolzenen Rohstoffen und aus teils ungesinterten, teils gesinterten Rohstoffen. Für jedes Bindemittel werden die wissenschaftlichen Grundlagen für ihre Herstellung und Erhärtung, ferner die technischen Maßnahmen für die Herstellung erörtert.

Ein besonders lehrreiches Kapitel bilden die gemeinsamen Forderungen der Zementnormen, wo die deutschen und die ausländischen Namen eingehend besprochen und miteinander verglichen werden, und weiter die Eigenschaften der Zemente und hydraulischen Zuschläge außerhalb der Normen, worin über die namentlich in neuester Zeit die Forscher beschäftigenden Fragen an der Hand von zahlreichen Versuchsergebnissen wertvolle Aufschlüsse gegeben werden. Ein gutes Sachverzeichnis und eine Übersicht in Tafelform über die Normenbestimmungen der verschiedenen Länder erhöhen den Wert des als Lehrbuch wie als Nachschlagebuch gleich geeigneten Werkes. [E 931] Bu.

Statische Berechnung der Pfahl-Systeme. Von Hermann Wünsch. Stuttgart 1927, Konrad Wittwer. 127 S. m. 73 Abb. Preis 8 ℳ.

Das Buch behandelt die statische Berechnung von Pfahlsystemen und die daraus folgenden Grundsätze für deren zweckmäßige Anordnung in rein theoretischer Hinsicht.

In getrennten Abschnitten werden zuerst Pfähle untersucht, die oben und unten gelenkig gelagert sind, dann solche, die nur oben im Fundament und solche, die oben im Fundament und unten zugleich im Boden eingespannt sind. Im letzten Abschnitt wird noch der Fall elastisch nachgiebigen Bodens an den Pfahlspitzen behandelt. Nach den ausführlichen theoretischen Berechnungen zieht der Verfasser gewisse Rückschlüsse auf die günstigste Pfahlanordnung und macht den Versuch, an der Hand von vielen Beispielen die Anwendung der Theorie weiter zu erläutern. Die Praxis wird jedoch infolge der verschiedenartigen, von örtlichen

Bedingungen abhängigen Baustellen- und Bodenverhältnisse aus diesem seinerzeit als Doktorarbeit eingereichten Buch nur einige Sonderfälle benutzen können. [E 991] Dr. R. Bd.

Handbuch des Arbeiterschutzes und der Betriebssicherheit. 2. Bd. Herausgeg. von Fr. Syrup. Berlin 1927, Reimar Hobbing. 592 S. Preis 20 ℳ.

Der erste Band des großzügig angelegten Werkes befaßte sich mit den allgemeinen Gesichtspunkten, die für alle Arten von Betrieben Geltung haben, während der zweite nunmehr zu der Eigenart der einzelnen Gewerbezweige übergeht. Vierzig sachverständige Fachleute aus den Kreisen der Gewerbe- und Bergaufsicht, der Berufsgenossenschaften, der Dampfkesselüberwachung und der Gewerbehygieniker äußern sich auf Grund der Erfahrungen der letzten Jahrzehnte über die einzelnen Sondergebiete und behandeln nach meist sehr übersichtlicher Erörterung des Arbeitsganges die sich dabei ergebenden Gefährdungen und deren Vorbeugungsmittel. Die wesentlichen Schutzvorschriften des Reiches, der Staatsbehörden, der Berufsgenossenschaften werden angeführt. Nicht alle Kapitel sind gleichmäßig behandelt worden; so hat man z. B. der Besprechung der Ziegeleiindustrie zu wenig Raum gegeben. Neu ist das ausführlich besprochene Gebiet des Verkehrs (Kraftwagen, Straßen- und Eisenbahnbetrieb, See- und Binnenschiffahrt, Luftverkehr, Fernmeldeanlagen). Wertvoll sind die Quellenangaben und im Anhang der Hinweis auf ausgeführte Anlagen.

Nachdem die Industrie immer deutlicher erkannt hat, daß der Arbeiterschutz ein sehr gewichtiger Bestandteil der Betriebsicherheit und damit der Wirtschaftlichkeit ist, hat sie ihm in den letzten Jahren eine sich lebhaft steigernde Aufmerksamkeit zugewandt und überläßt dieses Gebiet nicht mehr allein der Gewerbeaufsicht und den berufsgenossenschaftlichen Organen. Das vorliegende Werk ist deshalb für den Erbauer von industriellen Anlagen und für den Betriebsleiter von besonderer Bedeutung; es bietet ihm ein reiche Fundgrube für die möglichst sichere und wirtschaftliche Einrichtung und Handhabung seines Betriebes und für eine merkliche Verminderung der sogenannten sozialen Lasten. Ebenso kann es dem technischen Studenten und dem jungen Ingenieur zum Studium warm empfohlen werden. [E 983]

Hannover K. Hartmann

Kungl. Tekniska Högskolan: **Skrifter utgivna med anledning av Kungl. Tekniska Högskolans 100-Års Jubileum 1927.** Stockholm 1927, Centraltryckeriet. 573 S. m. zahlr. Abb.

Anläßlich ihrer Hundertjahrfeier hat die kgl. Technische Hochschule Stockholm diese technisch-wissenschaftliche Schriftensammlung herausgegeben, in der 26 Abhandlungen erster schwedischer Fachleute veröffentlicht werden. Die Abhandlungen betreffen folgende Fachgebiete: Elektrotechnik, Kraftmaschinen und Brennstoffe, Metallographie, Mathematik und Geometrie, Mechanik, Wasserkraftanlagen, Geologie, Photographie, Chemie, Baustoffe und Bauwesen, Wärmetechnik. Die Beiträge sind teils in schwedischer, teils in deutscher und teils in englischer Sprache abgefaßt. [E 988] Reichardt

Stollenbau. Von E. Randzio. Berlin 1927, Wilhelm Ernst & Sohn. 295 S. m. 290 Abb. Preis 24 ℳ.

Sammlung Göschen, 964. Bd.: **Holzbrücken.** Von K. Schaechterle. Berlin und Leipzig 1927, Walter de Gruyter & Co. 124 S. m. 217 Abb. Preis 1,50 ℳ.

Betriebssicherheit und Streckendienst der Eisenbahnen. Von K. Albert. Berlin 1927, Klemens Reuschel. 64 S. Preis 1,50 ℳ.

Die Berechnung der Warmwasserheizungen. Von Otto Ginsberg. 3. Aufl. München und Berlin 1927, R. Oldenbourg. 48 S. m. 26 Abb. Preis 7,50 ℳ.

Beihefte zum Gesundheits-Ingenieur, 1. R. 21. H.: **Einrichtungen zur Feststellung des Wirkungsgrades eiserner Zimmeröfen.** Von Olaf Falck. München und Berlin 1927, R. Oldenbourg. 17 S. m. 44 Abb. Preis 2,80 ℳ.

Die Kälte-Maschine in der Milchwirtschaft. Von Alb. Fischer. Hildesheim 1927, Verlag der Molkerei-Zeitung. 223 S. m. 129 Abb. Preis 4,50 ℳ.

Handbuch der neuzeitlichen Milchverwertung. Von C. Knoch. 2. Aufl. Berlin 1927, Paul Parey. 668 S. m. 175 Abb. Preis 26 ℳ.

Die Elektronenröhre. Von Albrecht Forstmann und Ernst Schramm. Berlin 1927, Richard Carl Schmidt & Co. 239 S. m. 197 Abb. Preis 9,50 ℳ.

Dinbuch 3: **Schrauben, Muttern und Zubehör.** Bearb. und erläutert von Dr. Schmidt. Berlin 1927, Beuth-Verlag. 181 S. m. 225 Abb. Preis 5 ℳ.

Einführung in das chemische Praktikum. Von Otto Ruff. Leipzig 1927, Akademische Verlagsgesellschaft. 86 S. m. 9 Abb. Preis 4,80 ℳ.

Grundzüge der Meteorologie. Von Fritz Albrecht, Heinrich Voigts und Artur Paech. Berlin 1927, Otto Salle. 169 S. m. 80 Abb. Preis 10 ℳ.

Handwörterbuch der Arbeitswissenschaft. Herausgeg. von Fritz Giese. 2. bis 4. Lfg. Halle a. d. S. 1927, Carl Marhold. Je 320 Sp. Preis je Bd. 9 ℳ.

Vereinigung der Deutschen Arbeitgeberverbände. Geschäftsbericht 1925 und 1926. Erstattet von der Geschäftsleitung. Berlin 1927. 308 S. Preis 14 ℳ.

Zeittafel zur Wirtschaftsgeschichte. Von A. Sartorius von Waltershausen. 3. Aufl. Halberstadt 1927, H. Meyer. 138 S. Preis 4,50 ℳ.

Verhandlungsbericht der 35. Hauptversammlung der Vereinigung der Elektrizitätswerke E. V. am 24. und 25. Mai 1927. Berlin 1927, Selbstverlag. 53 S. m. Abb. Preis 5 ℳ.

Walther Rathenau, sein Leben und Wirken. Von Etta Federn-Kohlhaas. Dresden 1927, Carl Reißner. 256 S. m. 20 Abb. Preis 5,50 ℳ.

Die Regiebetriebe der Gemeinden. Von Hans Ludewig. Berlin 1927, Julius Springer. 60 S. Preis 2,40 ℳ.

Schweizer Schriften für rationelles Wirtschaften, 4. H.: **Kundendienst.** Der erfolgreiche Verkäufer im Detailhandel. Von Arthur Jacoby. Zürich 1927, Hofer & Co. 25 S. Preis 2 Fr.

Schweizer Schriften für rationelles Wirtschaften, 6. H.: **Reklame-Psychologie.** Von Karl Rohwaldt. Zürich 1927, Hofer & Co. 27 S. Preis 2 Fr.

Radio-Jahrbuch 1927. 2. T.: Phonotechnik und Phonokunst. Herausgeg. von Adolf Ihring und Rudolf Lothar. 2. Jg. Berlin 1927, A. Ihring. 82 S. m. Abb. Preis 2 ℳ.

Rundfunk-Experimentierbuch. Von O. Nothdurft. 1. T.: Detektor-Empfänger und Verstärker. 79 S. m. 69 Abb. 2. T.: Röhrenempfänger und Widerstandsverstärker. 58 S. m. 37 Abb. Preis pro Bd. 0,80 ℳ. Leipzig 1927, Hachmeister & Thal. (Lehrmeister-Bücherei Nr. 797/98 und 832/33.)

Meyers Lexikon. 7. Aufl. 6. Bd.: Hornberg-Korrektiv. Leipzig 1927, Bibliographisches Institut. 1787 S. m. zahlr. Abb. Preis 30 ℳ.

Wege zum Wissen. **Von Kopernikus bis Einstein.** Der Wandel unseres Weltbildes. Von Hans Reichenbach. Berlin 1927, Verlag Ullstein. 122 S. Preis 1,35 ℳ.

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

Bd. 71 SONNABEND, 31. DEZEMBER 1927 Nr. 53

Das Großkraftwerk Klingenberg

Für unsere Veröffentlichungen über das Großkraftwerk Klingenberg erhalten wir von Dipl.-Ing. M. Rehmer, Mitglied des Vorstandes der Berliner Städtischen Elektrizitätswerke Akt.-Ges., die folgenden einleitenden Bemerkungen.

Die Elektrizitätswirtschaft der Reichshauptstadt hat eine dreiundvierzigjährige Entwicklung hinter sich. Die ersten 31 Jahre wurde sie privatwirtschaftlich geleitet, darauf folgte 1915 die rein kommunale Betriebsform, deren äußeres Kleid seit 1923 die jetzige Betriebsaktiengesellschaft „Berliner Städtische Elektrizitätswerke Akt.-Ges." ist. Die Elektrizität ist eines der jüngsten, daher noch nicht abgeklärten Gebiete der Technik. Einschneidende Neuerungen in der Erzeugungsart und dringlichstes Bestreben nach Wirtschaftlichkeit bei immer größerer Zusammenballung der Leistung kennzeichnen ihren Entwicklungsgang.

Wohl kaum hat eine Neubauplanung der Berliner Elektrizitätswerke so grundsätzlich gewohnte Wege verlassen und mit scheinbar feststehenden Wirtschaftlichkeitsansichten gebrochen wie ihr Entschluß im Jahre 1924. Der Dezember dieses Jahres traf die Werke in folgender Verfassung: Die Befreiung vom wirtschaftlichen Druck infolge der Markbefestigung hat sich auf elektrowirtschaftlichem Gebiete dahin ausgewirkt, daß die Spitzenbelastung von 142 000 kW im Jahre 1923 auf 208 500 kW im Dezember 1924 anstieg. Wenn auch dieser von allen deutschen Werken beobachtete Elektrizitätshunger erfreulich war, so konnten ihn die Berliner Werke nicht stillen. Hatte es doch die Kapitalnot dahin gebracht, daß in allen Berliner Werken zu diesem Termin nur 198 000 kW an betriebsbereiter Maschinenleistung vorhanden waren. Die genannten beiden Endzahlen bildeten die Grundlage zu dem von der Bewag seiner Zeit veröffentlichten Programm. Es gipfelte in dem Vorschlag, aus Gründen der Sicherheit und aus Rücksicht auf Wirtschaftlichkeit den kommenden Elektrizitätsmehrbedarf Berlins durch Eigenerzeugung zu decken, die Stromverteilung in der Stadt grundlegend umzugestalten und planmäßige Stromwärmewirtschaft in Berlin zu treiben. Ich will es mir versagen, an dieser Stelle darauf einzugehen, welchen lebhaften Meinungsaustausch unsere Pläne in der technischen Welt, in der Fachliteratur und sowohl in der Tagespresse als auch in finanz- und kommunalpolitischen Kreisen auslösten. Eine ganze Literatur hat die Veröffentlichung unserer freimütig verteilten „grünen Denkschrift" nach sich gezogen. Der erstgenannte Vorschlag zum Übergang auf höhere Eigenerzeugung ist inzwischen Wirklichkeit geworden: Das Großkraftwerk Klingenberg ist seit dem Frühjahr d. J. in vollem Betrieb.

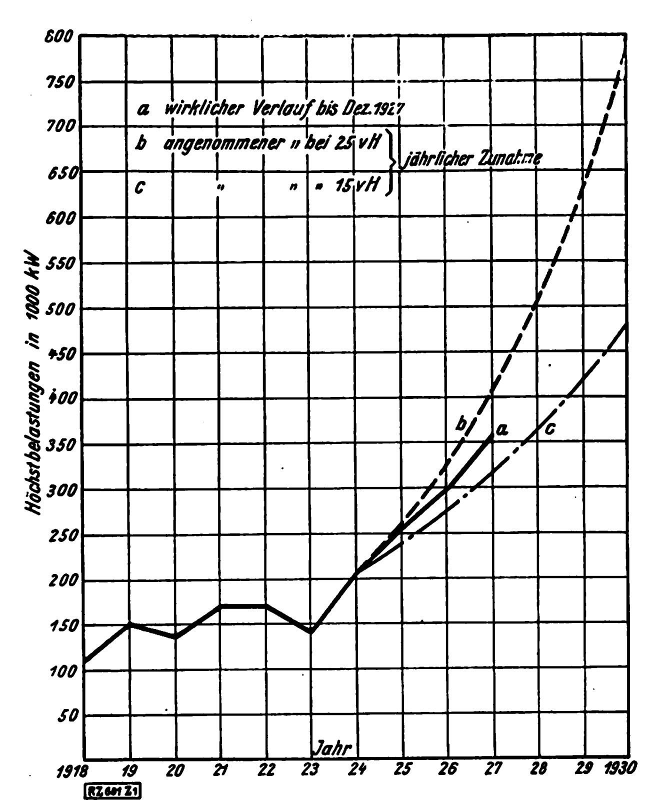


Abb. 1
Verlauf der Höchstbelastungen der Berliner Städtischen Elektrizitätswerke Akt.-Ges.

Die Verwirklichung unserer Absichten von 1924 bedarf heute keiner Rechtfertigung mehr. Sie sind Geschichte geworden. Nur aus diesem Grunde bringe ich jetzt nachträglich eine zahlen- und bildmäßige Darstellung über die Übereinstimmung unserer Schätzung mit der Wirklichkeit von heute.

Unsere damaligen Überlegungen sind danach glänzend bestätigt worden, Abb. 1 und Zahlentafel 1. Am 13. Dezember 1927 betrug die Bruttoerzeugung im Versorgungsgebiet unserer Netze insgesamt 4 601 286 kWh. Davon waren 3 495 550 kWh Eigenerzeugung. Die gesamte Jahresstrommenge der Bewag hat inzwischen den Betrag von einer Milliarde kWh überschritten.

Strompolitik ist Wirtschaftspolitik. Gerade im Hinblick auf das Vorhandensein der großen Berliner Industrie brachte die Stadtverwaltung die notwendigen Mittel zum Kraftwerkbau auf. Stromsperren sind wirtschaftschädigend und müssen vermieden werden. In der Elektrizitätswirtschaft verwendete Gelder sind im erhöhten Umfang werbend.

Strompolitik ist auch Sozialpolitik. Es gelang in ziemlich umfangreichem Maß, eine Entlastung des Arbeitsmarktes durch die Beschäftigung vieler Tausende herbeiführen. Wir regten während des Baues die Schaffung von Arbeitsgemeinschaften bestimmter Fachgruppen an, damit möglichst umfangreichen Arbeitskreisen Betätigung geboten werden konnte. Und schließlich bildet eine großzügige Elektrowirtschaft den Anreiz zur Schaffung

Zahlentafel 1.
Im Mai 1925 geschätzte und inzwischen eingetretene Höchstbelastungen

Jahr	Angenommener Verlauf der Höchstbelastung		Wirklicher Verlauf
	bei 25 vH jährl. Zunahme kW	bei 15 vH jährl. Zunahme kW	kW
1924	—	—	208 500
1925	260 000	240 000	258 000
1926	325 000	275 000	299 500
1927	406 000	317 000	352 000*)
1928	507 000	365 000	—
1929	633 000	420 000	—
1930	791 000	483 000	—

*) War bereits am 13. Dezember 1927 erreicht. Die Höchstbelastung wird voraussichtlich 360 000 kW übersteigen.

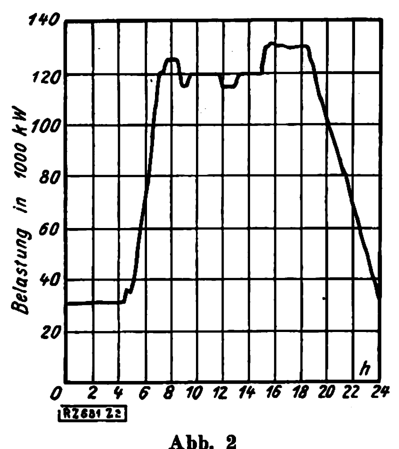


Abb. 2
Belastung des Großkraftwerkes am 18. November 1927

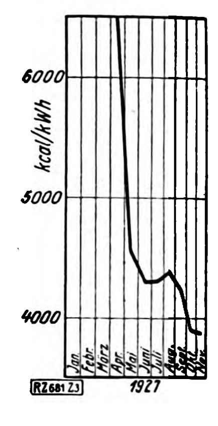


Abb. 3
Wärmeaufwand für 1 kWh Bruttoarbeit

technischer Höchstleistungen und stärkt damit das Ansehen der gesamten deutschen Industrie.

Es ist mir ein Bedürfnis, an dieser Stelle zu bestätigen, daß alle in Frage kommenden Kreise mit einem vorbildlichen Gemeinschaftsgefühl an die Aufgabe herangingen, die wir ihnen stellten, und sie mit großzügigem Geschick gelöst haben.

Am 19. Dezember 1926 wurde das Werk mit etwa 30 000 kW erstmalig in Betrieb genommen, vom 2. April 1927 ab setzte die regelmäßige Stromlieferung ein. Zur Zeit liefert das Werk etwa 50 Millionen kWh monatlich. Am 18. November 1927 erreichte es mit 2 144 000 kWh seine höchste Tageslieferung, Abb. 2. Gegenüber der Nachtlast von etwa 32 000 kW steigerte sich innerhalb 2½ Stunden die Belastung um etwa 300 vH. Bei der gegenwärtigen Spitzenbelastung von 130 000 kW sind im Betrieb:

2 Großturbinensätze mit rd. 72 vH ihrer Vollast, der 3. Maschinensatz steht voll betriebsbereit in Reserve,
9 Kessel,
5 Kohlenstaubmühlen.

Daß auch die Wirtschaftlichkeit dieses Werkes in bezug auf die Stromerzeugung alle Erwartungen erfüllt, lehrt ein Blick auf Abb. 3. Mit einem Energieaufwand von 3900 kcal/kWh der Bruttoerzeugung oder rd. 4100 kcal für 1 kWh nutzbar abgegebene Arbeit reiht sich das Werk in die Liste der energiewirtschaftlichsten Anlagen ein.

Es bedarf keiner besondern Erwähnung, daß die Inbetriebnahme neuartiger und in den Ausmaßen bisher unbekannter maschineller Anlagen eine überaus große Zahl von Schwierigkeiten mit sich bringt, die aber nur als Ausbildungsstoff für das Personal gewertet werden können. Alle inzwischen gewonnenen Erfahrungen stehen daher auch andern Unternehmen zur Verfügung. Von Störungen grundsätzlicher Bedeutung blieb das Werk bisher verschont. Lediglich die in der Literatur bereits geschilderte Standunsicherheit der Kohlenmühlenfundamente und die hierdurch verursachte Senkung des ganzen Mahlgebäudes können als solche bezeichnet werden. Diese Schwierigkeiten sind inzwischen aber beseitigt worden.

Abgesehen von einer Störung, die von außen auf den Maschinenbetrieb einwirkte, liefen die Großturbinensätze bisher einwandfrei. Der Verzicht auf Anzapfung der Hauptmaschinen erleichterte sicherlich ihre einfache Bedienung. Die vorgesehene Speisewasserführung gestattet eine völlige Entgasung des Wassers. Jedoch hat sich die ursprünglich vorhandene Wasserreserve für rd. 6 min Vollast als zu gering erwiesen. Wir waren genötigt, durch Aufstellung von weiteren Sammelbehältern einen Speisewasservorrat für rd. 30 min zu schaffen, der nunmehr ausreicht. Notwendig wurde zunächst auch die Trennung der elektrischen Eigenbedarfsversorgung vom Hauptnetz.

In den elektrischen Anlagen traten Störungen, die auf grundsätzlichen Fehlern beruhen, nicht auf. Die geradezu vorbildlich durchgeführte Anordnung aller Überwachungsgeräte der elektrischen und dampftechnischen Anlagen in der Hauptwarte kann vom Standpunkt der Betriebsführung als durchaus gelungen bezeichnet werden.

Kohlentrocknungs- und Mahlanlagen haben ihre Leistungsfähigkeit in längerem Dauerbetrieb erwiesen. Die gesamten Rohkohlen- und Staubförderanlagen arbeiten einwandfrei.

Für die Feuerführung von vier Großkesseln von je 1750 m² Heizfläche ist nur ein Mann notwendig. Die Kohlenstaubverfeuerung bereitete die geringste Mühe zur Einarbeitung des Personals. Der Betrieb der 37 at-Hochdruckkessel ist durchaus nicht schwieriger als der von Kesseln des gewohnten Druckbereiches um 15 at herum. Aus betrieblichen Gründen konnten bisher keine ganz genauen Leistungs- und Garantieversuche durchgeführt werden. Wir wissen aber, daß der festgesetzte Leistungsbereich der Kessel überschritten werden kann. Immerhin nehmen wir jetzt bereits die Vorarbeiten auf, um allmählich zu einer selbsttätigen Feuerführung zu kommen. Betriebsmessungen ergaben, daß hohe Luftvorwärmung nur erwünscht ist. Ferner ist feststellbar, daß neben dem Einbau von Luftvorwärmern auch die Anordnung von Speisewasservorwärmern in den Abgasweg Vorteile bringen dürfte, wenn auch mit anderen Abmessungen als im Entwurf von 1925. Die Entaschung der Kessel bildet für uns kein Problem mehr, nur eine vollkommenere Reinigung der Schornsteinabgase ist noch erforderlich. Durch geringe Verbesserungen konnten Wasserkreislaufstörungen an den Kühlsystemen der Brennkammern erfolgreich beseitigt werden.

Insbesondere möchte ich hervorheben, daß es gelungen ist, durch peinlich genaue Liefer- und Abnahmevorschriften Materialfehler weitgehend zu vermeiden. Von rd. 21 000 Kesselrohren ist beispielsweise bisher kein Rohr aus dieser Ursache schadhaft geworden. Die Beherrschung des hohen Dampfdrucks und der hohen Temperaturen kann man in den hier angewandten Grenzen als gelungen bezeichnen. In der gesamten Hochdruck-Rohrleitungsanlage, bei deren Verbindungsstellen wir auf besonders sorgfältige Flanschenausführung achteten und beispielsweise Nietflansche völlig vermieden, hatte die Betriebsleitung bisher keinerlei Störungen zu verzeichnen.

Die Stromversorgung Berlins wird sich in den nächsten Jahren in immer verstärktem Maße des Großkraftwerks Klingenberg als einer seiner Hauptkraftquellen bedienen. Die Berliner Elektrizitätswerke wünschen und hoffen, daß diesem größten Werk der deutschen Elektroindustrie andre Werke in Deutschland folgen mögen. Sie sieht darin eine Bekräftigung ihrer Ansicht, daß Kraftwerkneubauten und vermehrte Stromerzeugung im Konjunkturbarometer der Wirtschaft auf „beständig“ hindeuten. Sie hofft schließlich, im erhöhten Stromverbrauch ein Kennzeichen für gesteigerte kulturelle Ansprüche und Verbesserung der allgemeinen Lebenshaltung zu erblicken.

Berlin [B 681] M. Rehmer

Die Richtlinien für den Entwurf der Anlage

Von R. Tröger, Berlin-Zehlendorf

(Hierzu Tafel 7 und 8)

Die Anlagen des Großkraftwerkes Klingenberg werden zusammenfassend beschrieben, die Bauzeiten angegeben und die Erwägungen mitgeteilt, die zu der Lage, Größe und Anordnung des Werkes geführt haben.

Die Lage und Gesamtanordnung des Kraftwerkes sind aus Tafel 7 und 8 zu ersehen. Das Grundstück, s. Abb. 1, hat einen Flächeninhalt von 198 200 m², wovon 20 716 m², also 10,5 vH bebaut sind. Der seit Mai 1927 in Betrieb befindliche erste Ausbau umfaßt eine Maschinenleistung von 270 000 kW. Die Anordnung bietet die Möglichkeit, das Werk auf den doppelten Umfang zu erweitern. Wasser- und Kohlenzufuhr, Kohlenlagerplatz und Warte sind von vornherein für den endgültigen Ausbau von 540 000 kW Leistung bemessen worden.

Die Maschinenanlage besteht aus drei Dampfturbinengruppen von je 90 000 kW oder 100 000 kVA Dauerleistung; jede Gruppe umfaßt eine Hauptturbine von 80 000 kW (s. das Bild S. 1832) und eine Vorwärmturbine von 10 000 kW. Die Hauptmaschinen haben vier Gehäuse, die auf zwei Wellen verteilt sind; je eines für Hoch- und Mitteldruck und zwei für Niederdruck. Jede Welle treibt einen Stromerzeuger von 44 000 kVA. Die Klemmenspannung beträgt 6 kV, die Drehzahl 1500 Uml./min. Das Kondensat wird durch Abdampf (0,45 at abs) und Anzapfdampf (4 at abs) der entsprechend ausgeführten Vorwärmturbinen in zwei Stufen auf 75 und 140° erwärmt und mit der letzteren Temperatur den Kesseln zugeführt. Die Vorwärmturbinen sind zweigehäusig ausgebildet und laufen mit 3000 Uml./min.

Das Hauptbild der elektrischen Schaltung zeigt Abb. 1 auf S. 1891. Die von den Stromerzeugern gelieferte Energie wird hochspannungsseitig auf 30 kV-Sammelschienen vereinigt. Während die 88 000 kVA-Stromerzeuger ausschließlich über Transformatoren auf das 30 kV-System arbeiten, kann jeder 12 500 kVA-Stromerzeuger außerdem 6 kV-Sammelschienen speisen, die den Eigenbedarf des Werkes versorgen. Hoch- und Niederspannungs-Sammelschienen werden dann über den Transformator des 12 500 kVA-Stromerzeugers zusammengeschlossen. Durch Reihenschaltung von Blindwiderstand und schnellwirkende Relais ist die Trennung beider Stromkreise im Störungsfalle sichergestellt.

Das 30 kV-Schalthaus enthält 46 Felder, davon 24 für abgehende Drehstromkabel. Eine Erweiterung um 13 Felder befindet sich im Bau.

Die Kesselanlage besteht aus 16 Kesseln von je rd. 1800 m² Heizfläche und erzeugt Frischdampf von 35 at abs und 410°. Jeder Kessel hat eine Dauer-Höchstleistung von rd. 80 t/h, entsprechend rd. 18 000 kW, bezogen auf die Klemmenleistung der Stromerzeuger. Die

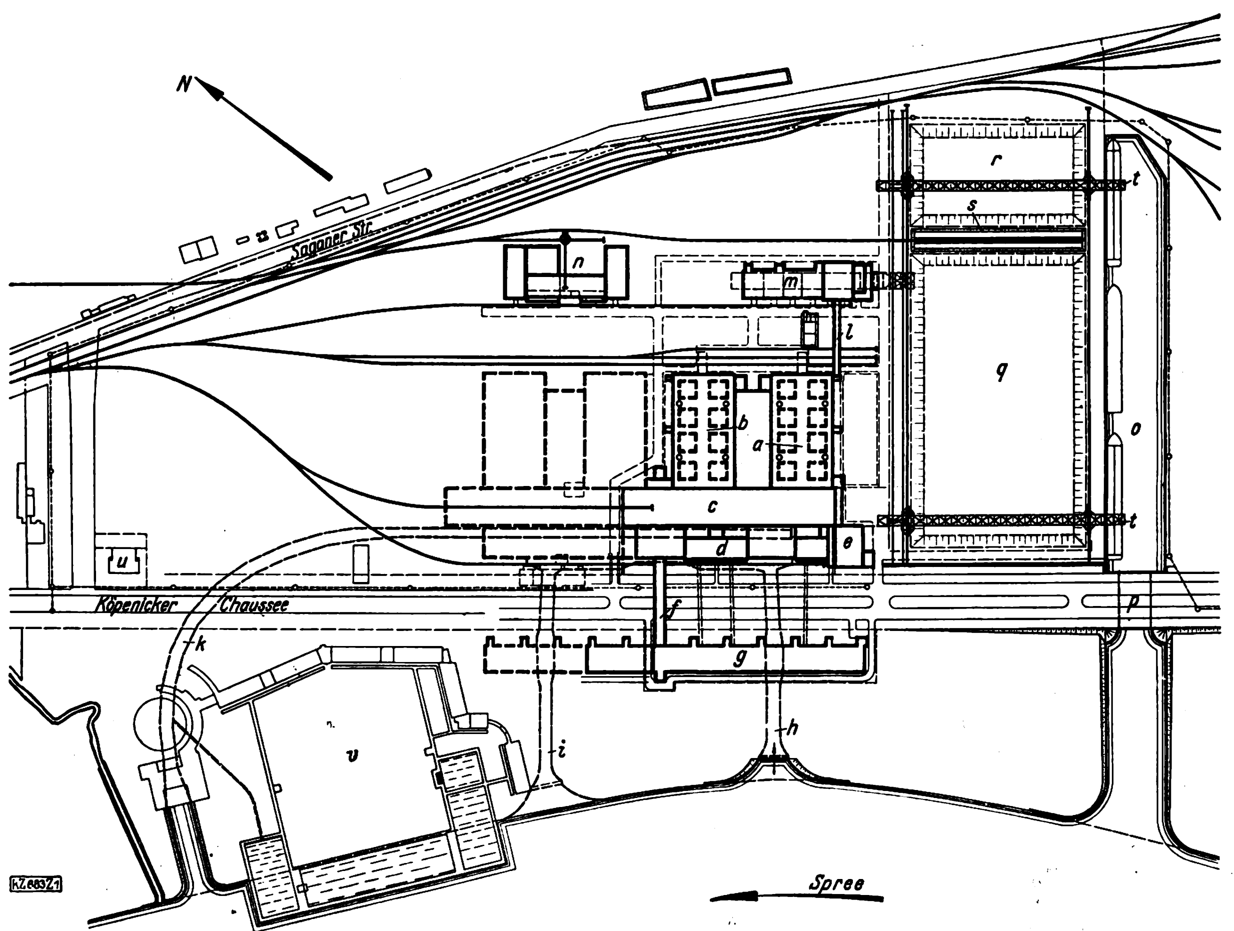


Abb. 1. Lageplan des Großkraftwerkes Klingenberg. M. 1 : 5000

a Kesselhaus A
b Kesselhaus B
c Turbinenhaus
d Turbinenhausvorbau
e Verwaltungsgebäude
Verbindungsbrücke zum 30 kV-Schalthaus
g 30 kV-Schalthaus
h Kühlwasser-Zulaufkanal
i Kühlwasser-Zulaufkanal (spätere Erweiterung)
k Kühlwasser-Ablaufkanal
l Verbindungsbrücke zur Kohlenmahlanlage
m Kohlenmahlanlage
n Werkstatt- und Lagergebäude
o Stichkanal für Kohlenanfuhr
p Straßenbrücke über den Stichkanal
q großer Kohlenlagerplatz
r kleiner Kohlenlagerplatz
s Kohlenschüttgrube
t Lagerplatzbrücken
u Kasino
v Badeanstalt des Bezirks Lichtenberg

Die gestrichelt dargestellten Gebäude bezeichnen die geplante künftige Erweiterung des Werkes

Kessel sind paarweise an freistehende Blechschornsteine von 70 m Höhe angeschlossen.

Die Kohlenmahlanlage umfaßt vier Gruppen; jede Gruppe besteht aus einem mit Anzapfdampf geheizten Kohlentrockner von 24 t/h Durchsatz und zwei Pendelmühlen von 24 t/h gesamter Mahlleistung. Durch vier Staubpumpen von je 50 t/h Förderleistung wird das Mahlgut nach Bedarf auf die Kohlenstaubbunker der einzelnen Kessel verteilt.

Das Rohkohlenlager kann bis zu 220 000 t stapeln. Zur Förderung dienen zwei fahrbare Brücken von je 140 t/h Leistung.

Bauzeit

Der erste Spatenstich erfolgte am 15. September 1925. Trotz eines allgemeinen Streiks von etwa zwei Monaten Dauer und verschiedener Teilstreike wurden folgende Fertigstellungstermine erzielt:

30 kV-Schalthaus: Inbetriebnahme des ersten Drittels am 15. August 1926, des zweiten Drittels am 2. Oktober 1926, des letzten Drittels (dessen Fertigstellung im Einvernehmen mit der BEWAG absichtlich zurückgestellt wurde) am 12. Mai 1927.

Maschinenanlage, Vorwärmanlage, Kesselhaus, Kohlenaufbereitung: Inbetriebnahme des ersten Drittels, teilweise mit vorläufigem Anschluß der Hilfs- und Betätigungsanlage, am 19. Dezember 1926.

Das Ziel, einen Teil der städtischen Winterspitze 1926/1927 durch das Kraftwerk Klingenberg übernehmen zu können, wurde dadurch erreicht.

Ende Januar 1927, nach Senkung der Winterspitze, gab die BEWAG der AEG das erste Drittel der Anlage frei zum Ausbau der vorläufigen Einrichtungen und zum endgültigen Anschluß der Hilfs- und Betätigungsanlagen.

	Probebetrieb	Abnahme
Erstes Drittel	11. April 1927	25. April 1927
Zweites „	29. „ „	10. Mai „
Letztes „	23. Juli „	30. Juli „

Die erwähnten vorläufigen Einrichtungen für die erstmalige Inbetriebnahme des ersten Drittels der Maschinenanlage im Dezember 1926 waren bedingt durch die Forderung der BEWAG, über die Anlage trotz der durch die Streike hervorgerufenen Verzögerungen von rd. drei Monaten für die Winterspitze 1926/1927 verfügen zu können.

Vertraglich war die Fertigstellung des ersten Drittels des Kraftwerkes für den 15. Oktober 1926 vorgesehen; dieser Termin wäre ohne die Streiks eingehalten worden.

Vorbedingungen

In Abb. 1, S. 1829, sind die Spitzenlasten der BEWAG von 1918 bis 1926 eingetragen. Die ausgezogene Linie *a* kennzeichnet den jährlichen Anstieg der Spitzenlast. Vor der in dieser Abbildung berücksichtigten Entwicklung war die Spitzenlast von 1910 bis 1916 (zuletzt Hindenburg-Programm) jährlich um rd. 12 000 kW gestiegen, 1917 dagegen um 40 000 kW gefallen. Sodann sind von 1918 an deutlich zwei Zeitabschnitte zu unterscheiden:

1918 bis 1923 (Währungsverfall),
1923 „ 1926 (Währungsfestigung).
Der mittlere jährliche Anstieg der Spitzenlast betrug:
im ersten Abschnitt rd. 7000 kW
„ zweiten „ „ 50 000 „

Der während des ersten Zeitabschnittes durch Zwangsmaßnahmen unterdrückten Entwicklung folgte eine Zeit außergewöhnlich schnellen Anstieges; dabei wurden sogar die Werte übertroffen, welche bei gleichmäßigem Steigen des Bedarfes nach Maßgabe der Vorkriegszeit zu erwarten waren. Der Verbrauch auf den Kopf der Einwohner betrug im Jahr 1926 rd. 195 kWh. Ein Vergleich mit den entsprechenden Werten der Großstädte andrer Länder, in denen das Mehrfache der letztgenannten Zahlen erreicht wird, berechtigt zu der sichern Voraussage eines weiteren erheblichen Anstieges der Spitzenlast.

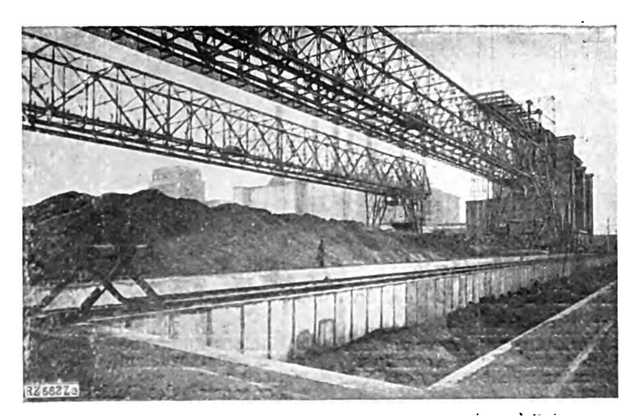
Der Reservegrad der Kraftwerke (Verhältnis der Kraftwerkleistung zur Spitzenlast), der bereits bei Kriegsbeginn verhältnismäßig niedrig war (rd. 1,25), sank im ersten Jahr des zweiten Zeitabschnittes (1924) unter 1, da die Werke während der Nachkriegzeit nicht erweitert worden waren. Nach dem im Jahre 1917 mit den Elektrowerken abgeschlossenen Vertrag konnte die BEWAG der Fernleitung bis zu 60 000 kW entnehmen; diesem Umstand ist es zu verdanken, daß der Bedarfsansturm zu Beginn des zweiten Zeitabschnitts befriedigt werden konnte.

Betriebsbedingungen

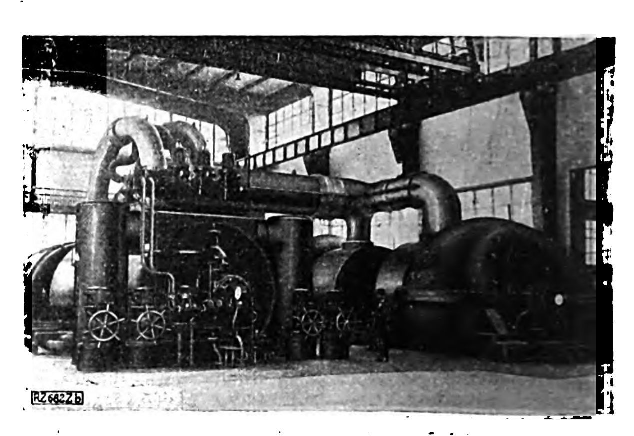
Die BEWAG hat die frühere Art der Stromverteilung, wobei jedes Kraftwerk unabhängig arbeitete und einen bestimmten Stadtteil versorgte, verlassen. Ein umfangreiches Netz von 30 kV-Kabeln verbindet die Kraftwerke mit den Hauptumspannwerken und untereinander; dadurch hat man eine große Bewegungsfreiheit in der Verteilung der Last auf die einzelnen Werke erreicht und die Vorbedingung geschaffen, um die Leistung von 200 000 bis 300 000 kW, die eine Verdoppelung der Gesamtleistung der bestehenden Kraftanlagen bedeutete, in einem einzigen Werk zu vereinigen, ohne die Ausnutzung seiner wärmewirtschaftlichen Überlegenheit durch Übernahme der Grundlast zu beschränken.

In Abb. 2 sind kennzeichnende Belastungslinien für einen Sommer- und einen Wintertag des Jahres 1926 dargestellt.

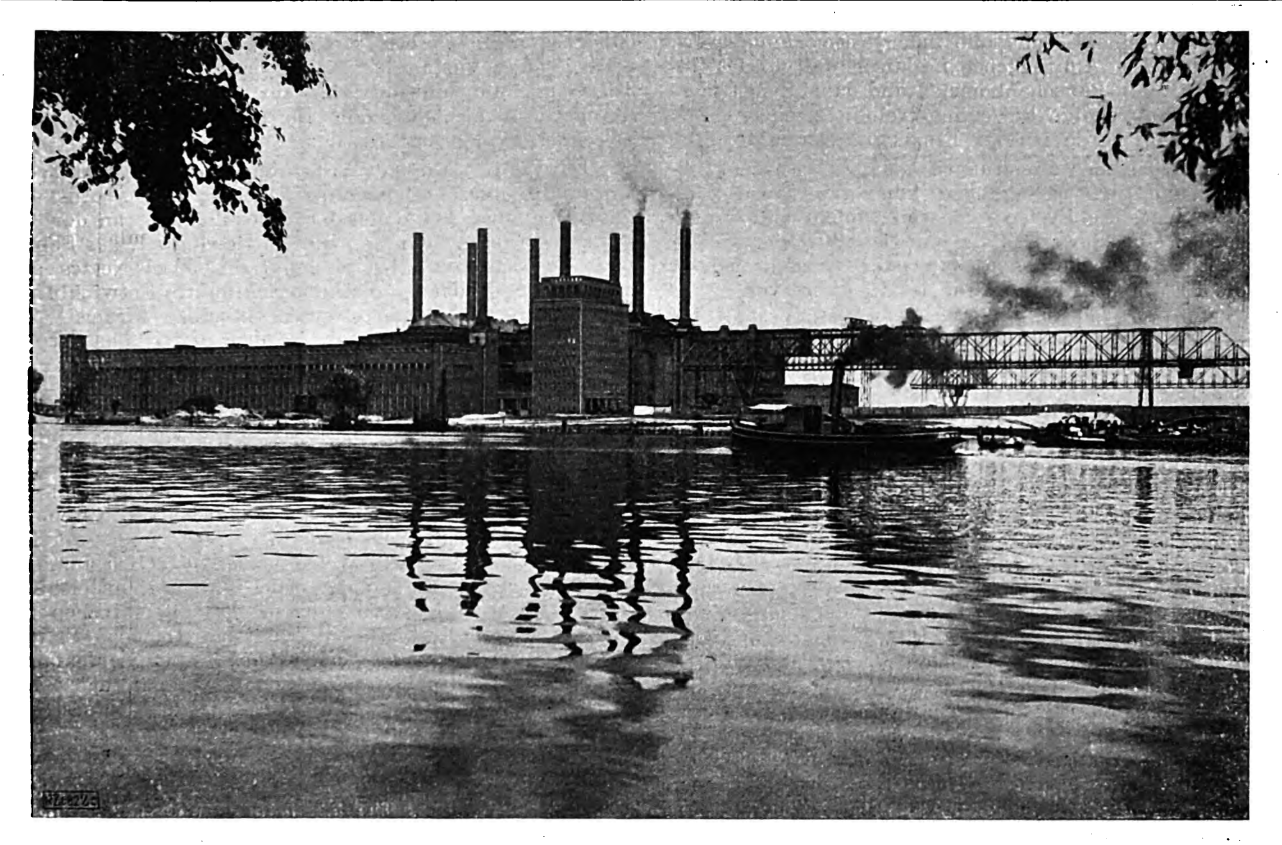
Die Bemessung der Maschinengröße für das Großkraftwerk Klingenberg bot unter diesen Umständen keine Schwierigkeit. Man konnte die größten Maschinen wählen, die nach dem Stande der Technik gebaut wurden, und damit die Vorteile des Groß-



Lagerplatzbrücke mit Kohlenschüttgrube



Hauptturbine von 80 000 kW



Gesamtansicht des Großkraftwerkes Klingenberg von Süden

maschinenbaues: die Verminderung des Dampfverbrauchs, die allgemeine Verbilligung der Anlage und die Vereinfachung des Betriebes, bis zur Grenze ausnutzen. Auch der häufig gegen große Maschinen geltend gemachte Einwand, daß sie eine verhältnismäßig große Maschinenreserve bedingen, ist bei der geschilderten Betriebsweise der BEWAG hinfällig. Für das neue Kraftwerk allein bedeutet der dritte Maschinensatz vorerst allerdings eine Reserve von 50 vH; infolge der Ausgleichmöglichkeiten des Netzes steht er aber auch den übrigen Kraftwerken zur Verfügung; diese können entsprechend höher belastet werden. Auf die Gesamtspitze bezogen, beträgt die Leistung des dritten Maschinensatzes nur 20 bis 30 vH, also nicht mehr, als ohnehin erforderlich ist.

Die Wahl von drei Maschinengruppen entspricht der Mindestzahl, die unter den geschilderten Bedarfsverhältnissen in Frage kam. Die Anlage ist in allen Teilen so entworfen, daß sie ohne Störung des Betriebes auf die doppelte Leistung, also auf 540 000 kW, erweitert werden kann.

Die Bedeutung des neuen Werkes für die Stromversorgung der größten deutschen Stadt bildete einen natürlichen Ansporn, allgemein mit der Verwendung technischer Neuerungen zur Verbilligung des Betriebes bis an die äußerste Grenze zu gehen. Das Großkraftwerk Klingenberg unterscheidet sich in der Bauart der Maschinen- und Kesselanlage, der Kohlenaufbereitung, der elektrischen Einrichtung und Gesamtgliederung wesentlich von allen bisherigen Großkraftwerken; es erscheint fast als ein Wagnis, angesichts der Werte, die hier auf dem Spiele standen, und der Bedeutung des von ihm versorgten Wirtschaftsgebietes.

Die Aufgabe wurde erleichtert durch die Art der Zusammenarbeit zwischen Auftraggeber und Unternehmer; sie war getragen von einem Gefühl der Schicksalsgemeinschaft; beide bewiesen die gleiche Verantwortungsfreudigkeit; das gegenseitige Vertrauen ist auch unter den schwierigsten Verhältnissen nicht in Frage gestellt worden.

Die Technik schuldet der BEWAG besonderen Dank für ihr entgegenkommendes Verhalten bei der Einführung der weitreichenden Neuerungen, die das Klingenberg-Werk aufweist.

Der Bauvertrag

Nach Abschluß der umfangreichen Vorarbeiten, deren Ergebnis die AEG in einem alle Berechnungen, Kostenanschläge und Zeichnungen enthaltenden kritischen Bericht zusammenfaßte, beauftragte die BEWAG am 9. Juli 1925 die AEG mit der Gesamtausführung des Werkes bis zur schlüsselfertigen Übergabe.

Der Auftrag umfaßte sämtliche Hoch- und Tiefbauten einschließlich des Stichkanals sowie die vollständige elektrische und maschinelle Einrichtung mit allen Hilfsanlagen für den ersten Ausbau des Kraftwerks und des 30 kV-Schalthauses mit einer Maschinenleistung von 270 000 kW.

Die ursprüngliche Absicht der BEWAG, den Gesamtauftrag zu einem Pauschpreis zu vergeben und die AEG als Generalunternehmer zu bestellen, mußte aufgegeben werden; denn die Aufträge an die Unterlieferer, die etwa 2/3 der Gesamtkosten umfassen, waren hierfür noch nicht genügend geklärt; das Pauschabkommen hätte eine Verzögerung von mehreren Monaten bedingt und damit die von der BEWAG geforderte Bereitschaft des ersten Maschinensatzes für den Winter 1926/27 in Frage gestellt.

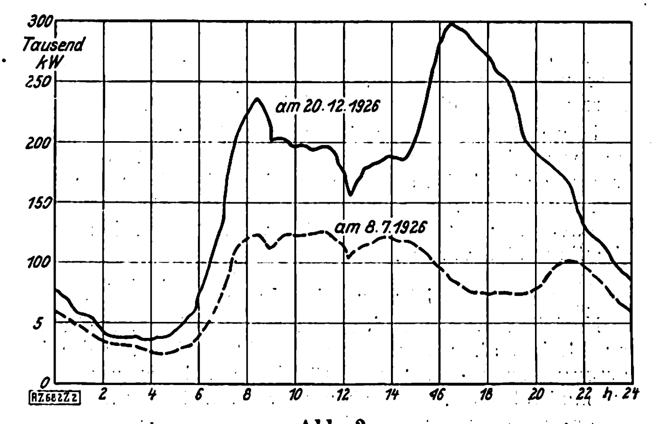


Abb. 2
Kennzeichnende Belastungslinien für einen Sommer- und einen Wintertag 1926

Man fand eine Lösung, die unter Vermeidung dieses Zeitverlustes dem Auftraggeber praktisch die gleiche Gewähr bot wie ein Pauschabkommen und dabei dem Unternehmer die notwendige Bewegungsfreiheit sicherte. Der Gesamtauftrag wurde in vier Einzelaufgaben unterteilt:

a) Für die eigenen Lieferungen der AEG wurden Umfang und Lieferbedingungen im voraus vertraglich festgelegt; die Preise schlossen Einbau und Probebetrieb ein. Soweit zusätzliche Bestellungen an elektrischen Einrichtungen notwendig wurden, behielt die BEWAG sich die Wahl des Lieferers vor.

b) Die AEG übernahm alle Obliegenheiten eines beratenden Ingenieurs im Sinne der Gebührenordnung der Ingenieure, von den Vorarbeiten bis zur schlüsselfertigen Übergabe der Gesamtanlage, umfassend den baulichen Teil mit Architektur und alle maschinellen und elektrischen Einrichtungen. Die Gesamtbearbeitung sollte im Einvernehmen mit der BEWAG erfolgen; die Lieferbedingungen und Vergebungen bedurften ihrer Genehmigung.

c) Die AEG übernahm folgende Gewähr für die Gesamtanlage: Die von ihr angestellten Berechnungen und gewählten Anordnungen entsprechen dem heutigen Stande der Technik und berücksichtigen die bisherigen Erfahrungen; sie gewährleistet das gute Zusammenarbeiten der einzelnen Teile des Werkes, die Zweckmäßigkeit der für die Ausführung der Einzelteile angegebenen Anordnung und die Befolgung der zur Zeit gültigen behördlichen Vorschriften. Bei Überschreitung der Fertigstellungstermine (Betriebsbereitschaft von zwei Turbinen bis zum 10. Dezember 1926, dritte Turbine am 1. Oktober 1927) hat die AEG der BEWAG bestimmte Beträge zu vergüten. Die Berechnung der Wirtschaftlichkeit des Werkes ist sorgfältig und gewissenhaft aufgestellt.

d) Um jeden Zeitverlust zu vermeiden, der möglicherweise aus dem vorgeschriebenen Instanzenweg zwischen Bearbeitung und Genehmigung entstehen könnte, wurde ein Ausschuß aus bevollmächtigten Vertretern beider Parteien eingesetzt, der während der Bauzeit wöchentlich einmal zusammentrat und kurz über die der Genehmigung unterliegenden Fragen entschied. Die Niederschriften der Ergebnisse wurden nach der Sache planmäßig so geordnet, daß die Übersichtlichkeit der vielen Einzelentscheidungen und damit die Stetigkeit der Beschlüsse des Ausschusses gewahrt blieben.

Der Aufbau der umfangreichen Bauorganisation ist in Abb. 3 dargestellt. Links die AEG als ausführender Teil und rechts die BEWAG mit ihrer Organisation für Bauaufsicht und Betriebsüberleitung; darüber als letzte Instanz der gemischte Ausschuß.

Diese Vertragsform hat den Vorzug großer Anpassungsfähigkeit. Bei der kurzen Frist, die der AEG für die Ausarbeitung der Pläne zur Verfügung stand, und bei der großen Zahl von technischen Neuerungen mußte von vornherein mit Ergänzungen und Änderungen von Teillösungen während des Baues gerechnet werden. Eine Reihe von Verbesserungen sind auf diese Weise dem Werk zugute gekommen, die bei einem festen Pauschvertrag wahrscheinlich unterblieben wären.

Diese Vertragsform ist zweckmäßig, wenn neben dem wirtschaftlichen Gesichtspunkt bewußt die Förderung der Technik, also die Pioniertätigkeit in den Vordergrund gestellt wird, wie es die BEWAG tat. Der Pauschvertrag setzt dagegen im wesentlichen herkömmliche Bauweise voraus.

Eignung der Lage

Nachdem zugunsten des Nahkraftwerkes entschieden war, blieben als maßgebende Gesichtspunkte für die Bewertung der Lage: Grundstückkosten, Lage zum Verbrauchmittelpunkt, Beförderungsverhältnisse und Kühlwasserversorgung zu prüfen.

Das Kraftwerk liegt südöstlich des Rummelsburger Sees am Stadtumfang; die Grundstückpreise waren daher erträglich. Das Gelände gehörte außerdem der Stadt. Zur Verfügung stand eine Fläche von rd. 200 000 m², die, obwohl von der Köpenicker Chaussee durchschnitten, genügende Bewegungsfreiheit für die zweckmäßige Gestaltung der Anlagen bot.

Für die Stromverteilung vom Kraftwerk aus kamen nur Hochspannungskabel in Frage. Aus dem überwiegenden Anteil der Kraftwerkleistung an der Gesamtversorgung entsprang die Notwendigkeit, das Schalthaus zum stärksten Knotenpunkt des 30 kV-Netzes auszubilden und damit die unbeschränkte Entwicklungsmöglichkeit für die abgehenden Kabel zu fordern. Zur Entfaltung der Kabel nach Norden und Süden ist die breite Köpenicker Chaussee verfügbar; die Durchquerung der Spree sichert den Weg in westlicher Richtung. Die Entfernungen von den Unterwerken der Stadt sind verhältnismäßig klein, sie betragen durchweg nur wenige Kilometer.

Auch die Beförderungsverhältnisse liegen günstig: im Westen des Geländes die Spree mit einer Wasserfront von mehr als 600 m und praktisch ohne Schwankungen des Wasserspiegels; östlich unmittelbar angrenzend der Verschiebebahnhof Rummelsburg; beide Anfuhrmöglichkeiten ließen sich mit einfachen und billigen Mitteln für das Werk nutzbar machen. Es war reichlich Platz vorhanden zur Anlage eines Kohlenlagerplatzes für mehrmonatlichen Bedarf, so daß das Werk selbst bei Behinderung der Schiffahrt durch Frost und Wasserknappheit nicht von der Bahn abhängt und gegen unvorhergesehene Vorkommnisse in der Brennstoffversorgung weitgehend gesichert ist.

Die schwierigste Frage bei der Grundstückswahl für Großkraftwerke bilden in der Regel die Wasserverhältnisse. Die durch das Spreewasser abzuführende Wärmemenge entspricht etwa 95 vH der in den Hauptturbinen verlorenen Wärme. Ihre Verlustzahlen (es handelt sich hierbei nicht um Garantie- oder Versuchswerte) betragen, wie in meinem Schlußaufsatz dargelegt ist,

für Leerverlust . . . . $a = 0{,}11$
„ Lastverlust . . . . $b = 2{,}08$.

Da die zugehörigen Vorwärmturbinen 12,6 vH der Leistung der Hauptturbinen haben, so beträgt die für 1 kWh nutzbar abgegebene Arbeit (= 860 kcal) durch die Spree abzuführende Wärmemenge:

$$q = \frac{0{,}95}{1{,}126}\, 860 \left(\frac{0{,}11}{\mu} + 2{,}08\right)$$

$$= \frac{80}{\mu} + 1508 \text{ kcal/kWh} \quad \ldots \ldots \quad (1);$$

μ = Nutzungsgrad der Maschinen = Verhältnis der mittleren Belastung zur Vollast.

Die Kühlleistung eines Flusses entspricht allgemein der Summe aus Strömungskühlung des Flußwassers und Oberflächenkühlung zwischen Ein- und Auslauf des Kühlwassers.

Die Oberflächenkühlung kommt nur dann in Frage, wenn der Kühlwasserbedarf größer ist als die Strommenge des Flusses und daher ein Teil des Kühlwassers von der Auslaufstelle zur Einlaufstelle zurückfließt. Nach Erfahrungen an anderer Stelle darf als Mindestwert der spezifischen Oberflächenkühlung (Verdunstung + Berührung) gerechnet werden $k = 22{,}5$ kcal/m² °C h.

Die Oberfläche des Flusses zwischen Ein- und Auslauf des Kühlwassers beträgt rd. $385 \cdot 180 = 70\,000$ m². Man kann annehmen, daß davon 70 vH oder rd. 50 000 m² ausgenutzt werden.

Die Spree hat etwa folgende mittlere Wassertemperaturen:

in den Sommermonaten . . . . . . rd. 20 °C,
in den Wintermonaten . . . . rd. 3 °C,
Höchsttemperatur . . . . 25 °C.

Wir rechnen hiernach mit einer zulässigen Erwärmung für das gesamte Spreewasser um rd. 10 °C. Wird der Kühlwasserstrom des Kraftwerkes so eingestellt, daß sich das nach der Eintrittstelle zurückfließende Wasser

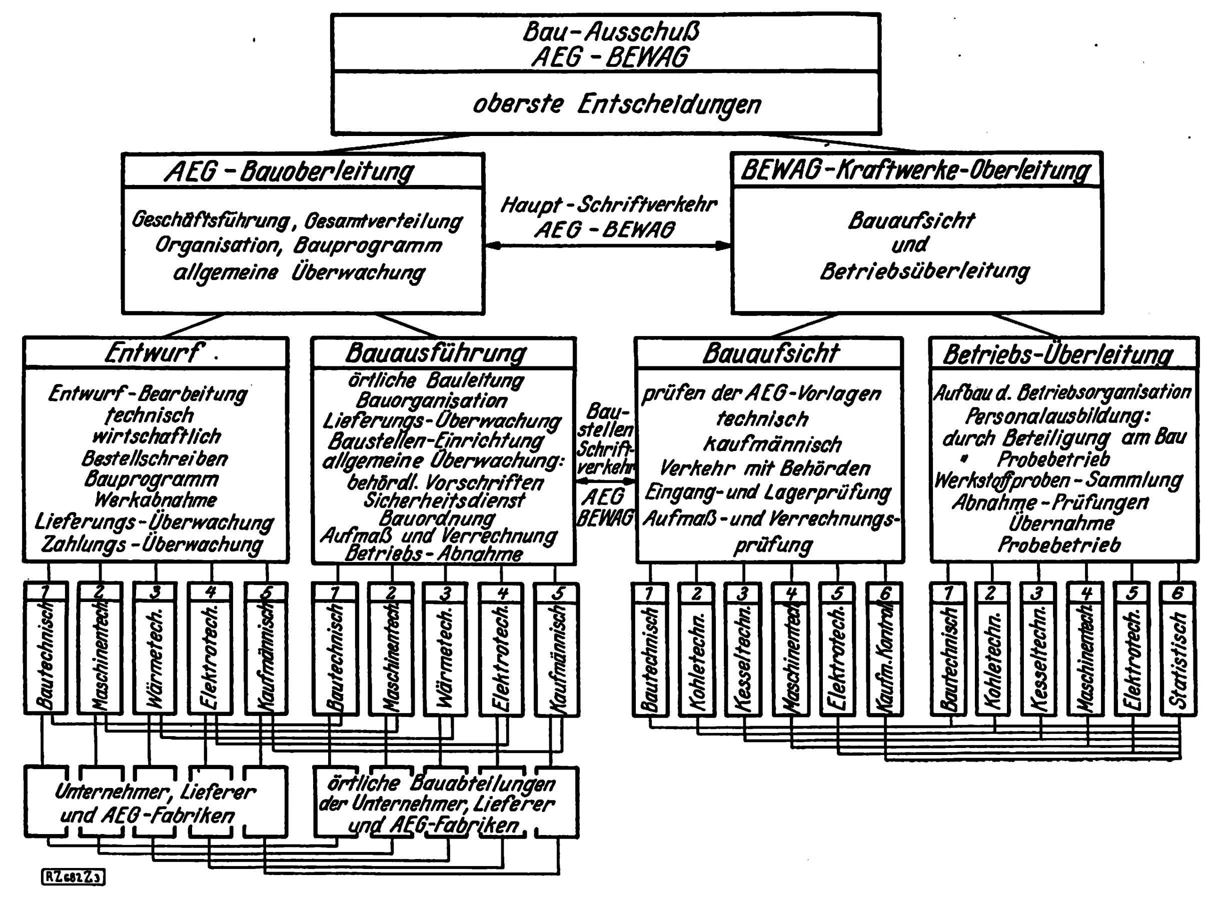


Abb. 3 Aufbau der Bauorganisation für das Großkraftwerk Klingenberg

um 2° abkühlt, so beträgt die mittlere Übertemperatur des rückläufigen Wassers

$$\varDelta t = \frac{10+8}{2} = 9\,°C.$$

Unter diesen Annahmen erhält man folgende Kühlwirkung:

Oberflächenkühlung:

$$K_0 = 22{,}5 \cdot 50\,000 \cdot 9 = 10 \cdot 10^6 \text{ kcal/h}$$

Strömungskühlung:

$$K_{St} = 3600 \cdot 1000 \cdot 10\, z_w = 36 \cdot 10^6\, z_w \text{ kcal/h}$$

$$\text{Summe: } K = (10 + 36\, z_w)\, 10^6 \text{ kcal/h} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (2)$$

(z_w = Wassermenge des Flusses in m³/s).

Die bei der Kühlwirkung K erzielbare Stundenleistung des Kraftwerkes beträgt:

$$L_K = \frac{K}{q} = \frac{(10+36\, z_w)\, 10^6\, \mu}{80 + 1508\, \mu}$$

oder, da $\mu = \dfrac{L_K}{90\,000\, z_M}$ (z_M = Zahl der im Betriebe befindlichen Maschinen),

$$L_K = 6640 + 23\,900\, z_w - 4780\, z_M \text{ kWh/h} \quad \ldots (3)$$

Diese Gleichung entspricht angenähert der einfachen Beziehung

$$L'_K = 23\,000\, z_w \text{ kWh/h} \quad \ldots \ldots \ldots (4).$$

Unmittelbare Messungen der Rummelsburger Strömung liegen, soweit unsere Ermittlungen reichen, nicht vor. Nach Angabe des Wasserbauamtes Potsdam ergeben aber die bei Fürstenwalde gemessenen Werte ein hinreichend genaues Bild, wenn sie entsprechend der Vergrößerung des Niederschlagsgebietes mit 1,6 multipliziert werden. Die derart gewonnenen Ergebnisse sind in Abb. 4 wiedergegeben. Die voll ausgezogene Linie zeigt die Monatsmittel aus den Jahren 1902 bis 1910; die Messungen des Jahres 1911, das sich durch einen ungewöhnlich heißen und trockenen Sommer auszeichnete, sind besonders eingetragen. In letzterem Fall betrug die Mindestmenge 8 m³/s, gegenüber einem mittleren Mindestwert der Jahre 1902 bis 1910 von 24 m³/s.

Zahlentafel 1
Zulässige Belastung in Abhängigkeit von der Flußströmung

Strömende Wassermenge zu m³/s	Zulässige Belastung L_K nach Gl. (3) kWh/h	Zulässige Belastung L_K nach Näherungsgleichung (4) kWh/h	Abweichung der Näherungsgleichung vH
5	116 600	115 000	— 1,4
10	231 300	230 000	— 0,6
15	346 000	345 000	— 0,3
20	456 000	460 000	+ 0,9
23,5	540 000	540 000	0

Aus den Werten von Zahlentafel 1 erhält man demnach für die Kühlwasserverhältnisse des Klingenberg-Werkes etwa folgendes Bild: Für den ersten Ausbau reicht die Kühlung aus. Selbst in einem heißen Sommer können zwei Maschinengruppen voll betrieben werden. Nach vollem Ausbau des Werkes genügt die Kühlwassermenge im normalen Sommer (etwa 20 m³/s) für den Vollbetrieb von fünf Maschinengruppen.

Man entschloß sich hiernach, für den Erweiterungsbau die Möglichkeit des Einbaus einer besonderen Rückkühlanlage vorzusehen, zumal nicht klar zu übersehen war, welche Wirkung die Temperaturerhöhung des Flußwassers bei Wassermangel ausüben würde. In den Auslaufkanal wurde daher ein Abzweig eingebaut, so daß der Kanal an die gegebenenfalls später aufzustellenden Kühltürme ohne Betriebstörung angeschlossen werden kann.

Betriebstechnische Grundlagen

Der thermische Wirkungsgrad von Kondensationsturbinen steigt mit der Überhitzung und in geringerem Maße mit der Spannung des Frischdampfes. Je höher die

Spannung, desto größer der durch Vorwärmung, also mit höchstem Wirkungsgrad ausnutzbare Anteil der Energiegewinnung aus Dampf.

Die Temperatur ist durch die Haltbarkeit der für Turbinen verfügbaren Baustoffe nach oben hin begrenzt; sie wurde nach dem heutigen Stande der Technik mit 400° an der Turbine, entsprechend rd. 410° am Kesselaustritt, gewählt. Zwischenüberhitzung des Dampfes kam u. a. deshalb nicht in Frage, weil die zu ihrer konstruktiven Lösung erforderliche Zeit die Fertigstellung in unzulässiger Weise verzögert hätte.

Damit war die Dampfspannung bestimmt: bei gleicher Anfangstemperatur und gleicher Luftleere erhöht sich der Wassergehalt des Dampfes in den unteren Druckstufen mit zunehmender Frischdampfspannung; es empfahl sich daher, nicht über 32,5 at Überdruck an der Turbine hinauszugehen, entsprechend etwa 35 at am Kessel; die genehmigte Spannung beträgt 37 at.

Bei diesen Dampfverhältnissen wird der thermische Wirkungsgrad der Energieerzeugung durch Vorwärmung um etwa 8 bis 9 vH verbessert. Das ergibt bei 40 vH mittlerem Lastgrad eine jährliche Kohlenersparnis von mindestens 200 000 *M* für jeden Maschinensatz; damit werden die durch die Vorwärmung bedingten Mehrkosten der Anlage in wenigen Jahren getilgt.

Die Anordnung der Vorwärmanlage ist in neuartiger Weise den besonderen Verhältnissen von Großkraftwerken angepaßt worden; der hier eingeschlagene Weg scheint geeignet, den zukünftigen Kraftwerkbau maßgebend zu beeinflussen: die Maschinensätze der Großkraftwerke stellen Werte von vielen Millionen Mark dar. Einfachheit und Betriebsicherheit sind daher allen anderen Forderungen voranzustellen. Anzapfstellen zur Entnahme von Vorwärmdampf und die dazu nötigen Regeleinrichtungen bedeuten Glieder, die, so einwandfrei sie auch durchgebildet sein mögen, Störungen ausgesetzt sind und dabei u. U. die Abschaltung des ganzen Maschinensatzes notwendig machen können.

Im Großkraftwerk Klingenberg sind daher die Haupturbinen unter Vermeidung von Anzapfstellen als einfache Kondensationsmaschinen ausgeführt. Die Vorwärmung erfolgt durch besondere Anzapf-Gegendruckturbinen, die gleichzeitig zur Versorgung des Eigenverbrauches dienen und das Aufstellen besonderer Hilfsturbinen ersparen. Man erreichte damit den weiteren Vorteil, daß die verwickelte Vorwärmanlage und das Gewirr ihrer Rohrleitungen, die bei Anzapfung der Hauptmaschinen im Kondensationskeller hätten untergebracht werden müssen, mit den viel kleineren Vorwärmturbinen in einem besonderen Raum übersichtlich angeordnet werden konnten. Mit Rücksicht auf den doppelten Zweck der Vorwärmturbinen ist jede von ihnen mit einem eigenen Hilfskondensator ausgerüstet, der selbsttätig zugeschaltet wird, wenn die Hauptmaschine und damit das Kondensat ausfällt. Die Vorwärmturbine läuft in diesem Fall unabhängig von der Hauptmaschine als einfache Kondensationsmaschine; dabei genügt ihre Leistung, um den Eigenverbrauch zu decken.

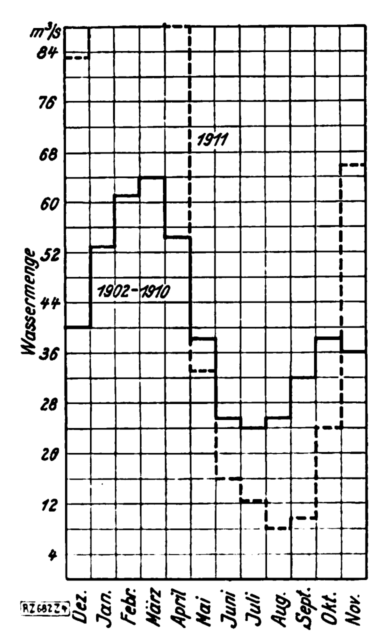


Abb. 4
Wassermengen der Spree bei Rummelsburg. Monatsmittel 1902/10 und 1911

Umgekehrt wird bei Ausfall einer Vorwärmturbine die Vorwärmung selbsttätig durch gedrosselten Frischdampf übernommen, dessen Zusatzmenge sich nach dem Druck im Vorwärmer regelt.

Bei normalem Vorwärmbetrieb fließt die Überschußenergie der Vorwärmturbinen über besondere Transformatoren den Sammelschienen des 30 kV-Schalthauses zu, s. Abb. 1, S. 1891. Damit wird eine zusätzliche Sicherung für die Eigenversorgung erzielt.

Es ist wirtschaftlich bedeutungslos, mehr als zwei Stufen zur Vorwärmung zu verwenden. Außerdem erschwert jede zusätzliche Stufe die Regelung. Die Vorwärmturbinen sind daher als Gegendruckturbinen mit einer einzigen Anzapfstelle ausgebildet.

Jede Hauptmaschine ist mit ihrer Vorwärmmaschine und ihrer Vorwärmanlage so entworfen, daß jede der drei Maschinengruppen, eine Hauptmaschine, eine Vorwärmmaschine und das zugehörige Feld der Vorwärmanlage umfaßt und eine Gesamtleistung von 90 000 kW ergibt.

Bei der schon recht häufigen Verwendung von K o h l e n s t a u b f e u e r u n g in Kraftwerken bietet die Erörterung des Für und Wider an sich kein besonderes Interesse mehr. Die Tatsache jedoch, daß in dem größten Werk des Festlandes (270/540 000 kW Leistung) die gesamte Dampferzeugung ausschließlich auf Kohlenstaubfeuerung beruht, bedeutet ein Merkmal, das einer Erklärung bedarf.

Die Überlegenheit der Staubfeuerung in bezug auf Wärmewirkungsgrad wird teilweise bestritten. Die Berechtigung hierzu mag in dem einen oder anderen Fall gegeben sein, wenn lediglich die aus Versuchen berechneten Vollast-Wirkungsgrade zum Vergleich herangezogen werden; den Ausschlag geben aber die im praktischen Dauerbetrieb erzielten Ergebnisse.

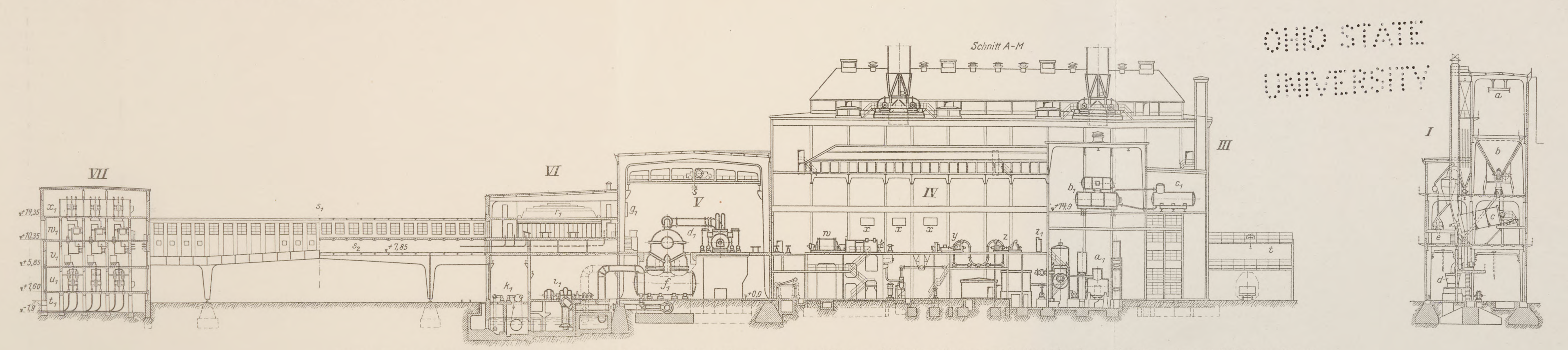
Durch die leichte Anpassung an den schwankenden Lastverlauf entfällt ein erheblicher Teil des durch Leerlauf bedingten Verbrauchs. Die Staubfeuerung ist leichter regelbar und weniger empfindlich gegen Änderungen in der Beschaffenheit der Kohle; sie arbeitet daher stetiger und mit gleichmäßig hohem Wirkungsgrad. Die derart im praktischen Betrieb mit Staubfeuerung erzielte Kohlenersparnis ist je nach dem Lastgrad auf mindestens 5 bis 8 vH zu veranschlagen.

Im Gegensatz zur Kettenrostfeuerung gestattet bekanntlich die Staubfeuerung, die verschiedensten Kohlenarten bis zu der minderwertigsten Sorte zu verwenden. Bei dem großen Kohlenverbrauch im Großkraftwerk Klingenberg, der in wenigen Jahren voraussichtlich mehrere Tausend Tonnen täglich betragen wird, war dieser Gesichtspunkt von ausschlaggebender Bedeutung. Neben der Ersparnis durch Verfeuern minderwertiger Kohle vergrößerte man damit den Markt für die Deckung des Bedarfs, die Möglichkeiten zur Ausnutzung der Preisschwankungen und die allgemeine Sicherheit der Kohlenversorgung.

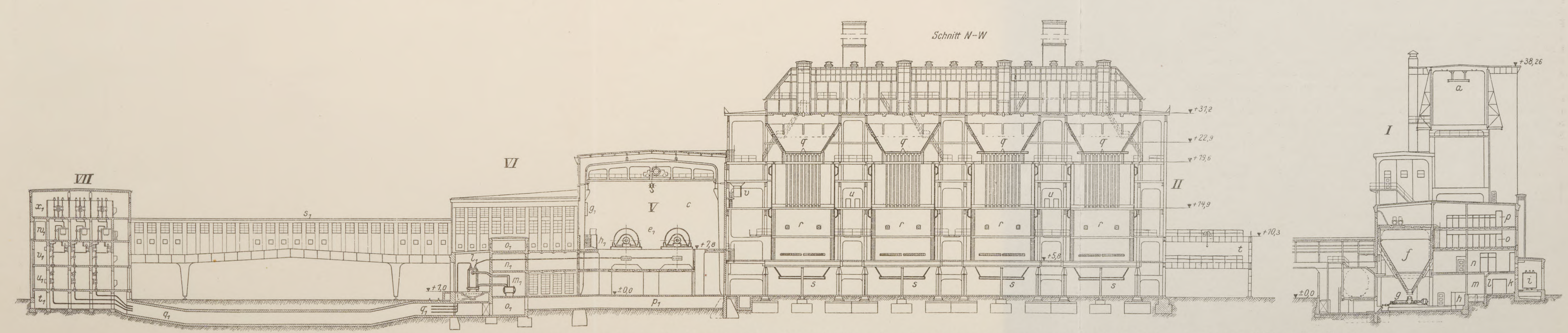
Ein weiterer Vorteil der Staubfeuerung besteht in der Verwendbarkeit von Schwelkoks; das Werk ist von vornherein so angelegt, daß es hinreichend Platz bietet, um gegebenenfalls eigene Schwelanlagen zu errichten und den Schwelkoks selbst herzustellen. Überdies lassen sich die für Staubfeuerung entworfenen Kessel auch mit Öl oder Gas befeuern, falls die im Fluß begriffene Entwicklung der Kohlenveredelung diese Möglichkeit eröffnen sollte.

Die durch die Kohlenmahlanlage bedingte Verteuerung der Kohle wird im wesentlichen ausgeglichen durch die bei Staubfeuerung erzielbare größere Heiz-

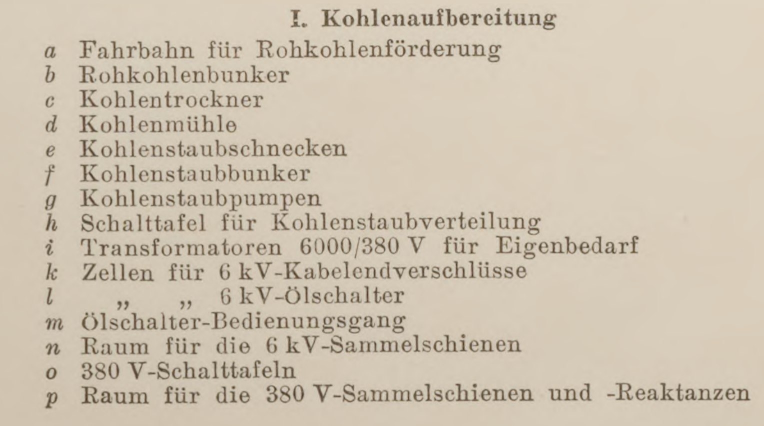




Schnitt durch 30 kV-Schalthaus (Kabelfeld), Verbindungsbrücke, Maschinenhausvorbau (Warte und Kondensationspumpen), Maschinenhaus, Vorwärmanlage und Kohlenaufbereitung

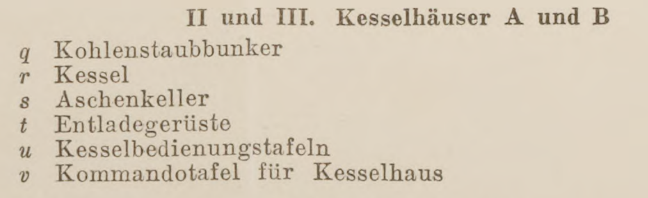


Schnitt durch 30 kV-Schalthaus (Stromerzeugerfeld), Verbindungsbrücke, Maschinenhausvorbau (44 000 kVA-Transformatoren), Maschinenhaus, Kesselhaus A, Verbindungsbrücke und Kohlenaufbereitung



I. Kohlenaufbereitung

a Fahrbahn für Rohkohlenförderung
b Rohkohlenbunker
c Kohlentrockner
d Kohlenmühle
e Kohlenstaubschnecken
f Kohlenstaubbunker
g Kohlenstaubpumpen
h Schalttafel für Kohlenstaubverteilung
i Transformatoren 6000/380 V für Eigenbedarf
k Zellen für 6 kV-Kabelendverschlüsse
l „ „ 6 kV-Ölschalter
m Ölschalter-Bedienungsgang
n Raum für die 6 kV-Sammelschienen
o 380 V-Schalttafeln
p Raum für die 380 V-Sammelschienen und -Reaktanzen



II und III. Kesselhäuser A und B

q Kohlenstaubbunker
r Kessel
s Aschenkeller
t Entladegerüste
u Kesselbedienungstafeln
v Kommandotafel für Kesselhaus

IV. Vorwärmanlage

w Vorwärmturbinen
x Kommandotafeln für *w*
y Kesselspeisepumpen mit Dampfantrieb
z Kesselspeisepumpen mit elektrischem Antrieb
z_1 Schalt- und Überwachungstafeln

a_1 Speisewasseraufbereitung
b_1 Anzapfdampf-Vorwärmer
c_1 Speisewasserbehälter

V. Maschinenhaus

d_1 Hauptturbinen 80 000 kW
e_1 Hauptstromerzeuger je 44 000 kVA
f_1 Kondensatoren
g_1 Kommandotafel für Hauptturbine
h_1 Schalttafel für Hauptturbine

VI. Maschinenhausvorbau

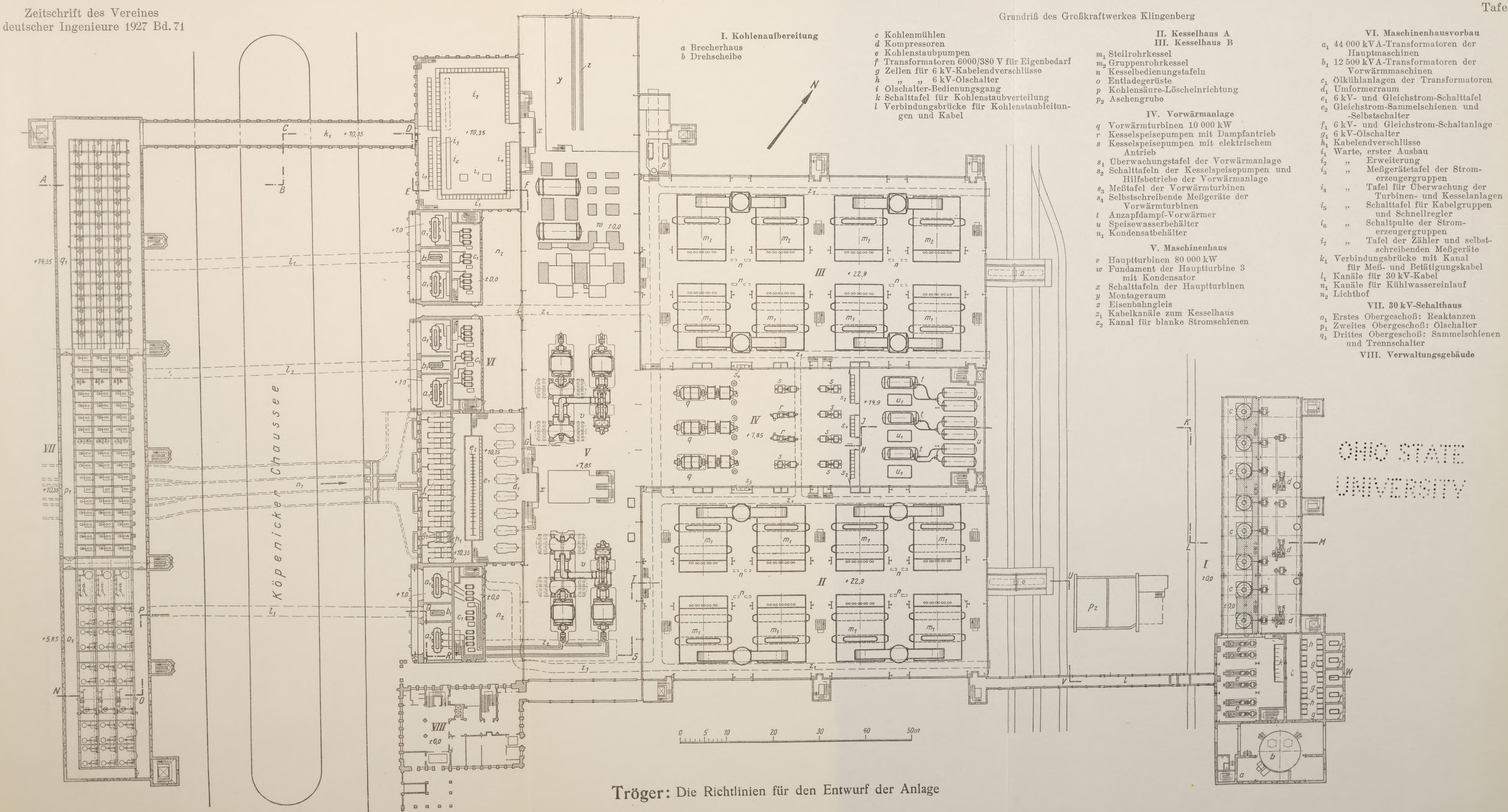
i_1 Kondensationspumpen
k_1 Kühlwasserreinigung

l_1 Haupttransformatoren 44 000 kVA
m_1 Kühlanlage für Transformatorenöl
n_1 Raum für blanke Stromschienen
o_1 Kabelräume
p_1 Kabelkanal zum Kesselhaus
q_1 Kabelkanal für 30 kV-Kabel
r_1 Warte
s_1 Verbindungsbrücke zum 30 kV-Schalthaus
s_2 Kanal für Meß- und Betätigungskabel in s_1

VII. 30 kV-Schalthaus

t_1 Kellergeschoß: Kabelendverschlüsse
u_1 Erdgeschoß: Kabel-Trennschalter
v_1 1. Obergeschoß: Reaktanzen
w_1 2. Obergeschoß: Ölschalter
x_1 3. Obergeschoß: Sammelschienen und Trennschalter

Tröger: Die Richtlinien für den Entwurf der Anlage



Tröger: Die Richtlinien für den Entwurf der Anlage

flächenleistung des einzelnen Kessels. Außerdem läßt sich die erforderliche Wärme einfacher und bequemer zuführen.

Die Staubfeuerung versprach daher der Rostfeuerung gegenüber so viele Vorteile, daß ihre ausschließliche Verwendung selbst auf die Gefahr eines Wagnisses hin gerechtfertigt war.

Im Großkraftwerk Klingenberg wird erstmalig Dampf zum Trocknen von Steinkohle verwandt. Die Vorteile der Dampftrocknung vom betriebstechnischen Standpunkt sind offenbar. Abgesehen von der Einfachheit und Bequemlichkeit der Handhabung und dem geringen Platzbedarf arbeitet sie mit günstigem Wärmeverbrauch, da Abdampf verwandt und etwa die Hälfte der bei einem normalen Kraftmaschinenprozeß aus dem Dampf gewinnbaren Energie in den Vorwärmturbinen nutzbar gemacht wird, bevor der Dampf in die Trockner gelangt.

Die Trockner konnten ohne Schwierigkeit für einen Durchsatz von 25 t/h an Steinkohle bemessen werden; ein Trockner reicht daher bei 20stündigem Betrieb für rd. 800 000 kWh täglich aus.

Anordnung des Werkes

Die Bezeichnung „Großkraftwerk" hat nur dann einen Sinn, wenn Vergrößerung der Gesamtleistung und Vervollkommnung der Anlage einander bedingen und durch ihre Wechselbeziehung die Kosten der Stromerzeugung angemessen verringert werden. Die unter diesem Gesichtspunkt für Großkraftwerke entwickelten Einrichtungen haben allmählich zu Abmessungen geführt, die nicht nur das einwandfreie Zusammenarbeiten der verschiedenen Teile der Anlage miteinander, sondern sogar die Möglichkeit des Einzelbetriebs in Frage stellen, wenn die unmittelbare Bedienung beibehalten wird; die Maschinenhalle ist, obwohl nur mit drei Gruppen besetzt, 140 m lang; die Kesselhöhe beträgt rd. 30 m; ähnlich verhält es sich mit den übrigen Teilen der Anlage.

Der Bau eines Großkraftwerkes drängt auf der ganzen Linie zu Automatisierung, Fernüberwachung und Fernantrieb sämtlicher Bedienungs- und Anzeigevorrichtungen und damit zur Verallgemeinerung des Verfahrens, das man für elektrische Schaltanlagen seit Jahren anwendet. Die Abneigung des Maschineningenieurs hiergegen, so berechtigt sie im Einzelfall sein mag, muß überwunden werden. Erschwerend wirkt der Umstand, daß die Aufgabe in der Hauptsache nur mit elektrischen Mitteln lösbar ist und somit in ein dem Maschinenbau weniger vertrautes Gebiet übergreift. Zweifellos wäre das Großkraftwerk Klingenberg weniger gelungen, wenn dieser Gesichtspunkt nicht von vornherein und bewußt beim Entwurf Geltung gefunden hätte.

Die Erfahrungen im Schaltwerkbau haben gelehrt, daß der Fernantrieb die allgemeine Anordnung des Werkes wesentlich verändert; die Rücksicht auf die unmittelbare Übersichtlichkeit der Gesamtanlage verliert an Bedeutung; statt dessen werden schärfere Abgrenzung und planvollere Gruppierung der Teilbetriebe nach den besonderen Aufgaben, die sie zu erfüllen haben, wichtig.

Von der Unterbringung von Teilen der Anlage in geschlossenen Räumen und besonderen Gebäuden kann man unbedenklich Gebrauch machen, falls dadurch die Übersichtlichkeit der betreffenden Teilbetriebe, die als oberstes Gesetz gilt, erhöht wird. Die Bedienung erfolgt mittels Fernsteuerung von zentral aufgestellten Tafeln. Das Bestreben geht dahin, die Steuerung mehrerer Teilbetriebe auf einer gemeinsamen Tafel zusammenzufassen oder wenigstens die Möglichkeit hierzu vorzusehen, falls man lieber schrittweise vorgehen will.

Für die Gesamtüberwachung der Teilbetriebe und für die Geschlossenheit des Handelns, insbesondere in Störungsfällen. ist die Warte verantwortlich, wo die Haupttafel mit den zur Beurteilung der Betriebslage nötigen Anzeige- und Schreibgeräte des ganzen Kraftwerkes aufgestellt wird. Die Warte, die bisher nur die elektrische Schaltung bediente, erhält die Leitung des gesamten Werkes und damit eine wesentlich erhöhte Bedeutung.

Das Großkraftwerk nähert sich mit dieser Entwicklung einer geschlossenen Maschine, deren Glieder zwangläufig ineinandergreifen und die nur von einer Stelle aus angelassen und bedient zu werden braucht, um ihren Zweck der Stromerzeugung zu erfüllen.

Nimmt man Abb. 1 und Tafel 7 und 8 zur Hand, so scheint auf den ersten Blick die Wasserfront ungenügend ausgenutzt. Das unmittelbar am Wasser gelegene und an sich ausreichende Grundstück südwestlich der Straße Rummelsburg-Köpenick hätte zweifellos die Anlagen für die Kühlwasserentnahme und die wasserseitige Anfuhr der Kohle verbilligt. Entscheidend für die Wahl des vom Wasser abgelegenen Grundstückes waren die größere Entwicklungsfreiheit und die Rücksichten auf das Landschaftsbild. Am andern Ufer der Spree liegen die alten Treptower Parkanlagen und bekannte Sommerwirtschaften, die als Erholungsstätten für den angrenzenden Teil Berlins wertvoll sind. (Vergl. das Bild S. 1833.)

Für die Kohlenanfuhr dient ein mit 1000 t-Kähnen befahrbarer Stichkanal, dessen Breite (40 m) das Anlegen der Schiffe an beiden Ufern gestattet und damit gleichzeitig den angrenzenden städtischen Gaswerken die Wasseranfuhr für ihre Kohlen ermöglicht.

Der längsseits des Kanals angeordnete Kohlenlagerplatz von $250 \times 120 = 30\,000\ m^2$ Flächeninhalt faßt bei 8 m Schütthöhe (im Winter) rd. 220 000 t Kohlen. Die Kohlenförderanlage besteht aus zwei fahrbaren Lagerplatzbrücken (s. das Bild S. 1833) Führerstandkatze und Greifer. Um unabhängig von dem jeweiligen Standort der Brücken jede Fördermöglichkeit (vom Kahn zum Lager und zur Mahlanlage, von der Eisenbahn zum Lager und zur Mahlanlage und vom Lager zur Mahlanlage) zu gewährleisten, schüttet man die Gebrauchskohlen in einen mit der Brücke verbundenen Hilfsbunker und entleert diesen in einen Kübelwagen von rd. 8 t Fassung, der unter die Aufzugvorrichtung der Kohlenmahlanlage gefahren wird.

Die Kohlenaufbereitung ist als Zentralanlage ausgeführt und in einem besonderen Gebäude untergebracht. Die Anlage umfaßt vier Felder mit einer gesamten Mahlleistung von rd. 100 t/h; jedes Feld besteht aus zwei Pendelmühlen von je 12 t/h Leistung, einem Kohlentrockner, einem Kohlenabscheider und den erforderlichen Hilfseinrichtungen. Der Staub wird in die am südöstlichen Gebäudeende gelegenen Hauptbunker befördert und von hier nach Bedarf in die Kesselbunker gepumpt.

Auch für die 30 kV-Schaltanlage ist ein besonderes Gebäude vorgesehen. Dieses liegt auf der andern Seite der Köpenicker Chaussee parallel zum Maschinenhaus und ergibt damit die günstigste Anordnung für die Verteilung der Felder und die Verbindungsleitungen zu den Maschinensätzen. Die Schaltanlage ist in vier Stockwerken angelegt und entsprechend der Zahl der Hauptmaschinen in drei Gruppen unterteilt, von denen jede Gruppe mit dem zugehörigen Maschinensatz für sich betrieben werden kann. In der Regel sind alle drei Gruppen zusammengeschaltet; durch Einbau von Sammelschienenreaktanzen ist dafür gesorgt, daß auch bei vollem Ausbau des Kraftwerkes die von einem Ölschalter zu bewältigende Kurzschlußleistung nicht über 600 000 kW steigt. Der erste Ausbau der Schaltanlage umfaßt 46 Felder, davon 12 (3 Doppel- und 6 Einfachfelder) für die Maschinen und zwei für die Sammelschienen. Eine Erweiterung um 13 Felder von genau gleicher Anordnung befindet sich im Bau.

Die Verbindung mit der Warte wird durch eine zweistöckige Brücke hergestellt; ihr unteres Geschoß enthält die zahlreichen Fernmelde- und Betätigungskabel. Die Starkstromkabel sind in begehbaren, die Straße unterquerenden Kanälen verlegt, und zwar so, daß zu jeder Maschinengruppe ein besonderer Kabelkanal gehört. Für die Verteilung der vielen ankommenden und abgehenden Hochspannungskabel, deren Zahl sich noch dadurch erhöhte, daß infolge der Phasentrennung der Schaltanlage innerhalb der Gebäude nur Einphasenkabel in Frage kommen, dient ein besonderes Kellergeschoß im 30 kV-Schalthaus.

Das eigentliche Kraftwerk, die Maschinen- und Kesselanlage ist in einem zusammenhängenden Häuserblock untergebracht und folgendermaßen gegliedert:

Maschinenhaus mit Maschinenhausvorbau parallel zur Köpenicker Chaussee,

Kesselanlage in zwei voneinander getrennten Kesselhäusern, deren Achsen senkrecht zum Maschinenhaus verlaufen,

Vorwärmhalle in dem von den Kesselhäusern gebildeten Zwischenraum ohne Trennwand zum Maschinenhaus.

Bei der Zweiteilung der Hauptmaschinen ergab das Maschinenhaus die günstigsten Raumabmessungen, indem man die Turbinenhälften parallel nebeneinander und in der Längsrichtung der Maschinenhalle aufstellte. Die lichte Breite der Halle von 25 m weicht nur unwesentlich ab von dem für wesentlich kleinere Sätze üblichen Maß. Die Maschinenlänge beträgt rd. 23 m, die für jeden Satz aufgewandte mittlere Maschinenhauslänge einschließlich der Bedienungsgänge, Montageöffnungen und Stromschienenausführung rd. 43 m.

Die Länge der Maschinenhalle (ausschließlich Aufstellraum) entspricht genau der Gesamtbreite der beiden Kesselhäuser und der Vorwärmhalle, so daß beide Gebäude miteinander abschneiden. Das trifft auch für den vollen Ausbau zu. Um eine bequeme Führung der Frischdampfleitungen und Stromschienen zu erzielen und die Bedienung zu vereinfachen, hat man die Maschinen so angeordnet, daß jeweils die Turbinen und Stromerzeuger von zwei Maschinensätzen zusammenliegen.

Kondensatorkeller, Pump- und Siebrechenanlage, Rohrkeller der Vorwärmhalle und Aschenkeller haben die gleiche Fußbodenhöhe; sie schneidet mit dem Gelände ab. Für die Unterbringung der blanken Stromschienen, der Stromwandler und Regler ist unmittelbar unterhalb des Maschinenhaus-Fußbodens ein geschlossener, begehbarer Raum abgeteilt, der nur etwa bis zur Hälfte in den 7,7 m hohen Kondensatorkeller hinabreicht und daher dessen freie Bodenfläche in keiner Weise einschränkt. Das schwerste Krangewicht (Magnetrad) beträgt etwa 60 t. Es sind zwei Krane von je 40 t Hubkraft vorhanden, die in der Regel getrennt arbeiten und bei Bedarf mechanisch und elektrisch gekuppelt werden können.

Der stirnseitig um drei Binderfelder verlängerte Teil der Maschinenhalle mit Zufuhrgleis dient zur Anfuhr und Aufstellung der Maschinen. Bei Erweiterung der Anlage wird die für diesen Zweck besonders leicht ausgebildete Stirnwand nach Bedarf versetzt und das Gleis gekürzt, so daß der Betrieb keine Störung erfährt.

Der obere Teil der nach der Straße zu (Südwestrichtung) gelegenen Längswand des Maschinenhauses ist auf der ganzen Länge mit Fenstern ausgestattet, deren Unterkante über dem Dach der Vorbauten abschneidet. Infolgedessen wird eine reichliche und gut verteilte Tagesbeleuchtung der Maschinenhalle erzielt.

Die Unterbringung der Kesselanlage in zwei getrennten, senkrecht zum Maschinenhaus stehenden Gebäuden erhöht die Übersicht und Betriebsicherheit. Die Zuführung von Licht und Luft wird erleichtert. Abgesehen von der freien Stirnwand behält jedes Kesselhaus selbst nach der Erweiterung eine ganze Längswand als Außenfläche. Das Dach der Vorwärmanlage reicht etwa bis zu ¾ der Kesselhaushöhe, so daß auch ein guter Teil der zweiten Längswand zur Beleuchtung und Belüftung ausgenutzt wird. Die Einzelbauweise erleichtert die Anpassung bei Erweiterungen, was insbesondere dann vorteilhaft ist, wenn infolge technischer Fortschritte im Kesselbau Änderungen der Gesamtanordnung erforderlich werden.

Die Kessel sind in zwei Reihen zu je vieren aufgestellt, der Bedienungsgang liegt in der Mitte. Kesselgerüst und Gebäude bilden eine zusammenhängende Konstruktion. Infolge Verzicht auf gemauerte Kesselunterstützung ergibt der Aschenkeller beispiellos günstige Verhältnisse für Licht, Luft und Bewegungsfreiheit.

Zu jedem Kessel gehört ein Kohlenstaubbunker von 65 t Inhalt, der dem achtstündigen Bedarf entspricht; das Füllen wird von der Haupttafel im Staubpumpenraum der Kohlenmahlanlage geregelt, wo Fernmeldeeinrichtungen den jeweiligen Stand des Bunkerinhaltes anzeigen.

Je vier Kessel bilden eine Betriebsgruppe; jeder Kessel hat eine eigene Betätigungstafel, Abb. 20, Textbl. 38, von der aus sämtliche Motoren und Züge bedient werden. Neben der elektrischen Fernsteuerung ist für den Notfall unmittelbare Handregelung eingerichtet. Die zugehörigen Tafeln sind im Mittelgang der Hauptbedienungsbühne aufgestellt, so daß ein Wärter vier Kessel bedienen kann. Ein von der Hauptwarte gesteuertes Anzeigegerät gibt die Leistung an, mit der die einzelnen Kessel jeweils zu betreiben sind.

Der dem Maschinenhaus auf seiner ganzen Länge vorgelagerte Anbau, der sogenannte Vorbau, umfaßt eine Anzahl kleinerer aber für den Kraftwerkbetrieb wichtiger Teilanlagen, die bei der bisherigen Bauweise vielfach regellos zwischen den größeren Teilen verstreut wurden, wo gerade ein Platz frei war.

Die wichtigern davon sind:

a) Kühlwasser-Reinigungsanlage,
b) Kühlwasser-Pumpenanlage,
c) Transformatoren mit Ölrückkühlanlage,
d) 6 kV-Schaltanlage,
e) Gleichstrom-Schaltanlage,
f) Gleichstrom-Umformerraum mit Hauptverteiltafel für den Eigenbedarf,
g) Notbeleuchtungs- und Betätigungsbatterie,
h) Kabelgeschoß zur Entwicklung der ins Kraftwerk führenden Eigenbedarfs- und Fernmeldekabel,
i) Warte.

Der Lage und Wirkungsweise nach ist der Vorbau mit seinen Einrichtungen dem Kopf und Rückgrat des menschlichen Körpers zu vergleichen. Alle aufgeführten Teile sind in getrennten, zumeist abgeschlossenen Räumen untergebracht, die nach Möglichkeit so angeordnet sind, daß die natürliche Betriebsfolge eingehalten und damit gleichzeitig der kürzeste Weg für Beaufsichtigung und Leitungen erzielt wird.

Das Erdgeschoß, dessen Fußboden- und Deckenhöhen mit denen des Kondensatorkellers übereinstimmen, enthält die Einrichtungen a) bis c); entsprechend der Aufstellung der Hauptmaschinen sind die Räume hierfür parallel zur Maschinenhausachse in folgender Reihenfolge angeordnet: Transformatorgruppe I gegenüber Stromerzeuger I, Kühlwasser-, Sieb-, Reinigungs- und Pumpenraum I und II gegenüber Turbine I und II; Transformatorengruppe II und III gegenüber Stromerzeuger II und III usf. Jede Transformatorengruppe umfaßt entsprechend der zugehörigen Maschinengruppe zwei 44 000 kVA-Transformatoren und einen 12 500 kVA-Transformator.

Diese Gliederung ist an Einfachheit und Zweckmäßigkeit kaum zu übertreffen. Gleichzeitig ergab sich dabei der Vorteil, daß die Rückkühlanlagen der Transformatoren und Stromerzeuger an die Kondensatorkühlung angeschlossen werden konnten und man infolgedessen hierfür keine besonderen Pumpen aufzustellen brauchte.

Alle sonstigen Einrichtungen der Vorbauten — es handelt sich hierbei nur um elektrische Anlagen — sind in den oberen Geschossen untergebracht. Das erste niedrige Geschoß (rd. 2,50 m Höhe und 1750 m² Grundfläche) dient als Kabelboden für die darüber liegenden Schalt-, Umformer- und Betätigungsräume.

Die Warte liegt am Nordende des Vorbaues und daher nach Vollendung des zweiten Ausbaues zentral zur Maschinenhalle; sie ist gegen das Maschinenhaus vollkommen abgeschlossen, jedoch von diesem aus über eine bequeme, ins Maschinenhaus vorspringende Treppe leicht erreichbar.

Die Schaltanlagen für Gleichstrom und 6 kV sind in zwei Geschossen untergebracht; die Ölschalter und Sammelschienen liegen nach der Straße zu.

Die acht Umformer zur Erzeugung von Gleichstrom mit einer Gesamtleistung von 4300 kW sind in dem an die Maschinenhalle angrenzenden Teil des Vorbaues untergebracht. Der Umformerraum ist gegen die Maschinenhalle offen.

An der Rückwand, parallel zur Maschinenhausachse, steht die Verteiltafel für den Eigenbedarf des Kraftwerkes. Da die Umformer selbst einen Teil der Eigen-



verbrauchsanlage bilden, so umfaßt die Tafel die Wechselstrom- und die Gleichstromverteilung.

Die Bedienung der Vorbaueinrichtungen beschränkt sich auf Warte- und Verteiltafel im Umformerraum. Die Sieb- und Pumpenanlage werden mit den Anlagen des Kondensatorkellers zusammen bedient; sie haben auch gemeinsame Verteil- und Schalttafeln, die in den Pumpenräumen aufgestellt sind.

Durch Überdachung des 63 m langen und 25 m breiten Raumes zwischen den beiden Kesselhäusern wurde eine nach dem Hauptmaschinenraum offene und dazu senkrecht gelegene geräumige Halle geschaffen; darin sind sämtliche Teile der Anlage vereinigt, die unmittelbar oder mittelbar zur Vorwärmung und Aufbereitung des Kesselspeisewassers gehören.

Der Raum ist parallel zur Längsachse wiederum in Gruppen entsprechend den Hauptmaschinen, also dreifach unterteilt; jede Gruppe umfaßt eine Vorwärmturbine, zwei elektrisch angetriebene Speisepumpen und eine Vorwärmanlage mit Wasseraufbereitung. Die Aufbereitanlage wird von einer Tafel bedient mit Fernanzeigern für Temperaturen, Spannungen, Wasserstände, Leistung usw. der verschiedenen Teile der Vorwärmanlage. Sie bildet mit den beiden Verteiltafeln für die Motoren eine quer zur Halle gelegene Trennwand, die zwanglos die Vorwärmanlage in den Maschinenraum (Turbinen und Speisepumpen) und die eigentliche Vorwärmung aufteilt.

Der geräumige Keller der Vorwärmmaschinenhalle enthält außer der Kühlanlage, den Reglern, Endverschlüssen usw. für die 12 500 kVA-Stromerzeuger, besondere Kammern, in denen die 6 kV-Anlaßschalter und Anlaßtransformatoren für die darüber liegenden Antriebmotoren der Speisepumpen aufgestellt sind. Darüber hinaus ist hinreichend Platz vorhanden, um die zahlreichen Rohrverbindungen in übersichtlicher Weise unterzubringen.

Das am Südende der Vorbauten unmittelbar an der Straße gelegene zehnstöckige Hochhaus enthält die Geschäftsräume für die Kraftwerke-Oberleitung der BEWAG, die Wohlfahrtseinrichtungen für die Arbeiter, einen Vortragsaal, Fernsprechvermittlung usw. Im obersten, 36 m hoch liegenden Geschoß sind drei Behälter von je 75 m³ Inhalt für das Gebrauchswasser des Kraftwerks aufgestellt.

Für Werkstatt und Lager ist am Nordende des Grundstücks ein besonderes Gebäude von 1826 m² Grundfläche errichtet. Außerdem ist ein Lagerplatz von rd. 600 m² im Freien mit Gleisanschluß vorhanden. Ein Nebenraum des Lagergebäudes enthält die Ölaufbereitanlage, in der das gesamte Öl für das Kraftwerk gereinigt und getrocknet wird; sie ist mit den Turbinen, Transformatoren und Ölschalteranlagen durch mehrere Rohrleitungen für Rein- und Schmutzöl verbunden, so daß jede Behandlung des Öles unmittelbar an der Gebrauchstelle fortfällt.

Bemerkenswert sind die Schutzmaßnahmen gegen Feuer- und Rauchgefahr, die im Einvernehmen mit den Sachverständigen der städtischen Feuerwehr ausgeführt und erprobt wurden. Die Stromerzeuger und Transformatoren sind an eine gemeinsame Kohlensäure-Löscheinrichtung angeschlossen, die zwei Behälter von je 500 l mit flüssiger Kohlensäure enthält. Das Ablaßventil wird von dem Differentialschutz der Stromerzeuger betätigt.

Für alle übrigen Räume, in denen Öl zu Schaltzwecken verwandt wird, sind fahrbare Löscheinrichtungen mit großen Kohlensäurebehältern vorhanden, die, wie durch Versuche festgestellt wurde, selbst größere Kammerbrände in kurzer Zeit löschen können.

Besondere Sorgfalt ist auf die örtliche Beschränkung von Bränden und der damit verbundenen Rauchentwicklung verwandt worden. In der 30 kV-Schaltanlage haben die Ölschalterkammern jedes einzelnen Feldes zwei eiserne Türen, von denen immer eine frei in einen gut gelüfteten Gang aufschlagen kann. Dieser Gang ist durch feuerfeste Zwischenwände so abgeteilt, daß im äußersten Fall nur ein Viertel der Gesamtlänge von der Verqualmung betroffen wird.

In ähnlicher Weise sind alle Kabel- und Rohrkanäle sowie die Kabelgeschosse, durch die der Rauch unter Umständen in die entferntesten Räume fortgeleitet werden könnte, durch feuerfeste Schotten mit leicht beweglichen Türen in rauchsichere Abschnitte aufgeteilt.

Zum Schutz der Mannschaft gegen Rohrbruch an den Speise- und Frischdampf-Leitungen dienen an den verschiedenen Ausgängen der Kesselhäuser angebrachte Tafeln mit Druckknöpfen, durch die der Schnellschluß der mittels Motors oder Fallgewichtes bewegten Hauptschieber ausgelöst wird. Diese Steuerknöpfe sind in Leitungspläne auf den Tafeln eingelassen, so daß auch ein Uneingeweihter leicht erkennt, welche Schieber und Leitungsstränge mittels eines bestimmten Knopfes abgeriegelt werden.

Schlußbetrachtung

Als ein besonderes Merkmal des Großkraftwerks Klingenberg ist die bis in die kleinsten Teile durchgeführte Einheitlichkeit und Planmäßigkeit der Anlage allgemein anerkannt worden; vereinzelt wurde bei Besichtigungen die Frage aufgeworfen, ob diese Überlegenheit gegenüber andern Anlagen nicht durch erhöhten Platzverbrauch erkauft worden sei und sich daher in den Anlagekosten auswirken müsse.

Die im Schlußaufsatz mitgeteilten wirklichen Kosten der einzelnen Teile der Anlage und des vollständigen Werkes sind jedoch, soweit bekannt, nicht höher als bei irgendeiner vergleichbaren Anlage des In- oder Auslandes. Dagegen scheint der Eindruck vom übermäßigen Platzbedarf der Anlage zunächst berechtigt. Abgesehen von der 30 kV-Schaltanlage, bei der möglicherweise an Raum gespart worden wäre, wenn man sich mit der Sicherheit begnügt hätte, die bei der üblichen Nebeneinanderstellung der Ölschalter erreicht wird, ergibt der Vergleich mit einer Reihe bekannter Großkraftwerke jedoch, daß die Abmessungen des Großkraftwerkes Klingenberg geringer sind.

Das dürfte wie folgt zu erklären sein: Zwei Räume von gleicher Größe und mit den gleichen Einbauten scheinen verschieden groß, je nachdem ob man die Einbauten mehr oder weniger sorgfältig verteilt; der sorgfältiger eingerichtete Raum wirkt größer und daher im Platzverbrauch verschwenderischer. Auf das Großkraftwerk Klingenberg übertragen, bedeutet diese Beobachtung eine weitere Bestätigung dafür, daß der Weg der übersichtlichen Gliederung der Anlage nicht ohne Erfolg beschritten worden ist.

Nach dem heutigen Stande der Technik kann man in großen Zügen folgende Richtlinien für den Bau von Kraftwerken ziehen:

Die verstärkte Zusammenfassung der Stromversorgung gestattet, die Maschinen- und die Kesseleinheiten in gleichem Maße zu vergrößern. Das ist jedoch nur dann zu rechtfertigen, wenn außer der höheren Wirtschaftlichkeit des Werkes die Sicherheit in der Bedienung gewahrt bleibt. Infolge der größeren Abmessungen ist diese Bedingung nur bei erhöhtem Gebrauch von Fern- und Hilfsantrieben und unter der Voraussetzung erfüllbar, daß auf planmäßige Anordnung und Konstruktion dieser Teile besondre Sorgfalt verwandt wird. Dies führt zu grundsätzlichen Änderungen in der allgemeinen Anordnung des Kraftwerkes: Die räumliche Übersichtlichkeit der Gesamtanlage verliert an Bedeutung; sie wird ersetzt durch eine strengere Gliederung und planvollere Durchbildung der Teilbetriebe; die unmittelbare Bedienung wird eingeschränkt zugunsten der Automatisierung und Steuerung von Haupttafeln aus.

Die Größe der Maschinensätze beschleunigt die Entwicklung des Kraftwerkes zu einer geschlossenen Maschineneinheit; ihre Vollendung ist aber wie bei der Einzelmaschine nur dann zu erreichen, wenn eine Hauptstelle vorhanden ist, die Aufbau, Wirkungsweise und Zusammenarbeit sämtlicher Teile von den Bauarbeiten bis zu den feinsten Meßgeräten übersieht, und wenn dieser Stelle die erforderlichen Fachabteilungen zur Seite stehen, deren einwandfreie Zusammenarbeit durch Herkommen erprobt ist.

Den Vorsprung, den Deutschland im Kraftwerkbau mit dem Großkraftwerk Klingenberg gewonnen hat, verdankt es zu einem wesentlichen Teil dem Umstand, daß es zum Unterschied von anderen Ländern über derartige Organisationen verfügt. [B 682]



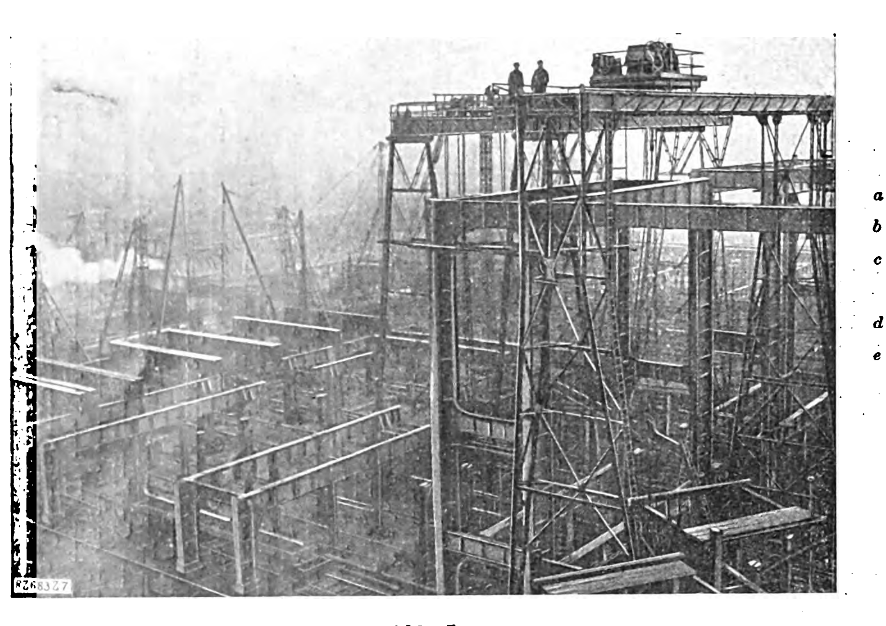


Abb. 7
Aufstellung der Eisenkonstruktionen des Kesselhauses B

Zu Abb. 8

a Mittelsäule im Erdgeschoß
b desgl. im Hauptgeschoß
c Rahmenriegel in der Längsrichtung des Gebäudes
d einhüftiger Rahmenunterzug
e Trägerrost zur Aufnahme des Mauerwerkes der Kesselfeuerung

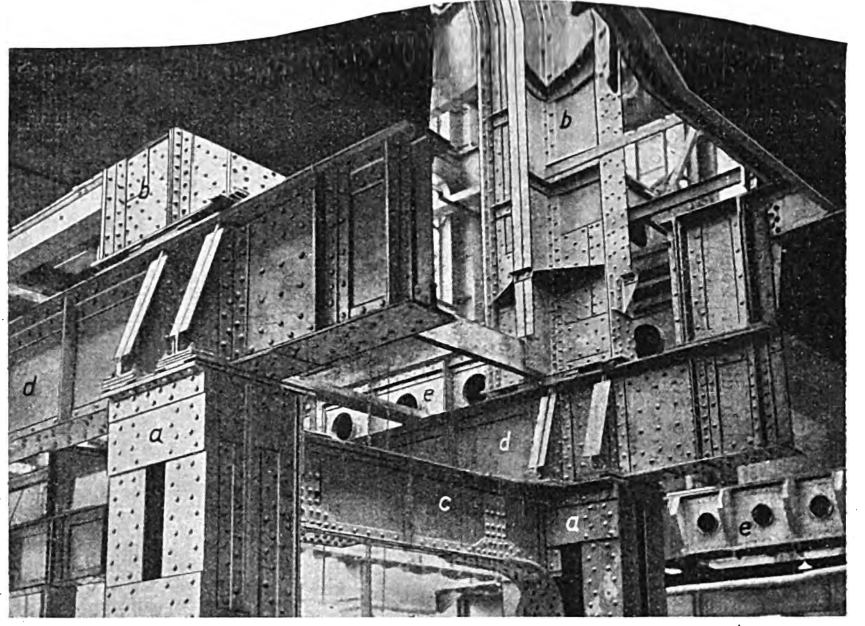


Abb. 8 Einzelheiten der Eisenkonstruktionen des Kesselhauses, Hauptsäulen am Mittelgang

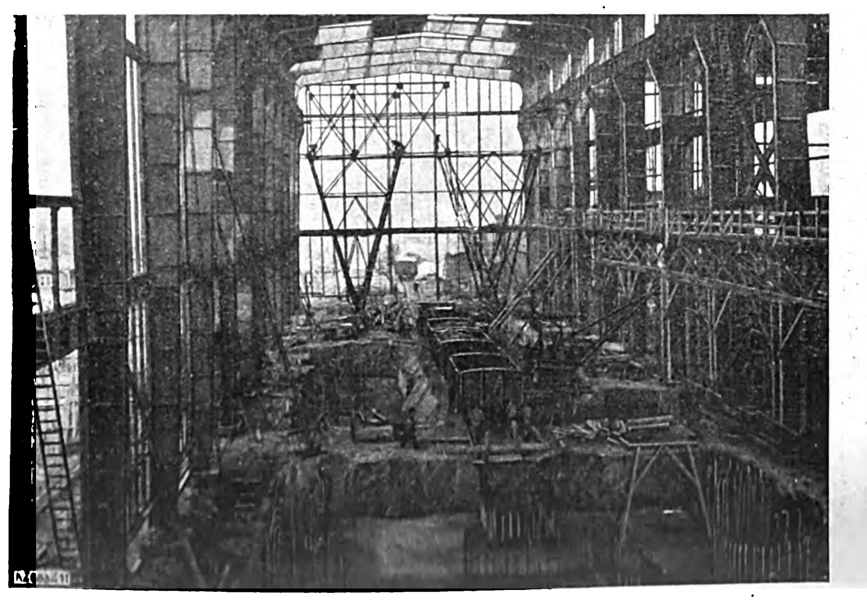


Abb. 11
Eisenkonstruktion des Turbinenhauses

Zu Abb. 11
Im Vordergrunde Fundamentplatte der Turbine 1 mit Anschlußeisen des aufgehenden Fundamentes

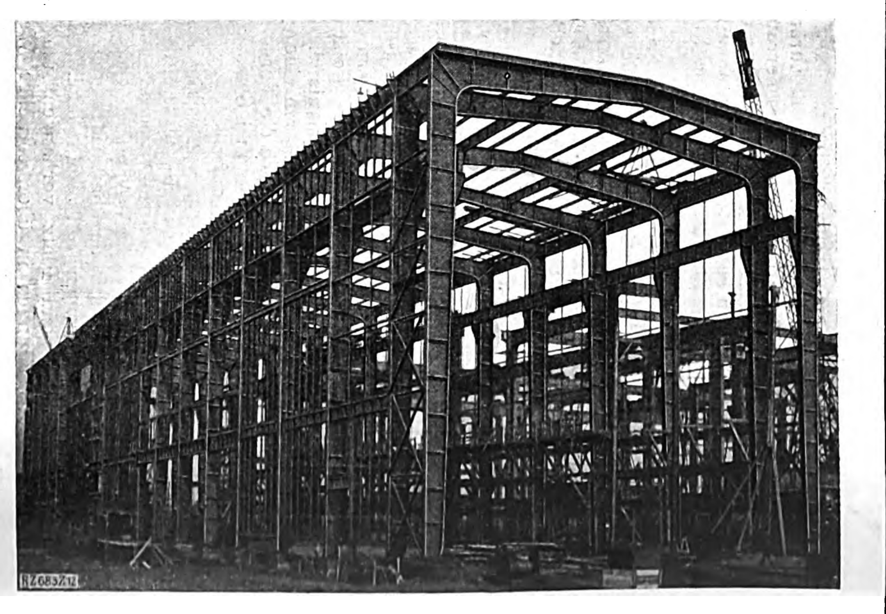




Abb. 12
Eisenkonstruktion des Turbinenhauses

Die Bauanlagen des Großkraftwerkes Klingenberg

Von R. Laube, Berlin

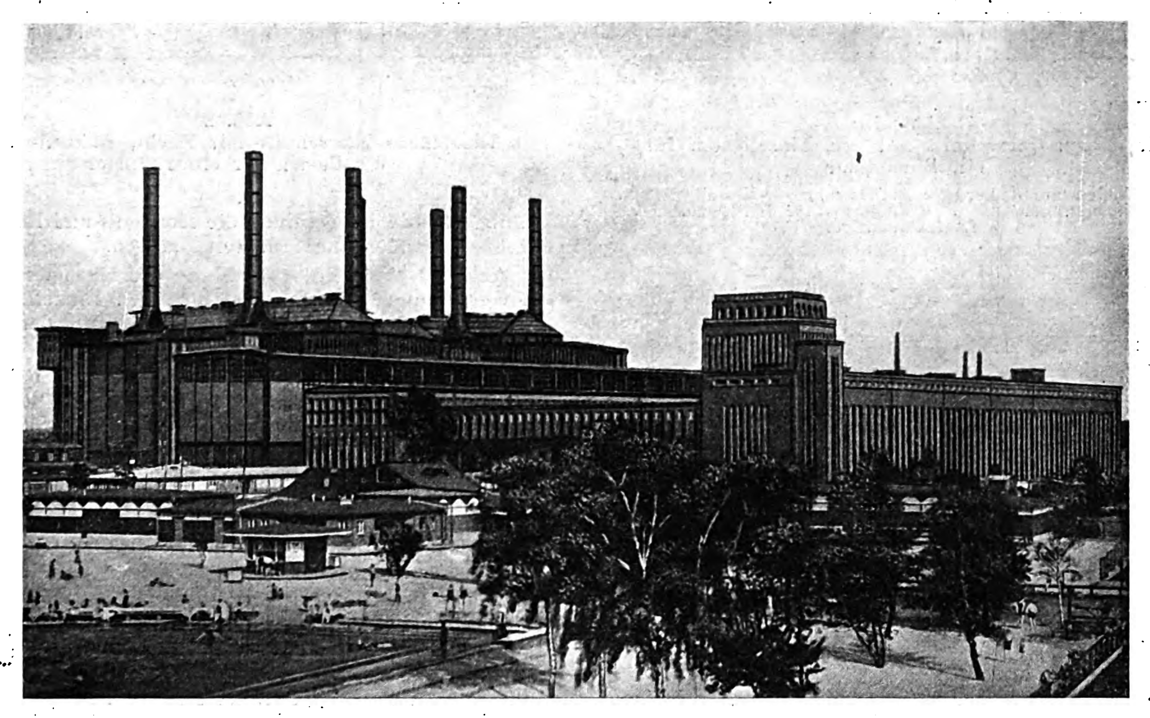
(Hierzu Textblatt 33)

Grundsätze, die der gewählten Bauweise zugrunde liegen, Konstruktions- und Rechnungsgrundlagen. Beschreibung der ausgeführten Bauwerke

Wahl der Bauweise

Mit Rücksicht auf die Größe des Großkraftwerkes Klingenberg, die Neuerungen in maschinen-, wärme- und elektrotechnischer Hinsicht, die Dringlichkeit des Bauwerkes und die Kürze der zur Verfügung stehenden Bauzeit wurden bei der Inangriffnahme der Entwürfe folgende Grundsätze aufgestellt:

1. Eisenbeton soll nur für die Fundamente und Tiefbauten Verwendung finden, allenfalls noch für Teile der Anlage, für deren Ausführung genügend Zeit zur Verfügung steht;



Diese Ansicht des Werkes zeigt von links nach rechts im Sinne des Energiestromes Kohlenmahlanlage, Kessel-, Maschinenhaus nebst Vorbau und Schalthaus

2. alle Hochbautragwerke der Gebäude, die für die Aufstellung der Maschinen, Kessel usw. rechtzeitig zur Verfügung stehen müssen, werden aus Eisen hergestellt;
3. die Gebäude werden, auch wenn sie aneinanderstoßen, unabhängig voneinander durchgebildet;
4. die Entwürfe für jedes einzelne Gebäude sollen so durchgebildet werden, daß Änderungen während der Bearbeitung der Pläne und während der Bauzeit sowie bei späteren Erweiterungen und Umbauten möglich sind;
5. die statischen Grundsätze sind so zu wählen, daß die Bauwerke einfach werden und einen schnellen und unabhängigen Einbau der Ausrüstung gestatten.

Für die Gestaltung der Tragwerke[1]) kamen in erster Linie Vollwandträger in Frage, weil Fachwerke bei der Größe der aufzunehmenden Gewichte, abgesehen von der Rücksicht auf geringe Bauhöhe und sonstige Nachteile, wie schwierige Reinhaltung und schwierigen Neuanstrich, nicht wirtschaftlich gewesen wären. Vollwandträger boten weiter den Vorteil, daß man Lasten an jeder Stelle aufhängen kann, während bei Gitterwerk nur die Knotenpunkte in Frage kommen.

[1]) Die Statik hat das Ingenieurbureau V. Kuhn und Dipl.-Ing. J. H. Schaim bearbeitet.

Der Baugrund besteht aus Sand und Kies von verschiedenen Korngrößen; die Schichten verlaufen ziemlich regelmäßig. Das Gelände liegt nahezu eben auf + 34,80 über NN. Der Grundwasserspiegel liegt 2,5 m tiefer auf + 32,30 und kommuniziert mit der Spree. Der Baugrund wurde bei gleichmäßig verteilter Last bis auf 3 kg/cm² belastet. Bei exzentrischer Last beträgt der Kantendruck bis zu 4 kg/cm².

In jedem Kesselhaus, s. Taf. 7 und 8 und Abb. 1, sind die 8 Kessel in den Seitenschiffen der 12,5 m breiten Binderfelder untergebracht. Je 2 Kessel haben einen gemeinsamen Schornstein, dessen Fuß in rd. 31 m Höhe liegt. Die Schornsteine stehen vollständig frei ohne jede Abspannung auf je zwei kleinen Rahmenböcken, die auf den obersten Gebäuderahmen über dem Dach ruhen, und bestehen aus zylindrischen Blechmänteln von 3,9 m Dmr. ohne Ausmauerung.

Die Bunker für Staubkohle liegen ebenfalls in den 12,5 m-Feldern und sind an Koppelträgern *b*, Abb. 1, aufgehängt, die sich auf die ins Mittelschiff auskragenden Konsolen der obersten Rahmen stützen. Die Kessellasten sind aufgeteilt; die Gewichte der Kesselgerüste, Ausmauerungen und Feuerungen lasten auf je vier Unterzügen *d*, Abb. 1, in der Höhe + 5,80. Sie betragen rd. 2070 t für jedes Binderfeld. Der Zweck dieser Anordnung der Kesselunterzüge war, das unterste Geschoß frei von Stützen zu erhalten und so einen hellen und freien Aschenkeller zu gewinnen.

Die Bedienung der Kesselanlage und der Bunker erfolgt von Arbeitsbühnen aus, die in den Höhen + 5,8 m (Kesselhausflur), + 14,9 m (Brennerbühne) und + 19,65 m (Rohrleitungsbühne) über dem Aschenkellerflur angeordnet sind. Außerdem sind im Mittelschiff noch Bühnen auf + 22,90 m (Staubverteilung unter den Bunkern), + 31,20 m (Kohlenstaub-Verteilleitungen) und + 33,70 m (Bedienung der Staubfilter) vorhanden. Die Gesamtlast auf den Bühnen ist mit 1250 kg/m² angenommen worden.

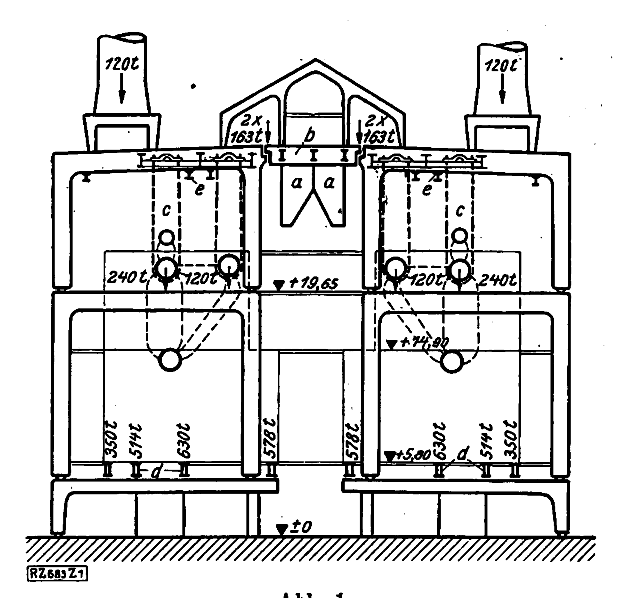


Abb. 1
Kesselhaus-Querschnitt mit den Einzellasten für ein Binderpaar

a Kohlenstaubbunker *b* Koppelträger *c* Aufhängung der Kesseltrommeln *d* Trägerrost für den Kessel *e* Laufkatzenträger

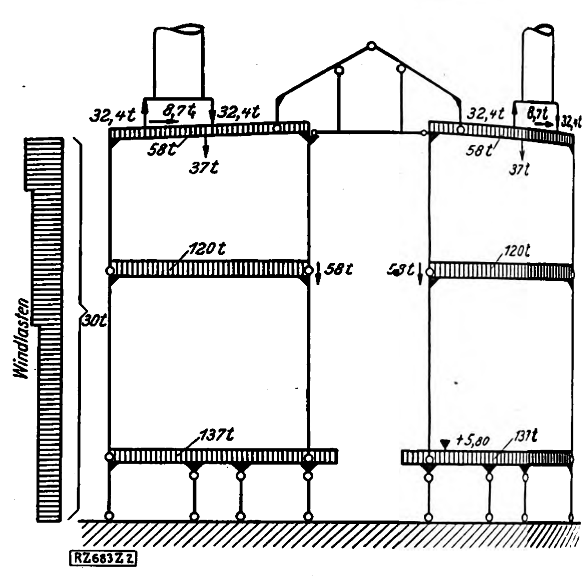


Abb. 2
Kesselhaus-Querschnitt mit Dach-, Bühnen- und Windlasten für einen Binder

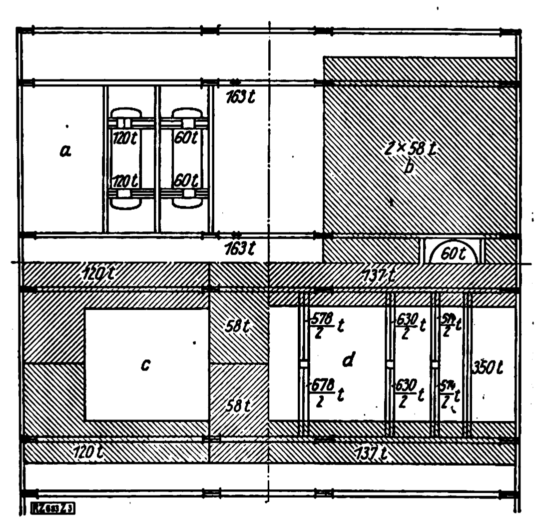


Abb. 3. Teil des Kesselhaus-Grundrisses mit eingetragenen Lasten.

a und *b* Dachkonstruktion *c* in Höhe + 19,65 *d* in Höhe + 5,80

Folgende Lasten entfallen bei jedem Binder auf die einzelnen Rahmenstockwerke:

Oberstes Stockwerk:

Kesseltrommeln	180 t
Schornsteine ohne Wind	60 t
Kraglast der Bunker	163 t
Laufkatzen (Abb. 2)	37 t
Dachlast	58 t

Dazu kommt der Anteil an der Windlast.

Mittleres Stockwerk:

Last vom oberen Rahmen, außerdem Bühnenlasten . . . 120 + 58 t und Windlasten.

Unteres Stockwerk:

Last vom mittleren Rahmen, außerdem Kesselunterzüge	750 t
Bühnenlast	137 t

und Windlasten.

Aus diesen Lasten ergibt sich bei ungünstigstem Zusammenwirken aller Fälle die in den Diagrammen Abb. 1 und 2 sowie im Grundrisse Abb. 3 dargestellte Lastverteilung. Abb. 4 bis 6 zeigen die Momente und Reaktionen der übereinander angeordneten Rahmen.

Abb. 7[2]) zeigt die Aufstellung des Eisengerüstes für ein Kesselhaus, Abb. 8[2]) und 9 zeigen Einzelheiten der Trägerverbindungen und einen Stützenfuß der Kesselhausbinder.

Das statische System für die Aufnahme der senkrechten Lasten ist aus Abb. 1 erkennbar. Die beiden obersten Geschosse werden durch Zweigelenkrahmen gebildet, das untere Geschoß durch einen halben kontinuierlichen Rahmen mit mehreren Pendelstützen. Auf den Riegel des obersten Rahmens wirken sehr schwere Lasten. Es wäre wirtschaftlicher gewesen, diese Lasten durch Zwischenstützen nach unten zu übertragen, doch war diese Lösung nicht möglich, weil der Innenraum der beiden oberen Geschosse für die ungehinderte Durchbildung der Kessel von Stützen freibleiben mußte.

Für die Aufnahme des Winddruckes quer zur Gebäuderichtung wird von der Verbindung der beiden Schiffe durch den Koppelträger *b* in Abb. 1 kein Gebrauch gemacht. Dadurch wird erreicht, daß jede Hälfte des Kesselhauses für sich allein standsicher ist.

Die zulässigen Beanspruchungen des Eisens (St. 37) wurden im Einvernehmen mit der Baubehörde wie folgt festgesetzt: für den Fall, daß alle Lasten wirken, jedoch ohne Rücksicht auf Wind und Temperaturveränderungen $k = 1200$ kg/cm²; bei Einrechnung der beiden genannten Einflüsse und ungünstigster Last $k = 1400$ kg/cm². Die Umfassungswände sind Eisenfachwerke und in den 4,4 m-Feldern vollständig verglast, in den 12,5 m-Feldern zum Teil verglast und zum Teil ausgemauert. Die Dächer sind im mittleren Aufbau mit Glas, über den Kesseln mit 10 cm dicken Hohlsteinplatten und in den übrigen Teilen als Zomakdecken ausgeführt.

Das Turbinenhaus, Tafel 7 und 8 sowie Abb. 10 bis 14[3]) hat rechteckigen Grundriß von 25,6 und 141,6 m Seitenlänge. Die Halle besteht aus vollwandigen Zweigelenkrahmen in 8,88 m Teilung. Auf + 7,85 m (Oberkante Turbinenfundament) ist eine Decke vorhanden. Durch die ganze Halle laufen zwei Krane von je 40 t Tragkraft, deren Bahnen auf Konsolen der Rahmenstiele liegen. An der Straßenseite hat das Turbinenhaus zwei Vorbauten von je 21,8 × 33,3 m² Grundfläche. Im Bereich dieser Anbauten sind die Binder als zweifach statisch unbestimmte Träger ausgebildet.

Das Verwaltungsgebäude, Abb. 15 und 16[4]), ist ein zehnstöckiges Hochhaus von 25,45 × 17,12 m²

[2]) s. S. 1840.
[3]) s. S. 1840 u. Textbl 83.
[4]) s. S. 1844 u. Textbl. 83.



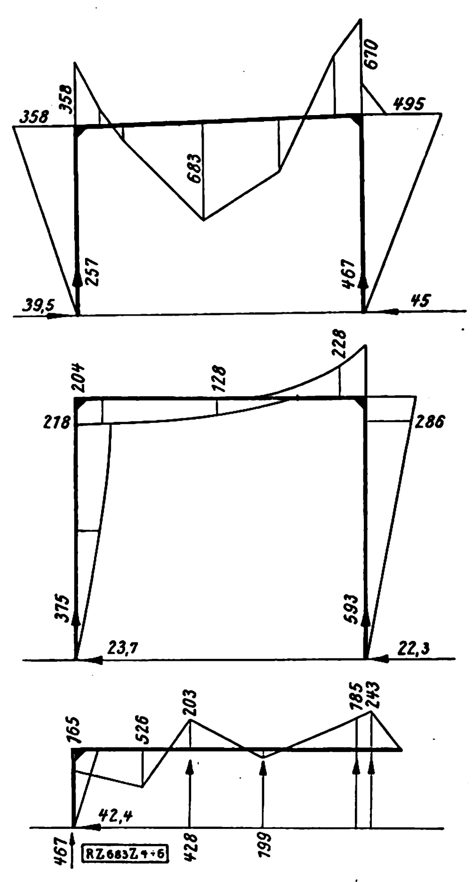


Abb. 4 bis 6
Momente und Auflagerdrücke der drei übereinander angeordneten Rahmen eines Kesselhausbinders

Grundfläche und 41 m Höhe und ist als vier- und dreistieliger Steifrahmen berechnet. Mit Rücksicht auf die erheblichen Mauerwerksmassen wurde der Berechnung die Annahme zugrunde gelegt, daß die vollen Frontwände und Treppenhäuser die Windkräfte aufnehmen, während das Eisengeripppe die lotrechten Lasten überträgt und höchstens mit 1200 kg/cm² beansprucht wird. Für den ungünstigen Fall, daß der Winddruck ganz vom Eisengerüst aufgenommen wird, hat die Rechnung ergeben,

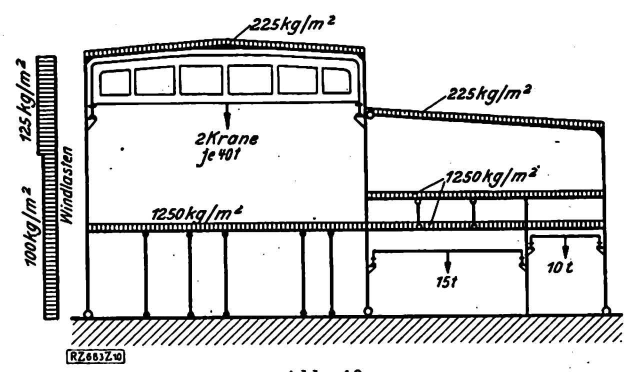


Abb. 10
Querschnitt durch Turbinenhaus und Vorbau mit Lasten eines Binderfeldes

daß die Beanspruchung den in diesem Fall zulässigen Wert von 1600 kg/cm² nicht übersteigt.

Die Kohlenmahlanlage, Abb. 17 und 18[5]) besteht aus einem Hauptbau mit 52 × 17,7 m² und einem Anbau von 19 × 24,3 m² Grundfläche. An den Anbau schließt sich noch das Brecherhaus an. Im obersten Geschoß befinden sich die Fahrbahnen für zwei Einschienen-Greiferkatzen mit Führerstand, die je einen Klappkübel von 9,5 m³ Fassungsvermögen verfahren. In dem darunter befindlichen Geschoß hängen die von den Katzen beschickten Rohkohlenbunker, in jedem Feld ein Bunker von 350 m³ Inhalt. In den unteren Geschossen folgen die maschinellen Einrichtungen wie Trockentrommeln, Fördereinrichtungen usw. Die im obersten Geschoß am Dach angehängten Fahrbahnen der Kübelkatzen sind durch eine Brücke über den Anbau und die Brecheranlage hinweg bis ans Kohlenlager verlängert.

Die Tragkonstruktion wird in den beiden oberen Geschossen im Hauptschiff durch Zweigelenkrahmen, die der beiden unteren Geschosse durch dreistielige Rahmen gebildet. Die Tragkonstruktion der Bunker besteht aus eisernen Zweigelenk-Hängerahmen, zwischen denen Spanten aus I-Eisen eingebaut sind. Die Bunkerwände bestehen aus Eisenbeton und sind zwischen den Eisenträgern durch Stelzung eingespannt.

Die Hauptlasten für einen Binder betragen:

im obersten Stock:

Dachlast	60 t
zwei Greiferkatzen mit Nutzlast .	70 t
Bühnenlast	rd. 10 t

[5]) s. Textbl. 33.

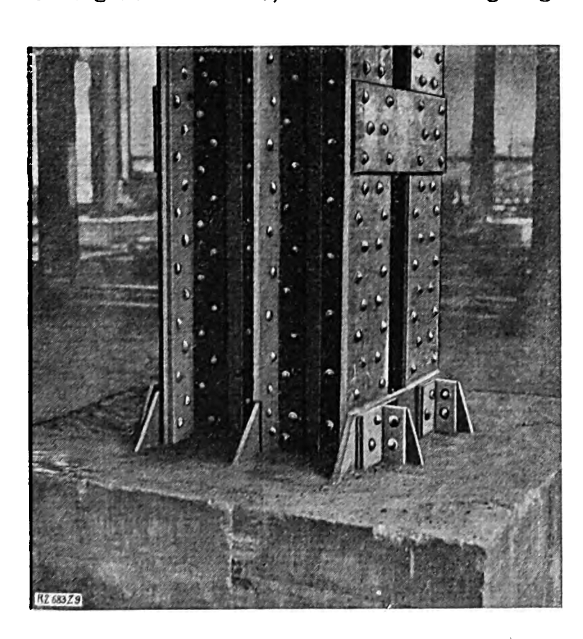


Abb. 9
Stützenfuß eines Kesselhausbinders

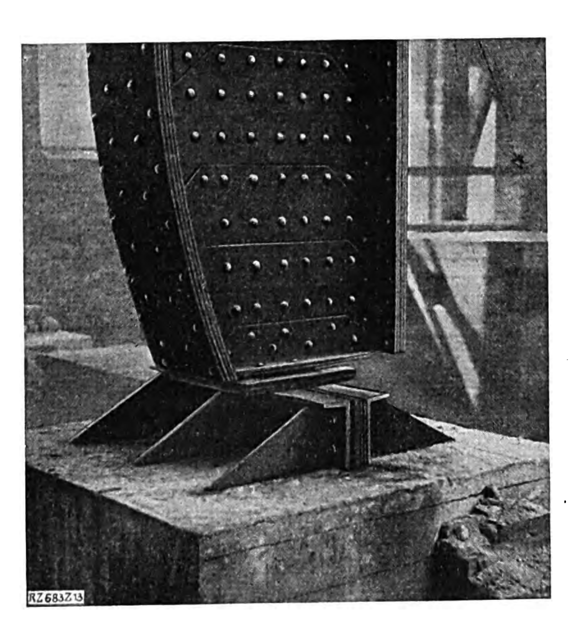


Abb. 13
Stützenfuß eines Turbinenhausbinders



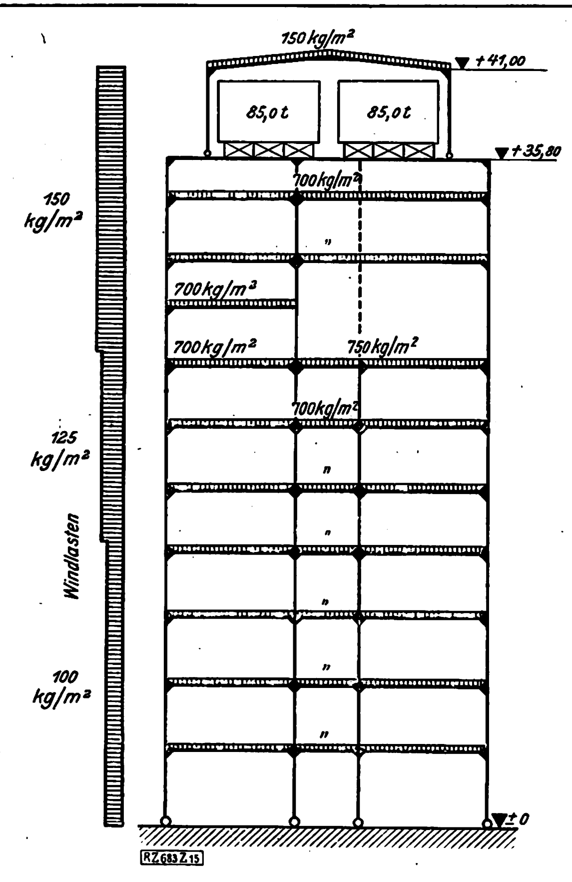


Abb. 15
Querschnitt durch das Verwaltungsgebäude mit Deckenlasten

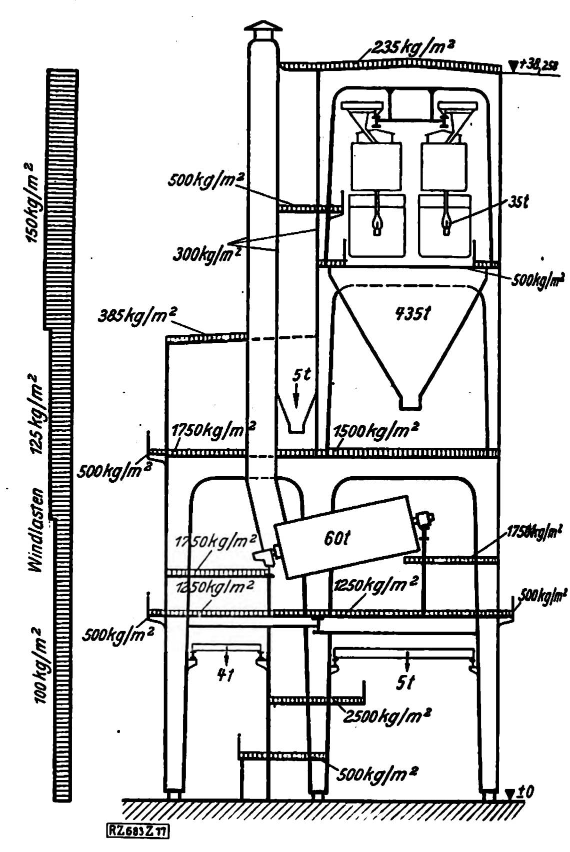
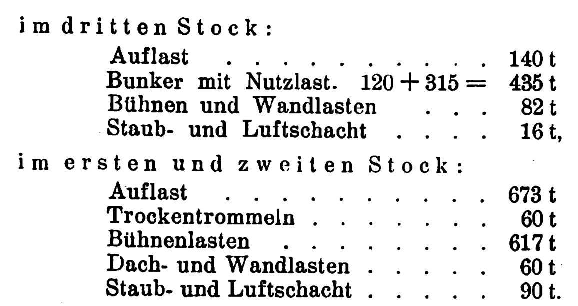


Abb. 17
Querschnitt durch die Kohlenmahlanlage mit eingetragenen Lasten



im dritten Stock:

Auflast	140 t
Bunker mit Nutzlast. 120 + 315 =	435 t
Bühnen und Wandlasten . . .	82 t
Staub- und Luftschacht	16 t,

im ersten und zweiten Stock:

Auflast	673 t
Trockentrommeln	60 t
Bühnenlasten	617 t
Dach- und Wandlasten	60 t
Staub- und Luftschacht	90 t.

Die größten Drücke in den Stielen betragen 310, 730 und 700 t einschließlich Winddruck. Der Wind auf die Giebelseiten wird von den in drei Reihen hintereinander angeordneten Längsportalen aufgenommen. Die Laufkatzenbrücke ist ein Fachwerkbalken auf zwei Stützen mit Kragarm. Ihre Stützweite beträgt 36,50 m, der Kragarm ist 25,46 m lang. Das eine Auflager wird durch den Endrahmen des Hauptbaues gebildet, das andere ist ein eingespannter Portal-Fachwerkrahmen.

Im Anbau sind die Kohlenstaubbunker als Zweigelenkrahmen angehängt. Alle Bühnen sind als einfache Trägerkonstruktion ausgeführt. Abb. 18 zeigt die Aufstellung der Eisenkonstruktionen.

Ausführung der einzelnen Bauarbeiten

Alle Tiefbauten und Gründungen konnten infolge der einheitlichen Wasserspiegelsenkung in trockner Baugrube ausgeführt werden, wobei außerdem Platz gespart und Bewegungsfreiheit gewonnen wurde. Der Vorbau des Maschinenhauses hat in seinem größten Teil wegen der Zu- und Abflußkanäle für Kühlwasser sowie wegen der Reinigungseinrichtung ein sehr hohes Kellergeschoß erhalten, Abb. 19, das infolge der notwendigen Aufteilung und der gleichzeitigen Benutzung als Fundament für den aufgehenden Bau ein nicht ganz einfacher Eisenbetonbau wurde.

Die Bauten für die Kühlwasserversorgung, Abb. 20, wurden in Eisenbeton hergestellt und wie folgt entworfen und ausgeführt: Der Kühlwasserbedarf beträgt für den ersten Ausbau 14 m³/s, für den vollen Ausbau 28 m³/s. Der einfache Kanal hat drei Teile von je 2,50 × 2,25 m² Querschnitt. Die Sohle liegt auf + 30,00 bis 30,20 m über NN. Die Wassergeschwindigkeit im Einlaufkanal beträgt bei voller Leistung des Kraftwerkes 1 m/s, der Gefällverlust 10 cm. Für den Auslaufkanal wäre bei

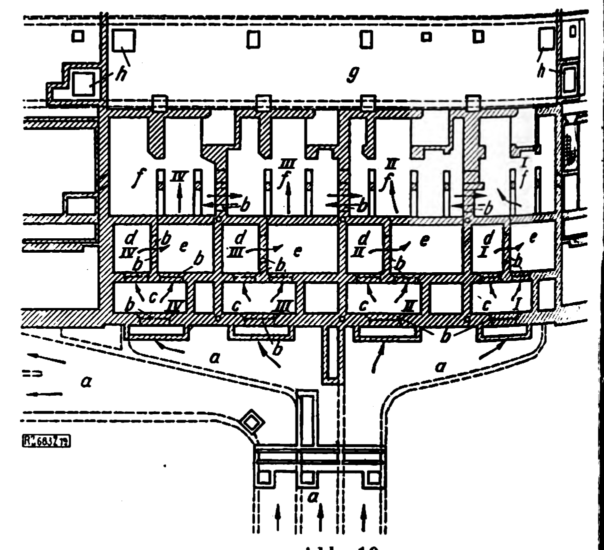


Abb. 19
Kellergeschoß des Turbinenhausvorbaues mit Wasserführung, Schiebern, Rechen und Sieben

a Einlaufkanäle
b Absperrschieber
c Feinrechen mit umlaufenden Bürsten
d umlaufende Siebe
e Umläufe
f Saugschächte
g Rohrleitungskeller
h Ausgüsse zu dem tiefer liegenden Auslaufkanal

1 m/s Geschwindigkeit der Querschnitt unverhältnismäßig groß geworden. Der Kanal wurde deshalb mit den Querschnitten, Sohlenhöhen und Geschwindigkeiten nach Zahlentafel 1 und Abb. 20 ausgeführt.

Die Einlaßöffnung des Zulaufkanals wurde 60 m und die Auslauföffnung 32 m breit angelegt. Dementsprechend erweitern sich die Querschnitte dieser Öffnungen; die bei vollem Ausbau des Werkes auftretenden Wassergeschwindigkeiten betragen beim Einlauf 0,2 m/s, beim Auslauf 0,4 m/s.

Die Bemessung der Größe, die Gestaltung der Öffnungen und der zugehörigen Leitbauwerke erfolgte nach

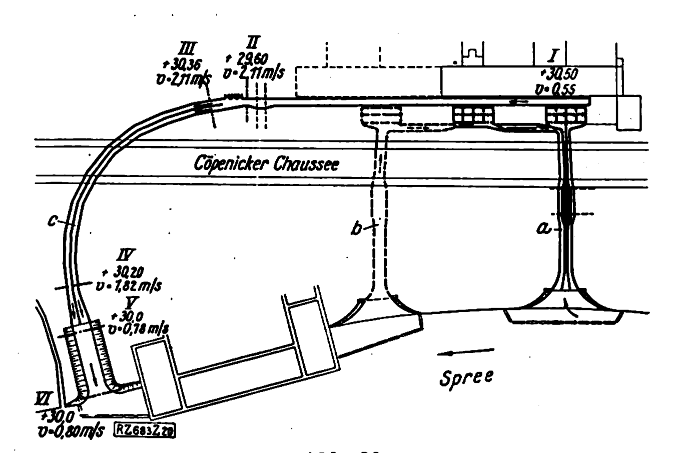


Abb. 20
Plan der Kühlwasserversorgung
a Zulaufkanal *b* Zulaufkanal für Erweiterung
c Auslaufkanal

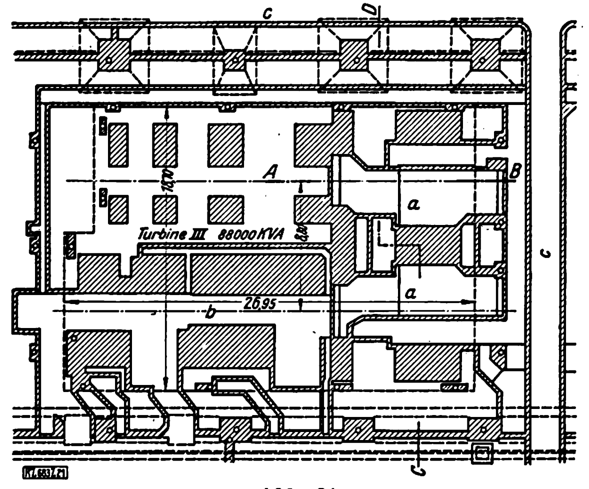


Abb. 21
Hauptturbinenfundament. Grundriß.
a Luftrückkühler *b* Rohrleitungskanal *c* Kabelkanäle

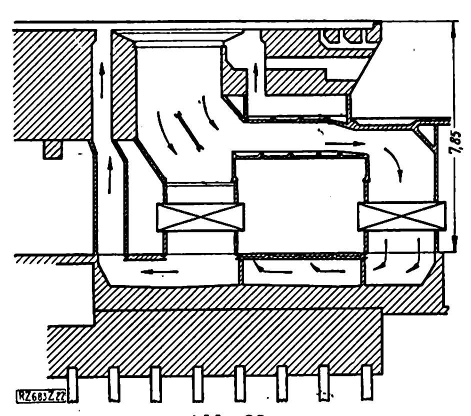


Abb. 22
Hauptturbinenfundament. Luftrückkühlung des Generators. Schnitt A—B in doppeltem Maßstab von Abb. 21.

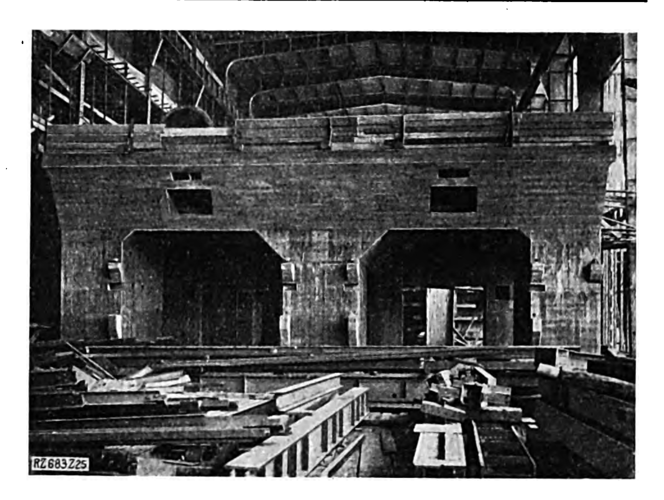


Abb. 25
Fertiges Fundament der Hauptturbine 1

Zahlentafel 1

Teil	Querschnitt m²	Sohlenhöhe m	Geschwindigkeit m/s
I	5,10 × 1,80	+ 30,50	0,55
II	5,10 × 2,80	+ 29,60	2,11
III	2 (3,75 × 2,04)	+ 30,36	2,11
IV	2 (3,75 × 2,20)	+ 30,20	1,82
V	16 × 2,40	+ 30,00	0,78
VI	7 (2,24 × 2,40)	+ 30,00	0,80

zahlreichen Modellversuchen, die in der Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffahrt, Berlin, ausgeführt worden sind[6]).

Turbinenfundamente

Die Fundamente der drei großen Turbinen, Abb. 21 bis 23, sind in Eisenbeton ausgeführt. Um Sicherheit gegen schädliche Schwingungen und Senkungen der Turbinenfundamente zu erreichen, ist unterhalb der Fundamentplatte jeder Hauptturbine ein Rost aus 250 Pfählen von je 10 m Länge auf einer Fläche von $28 \times 19\ m^2$ hergestellt, Abb. 24[7]).

Hierfür wurden Betonpfähle der Bauart Mast gewählt, bei denen eine dünne Eisenblechhülse mit einer besonderen, mit Holz ausgekleideten Spitze mittels einer aufgesetzten Rammjungfer eingeschlagen wird. Die Hülse ist dabei vor den Rammschlägen geschützt. Nach dem Rammen wurde in jede Hülse eine verschnürte Eisenbewehrung eingebracht, und die Hülse mit Beton ausgegossen.

Das Tragwerk jedes Turbinenstuhles besteht aus Eisenbetonrahmen quer zur Wellenachse, Abb. 25. Die Rahmen sind auf Biegung und Achsschub durchgerechnet.

[6]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 1195. [7]) s. Textbl. 83.

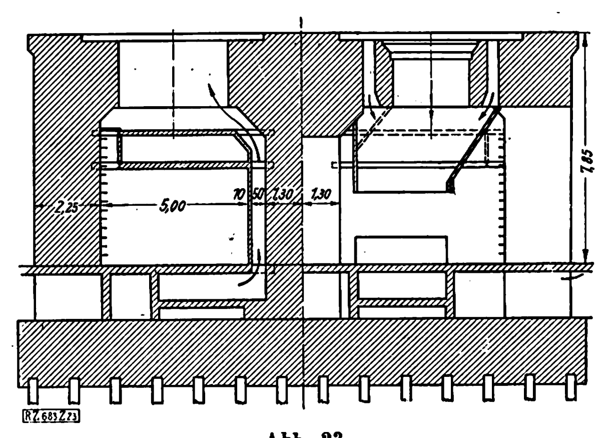


Abb. 23
Hauptturbinenfundament. Luftrückkühlung des Stromerzeugers. Schnitt C—D in doppeltem Maßstab von Abb. 21.



Mehrere zwei- oder dreistielige, oben geschlossene und unten in die Fundamentplatte eingespannte Steifrahmen bilden ein Fundament. Etwaigen Schwingungen der Turbinen ist dadurch Rechnung getragen, daß die fünffachen Maschinengewichte angenommen wurden; außerdem wurde das Kurzschlußmoment, das nach allen Richtungen wirken kann, berücksichtigt.

Die Beanspruchung der Baustoffe wurde mit 50 kg/cm² für Beton und 1200 kg/cm² für Eisen festgesetzt.

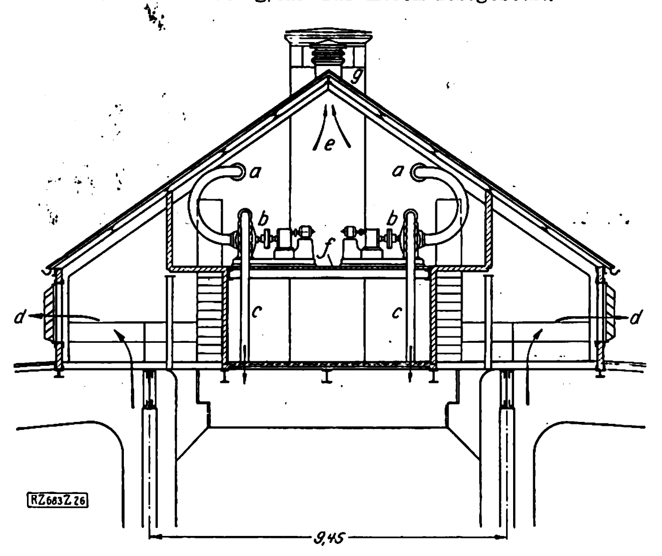


Abb. 26
Oberlichtaufbau des Kesselhauses mit Entlüftung

a Kohlenstaubzuführung
b Achtwege-Schieber
c Kohlenstaubleitung zum Kesselbunker
d Entlüftung des Kesselhauses
e Entlüftung des Verteilraumes
f Rostabdeckung
g Explosionsschlot

Jede der drei Hausturbinen von je 10 000 kW Leistung ruht ebenfalls auf einem Pfahlrost von 73 m². Ihre Fundamente wurden nach denselben Richtlinien wie die der Haupttturbinen ausgeführt.

Hochbauten

Bei den Gebäuden aus Eisenkonstruktion liegt zwischen tragenden Steifrahmen Eisenfachwerk. Die Mauern bestehen aus einer inneren 13 cm dicken Wand aus Hintermauersteinen und einer davon durch eine Luftschicht getrennten Wand aus hochkantigen Klinkern (Prüßwand).

Die Zwischendecken im Kesselhause sind mit Ausnahme derjenigen über dem Aschenkeller, die aus Beton zwischen I-Trägern gestampft ist, aus Tezett-Rosten hergestellt, so daß sie weder die Beleuchtung noch die Lüftung behindern. Auch die Kohlenmahlanlage und ein Teil der Vorwärmanlage hat Decken aus Tezettrosten, soweit sie nicht aus konstruktiven Gründen oder damit keine Kohle oder dergleichen durchfällt, voll sein mußten.

Zur Beleuchtung der **Kesselhäuser** dienen große Fenster in den Umfassungswänden und der sattelförmige Oberlichtaufbau über dem Mittelgang, Abb. 26, der auch Jalousien für die Entlüftung der Gebäude enthält.

Für Einbau und Auswechseln schwerer Teile sind im Kesselhaus an der Dachkonstruktion Laufkatzenträger angebracht. In allen Decken sind Öffnungen untereinander freigelassen, damit man schwere Teile von oben bis in den Keller herablassen kann, um sie von dort auf Elektrokarren zur Werkstatt zu befördern. An der Kopfseite jedes Kesselhauses ist im Freien ein Gerüst mit Laufkran, Abb. 27, zum Verladen der schweren Kesseltrommeln aufgestellt; diese konnten unmittelbar vom Gleis abgehoben und auf der Bühne + 5,80 m auf einem vorläufigen Gleis bis zur Einbaustelle gefahren werden.

Für Ausbesserungen oder für das Auswechseln der über dem Dach befindlichen Saugzuggebläse und ihrer Motoren ist an jedem Schornstein auf einem leichten Gerüst eine Katzenfahrbahn, Abb. 28, und in der Dachfläche eine Öffnung vorhanden, durch die man Einzelteile bis in den Keller herablassen kann.

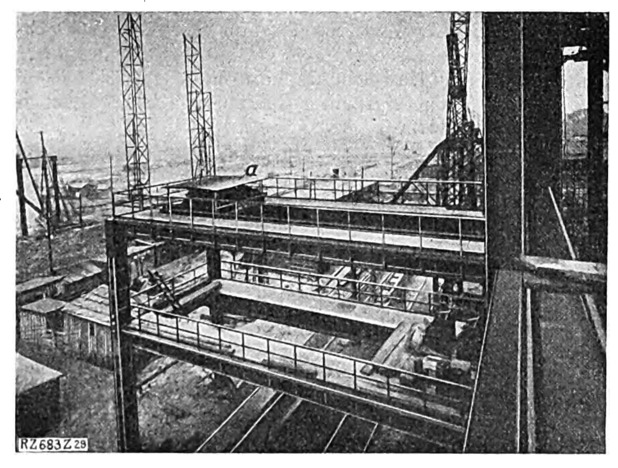


Abb. 27
Aufstellgerüst am Kopfe der Kesselhäuser
a Laufkatze für 25 t Tragkraft

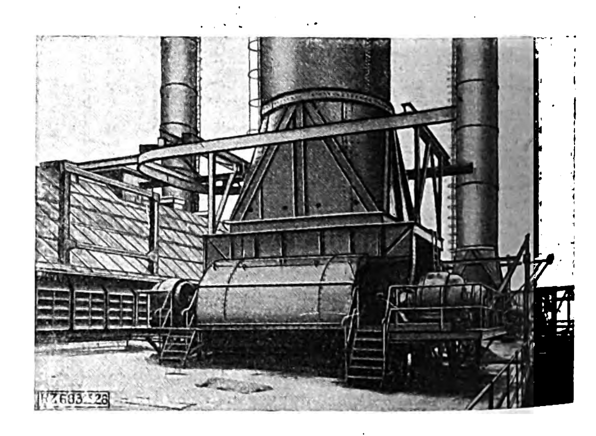
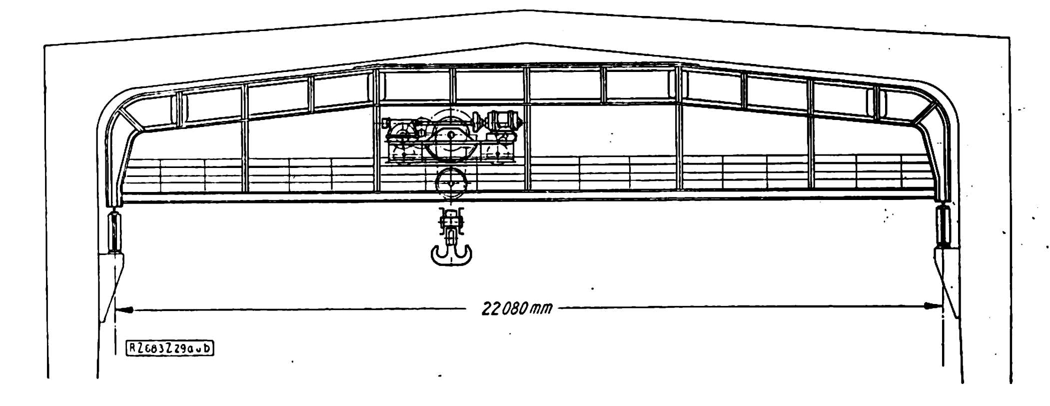


Abb. 28
Laufkatzenbahn für die Aufstellung der Motoren der Saugzuganlage auf dem Dache der Kesselhäuser



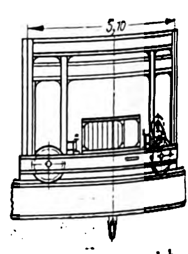


Abb. 29 a und b
Laufkran des Turbinenhauses von 40 t Tragkraft

Das Maschinenhaus ist an der östlichen Giebelseite durch Galerien mit der Haupttreppe am Kesselhaus und mit den Personalstockwerken des Hochhauses verbunden. Sowohl nach der Vorwärmanlage wie nach dem im Vorbau liegenden Umformerraume hin ist es offen gelassen worden. Am Giebel des Erweiterungsbaues sind drei Binderfelder als Montageraum, in den das Gleis hineinführt, freigelassen. Dort wurden die Dynamos gewickelt und die Kondensatoren mit Rohren versehen.

Zwei Laufkrane von je 40 t Tragfähigkeit bestreichen das Maschinenhaus in der ganzen Länge. Die Kranträger sind den Steifrahmen des Gebäudes angepaßt, Abb. 29 a und b, und als Vierendeel-Träger berechnet.

Unter dem Umformerraum und unter der Warte liegen Kabelverteilräume von geringerer Höhe, für die weit gespannte Decken nötig waren. Ihre Trägerkonstruktionen wurden beim Umformerraum von Prof. Hort auf Schwingungen untersucht, und durch geringfügige Änderungen war es möglich, unangenehme Schwingungserscheinungen auszuschalten.

Die Oberlichter über der Warte und dem Umformerraum liegen in der Dachfläche; sie sind als Prismenoberlichter in Betonrahmen mit darunterliegender Staubdecke ausgeführt.

Beim Gebäude der Kohlenmahlanlage, Abb. 30, ergab sich die Höhe von fast 40 m aus dem Wunsche, den Weg der Kohle über den Bunker und die Trockentrommeln zu den Mühlen und von hier zu dem Staubbunker möglichst zu vereinfachen. Ein Flachbau hätte nochmaliges Heben der Kohle erfordert, was bei den großen Mengen die Anordnung weniger einfach und kostspieliger gemacht hätte. Auch hier besteht das ganze Gebäude aus einem Eisengerüst mit Fachwerkwänden wie beim Kesselhaus. Drei Treppenhäuser, davon eines mit Personen- und Lastenaufzug, vermitteln den Verkehr zwischen den Stockwerken.

Die Bunker für Rohkohle, Abb. 31, sind aufgehängte Fachwerkkörper mit Eisenbetonkappen. Die inneren Gleitflächen für die Kohle sind durch Schmelzbasaltplatten oder Duromitputz von 3 cm Dicke geschützt, weil bei leerem Bunker die Kohlenkübelfüllung, d. s. rd. 9½ m³, aus beträchtlicher Höhe herabfällt und daher die Betonkappen beschädigen könnte. Man hat zwei Arten der inneren Wandbekleidung gewählt, um zu prüfen, welche sich besser bewähren würde. Bis heute hat keine von ihnen Schäden gezeigt.

Die Entlüftungsschlote der Trockentrommeln, die mit Elektrofiltern versehen sind, sind Schächte von 22 m Höhe; sie sind ebenfalls in Eisen ausgeführt und mit Prüßwand ausgemauert, sowie innen durch eine Kaloritschicht isoliert, die durch eine Klinkerschicht gegen Verletzungen geschützt ist, Abb. 32.

Die Bunker für den fertig gemahlenen Kohlenstaub, Abb. 33 und 34, bei denen mit einer hohen Temperatur des Staubes gerechnet werden mußte, sind innen mit 7,5 und 5 cm dicken Kaloritsteinen isoliert und mit 2 cm dickem Zementglattstrich gegen Schwitzwasserbildung versehen. Zugleich wird dadurch das Mauerwerk vor unzulässigen Erwärmungen bewahrt.

Abb. 30
Kohlenmahlanlage. Längsschnitt durch ein Binderfeld des Gebäudes

a Trockentrommel
b Mühlenbunker
c Mühle
d Ventilator
e Zyklon (Staubabscheider)
f Förderschnecken zum Staubbunker
g Elektrofilterschlot

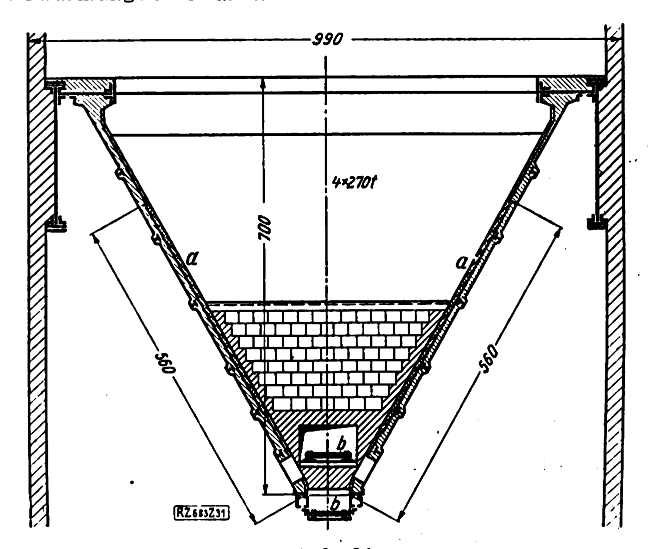


Abb. 31
Rohkohlenbunker (Maße in cm)
a Verkleidung mit Duromitputz *b* Abzugförderband

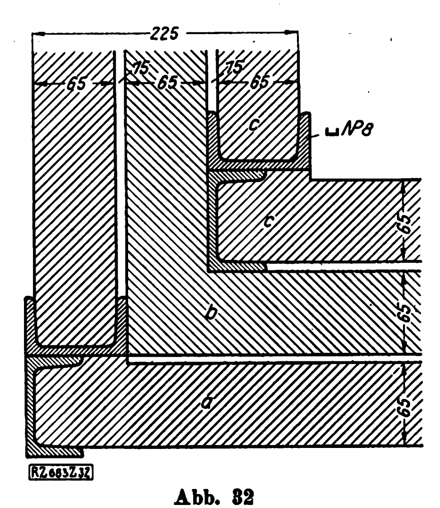


Abb. 32
Teilzeichnung der Ausmauerung der Entlüftungsschlote (Maße in mm)
a Mauerwerk *b* Kaloritmauerwerk *c* Klinkermauerwerk



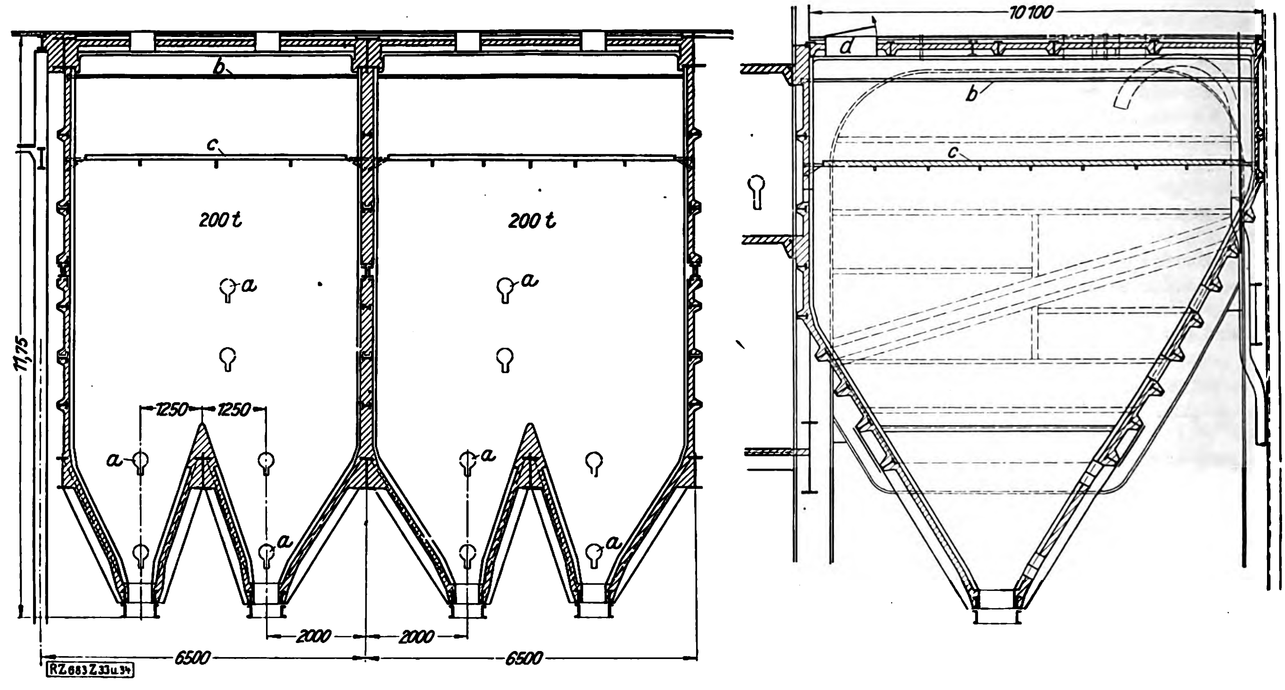


Abb. 33 und 34
Kohlenstaubbunker

a Staubstandanzeiger *b* Handlauf und *c* Fußlauf für die Besteigung *d* Einsteigöffnung mit Klappe

Die Fundamente der Kohlenstaubmühlen sind von den Gebäudefundamenten getrennt; jede Mühle ruht auf einem Block von 3 × 3m² Grundfläche und 4 m Höhe. Diese Blöcke haben sich in der ersten Zeit gesenkt, was die Verstärkung der Mühlenfundamente und schließlich auch die Hebung des Gebäudes notwendig machte[8]).

Im obersten Stockwerk des Verwaltungsgebäudes sind drei Wasserbehälter von je 75 m³ Inhalt aufgestellt. Das Hochhaus nimmt im Erdgeschoß außer dem Haupteingang die Geschäftsräume der Krankenkasse und die Unfallstelle auf. Die darauffolgenden drei Stockwerke enthalten die Umkleideräume mit Wascheinrichtungen und Badezellen für drei Schichten der Belegschaft, in den nächsten drei Stockwerken befinden sich die Räume der Betriebsleitung und der Betriebsingenieure, Abb. 35 bis 37. Abb. 38 zeigt die Außenansicht des Verwaltungsgebäudes. Über den Geschäftsräumen liegt ein Vortragsaal mit Betriebsmuseum für Unterrichtszwecke. Das oberste Geschoß enthält außer dem Raum für die Wasserbehälter einen kleinen Speiseraum.

Für jeden Mann ist ein doppelter Kleiderschrank für Arbeits- und saubere Kleidung vorhanden, daneben ein Waschbecken nach englischem Muster, das unteren Wasserzulauf und Überlauf hat, also stets gefüllt ist. Die Einrichtungen der Wasch-, Bade- und Aborträume sind im ganzen Hause bis zur Betriebsleitung gleich und lassen sich vor allem sehr leicht reinhalten.

Für den Verkehr im Gebäude ist außer einer Haupttreppe, die durch alle Stockwerke läuft, eine Nebentreppe vorhanden, die im sechsten Geschoß einen Notausgang auf das Maschinenhausdach hat. Außerdem sind ein Paternoster- sowie ein Schnellaufzug für Personen vorhanden. Eine besondere Feuerlöscheinrichtung ermöglicht, die Dampfspritze der Feuerwehr im Hof an eine feste Steigleitung anzuschließen. Die Warmwasserheizanlage wird mit Dampf aus dem Kesselhaus betrieben.

Das 30 kV-Schalthaus, Abb. 39, ist als das einzige der ganzen Anlage vollständig aus Mauerwerk auf Betongründung errichtet. Seine Stockwerke haben Eisenbetondecken zwischen Trägerlagen, das Dach hat eine Decke aus Bimsbeton zwischen I-Trägern, weil es die Aussteifung zwischen den Längswänden übernimmt. Die Bimsbetonplatten sollen die Bildung von Schwitzwasser an der Unterseite des Daches verhindern. Die Trennwände des Gebäudes sind durchweg massiv, nur die Teilwände und Schürzen der Schaltanlage bestehen aus Duroplatten.

Die Brücke über die Köpenicker Chaussee, Abb. 40, die die Warte mit dem 30 kV-Schalthaus verbindet, ist als selbständiger Rahmen auf zwei Stützen mit Endauslegern hergestellt, belastet also die beiden Gebäude nicht. Auf den Blechrahmen stehen nur einfache Fachwerkwände mit leichten Dachbindern, die ausgemauert und durch Isolierwände an der Innenseite gegen Feuchtigkeit geschützt sind.

Die Brücke nimmt im Untergeschoß die von der Warte zum Schalthaus führenden Betätigungskabel auf, während das Obergeschoß einen Laufgang für die Mannschaft enthält. Die Kabel von den Transformatoren zur 30 kV-Schaltanlage liegen unter der Köpenicker Chaussee in Kabelkanälen, die unter dem Grundwasserspiegel vollständig abgedichtet sind und außer den Kabeln einen Laufgang in der Mitte enthalten.

Weiter erwies sich über Tage eine 50 m lange Brücke zwischen Kesselhaus und Mahlanlage als notwendig, Abb. 41, die möglichst einfach mit vollwandigen Blechträgern auf zwei Stützenpaaren hergestellt wurde und im Untergeschoß alle elektrischen Leitungen, im Obergeschoß die Kohlenstaub- und Dampfleitungen aufnimmt. Ihr Eisenfachwerk ist ausgemauert, Dach und Fußboden sind als Massivdecken hergestellt, und die Kanäle sind von unten her zugänglich.

Erwähnt sei noch das Werkstatt- und Lagergebäude, Abb. 42; es besteht aus einem ausgemauerten Eisenfachwerkbau mit unterkellertem Vorbau und einer Laderampe. Auf der Rückseite ist eine Gleiseinfahrt für den mittleren Lagerraum vorhanden. Die beiden Seitenflügel haben ebenso wie der Mittelbau Laufkrane für die dort einzurichtenden Arbeitsplätze. Eine Dampfleitung vom Kesselhaus speist einen Lufterhitzer für diese Halle.

Kohlenförderanlage

Für die Versorgung des Kraftwerkes mit Kohle kommen der Wasser- und der Bahnweg in Frage. Die Einrichtungen hierfür sind: ein Stichkanal von der Spree an den Lagerplatz, eine Entladeeinrichtung für die Kohlenzüge und eine Förderanlage für die Platz- und die Bunkerbeschickung.

Der Stichkanal hat eine Länge von rd. 455 m und eine Breite von 40 m und ist 5,50 m tief unter Gelände-

[8]) AEG-Mitteilungen 1927 Heft 11.

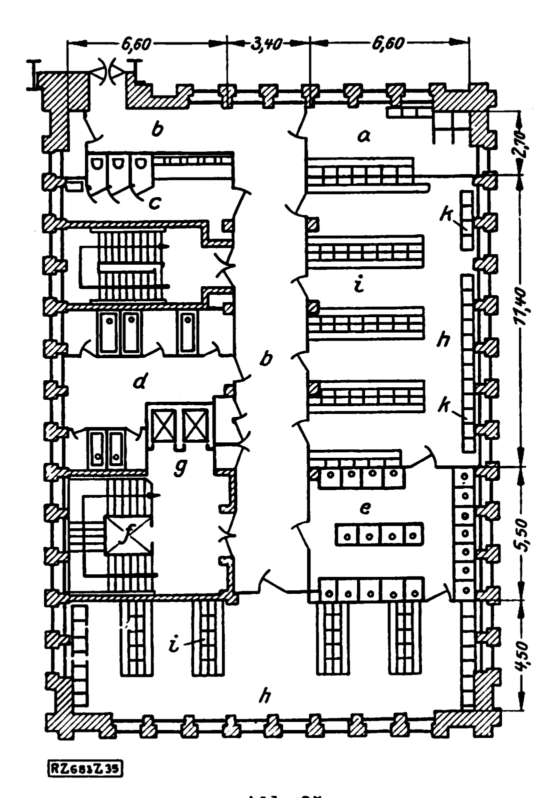


Abb. 35
Verwaltungsgebäude. Grundriß des 3. Obergeschosses.

a Raum für Kriegsbeschädigte
b Vorraum
c Aborte
d Wannenbäder
e Brausebäder
f Schnellaufzug
g Paternosteraufzug
h Umkleideräume
i Mannschaftsschränke
k Waschbecken

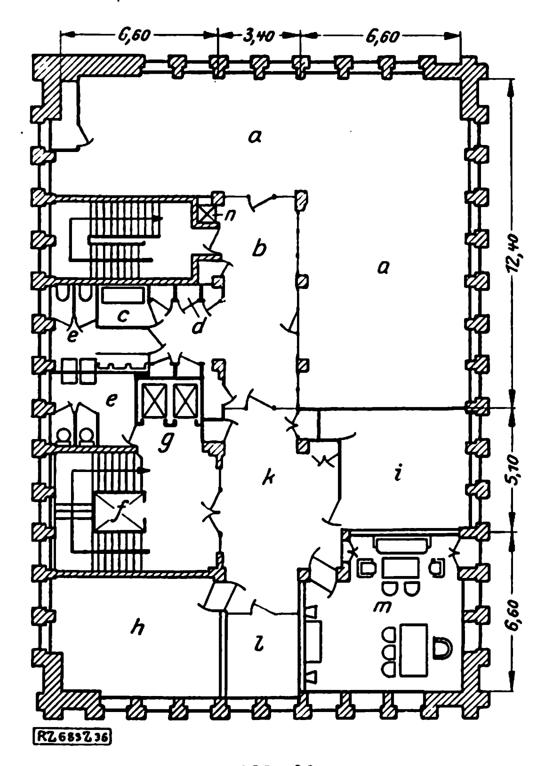


Abb. 36
Verwaltungsgebäude. Grundriß des 5. Obergeschosses.

a Kontrollbureau
b Flur
c Bad
d Schränke
e Aborte
f Schnellaufzug
g Paternosteraufzug
h Telephonstelle
i Sekretärzimmer
k Vorplatz
l Warteraum
m Direktorzimmer
n Aktenaufzug

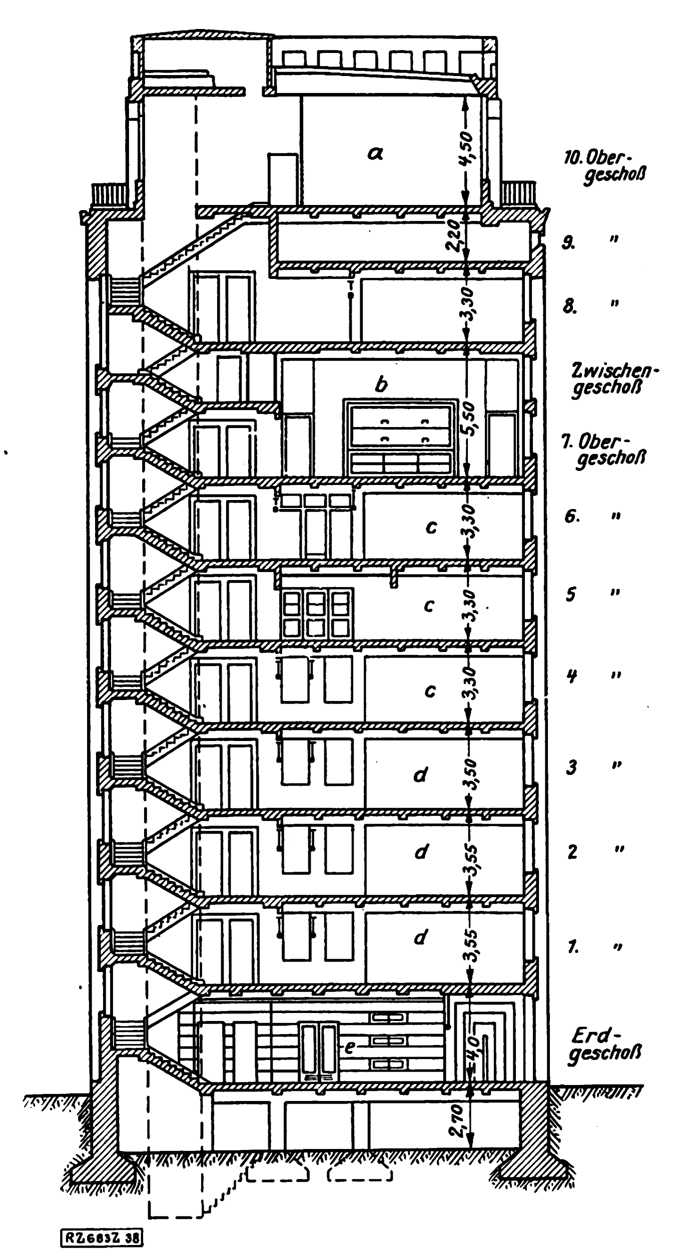
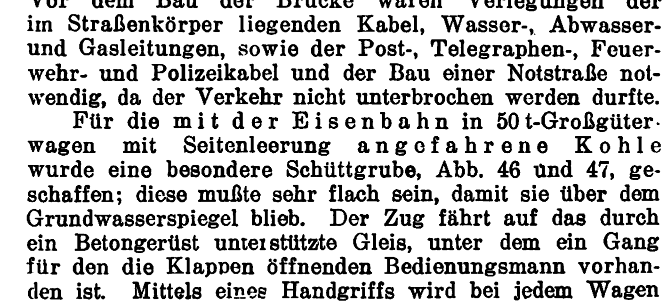


Abb. 37
Verwaltungsgebäude. Schnitt.

a Behälterraum
b Vortragsaal
c Betriebsleitung
d Mannschaftsräume
e Halle

Oberkante. Er wird von einer unter Wasser abgeschnittenen hölzernen Spundwand von 16 cm Dicke eingefaßt. Auf dieser Spundwand ruhen Futterwände aus Eisenbeton, die mit dem dahinterliegenden Erdreich verankert sind, Abb. 43. Längs des Kohlenplatzes sind diese Futtermauern an dem Fundament der Lagerplatzbrücke verankert.


Eine Straßenbrücke führt im Zuge der Köpenicker Chaussee über den Stichkanal, Abb. 44 und 45. Vor dem Bau der Brücke waren Verlegungen der im Straßenkörper liegenden Kabel, Wasser-, Abwasser- und Gasleitungen, sowie der Post-, Telegraphen-, Feuerwehr- und Polizeikabel und der Bau einer Notstraße notwendig, da der Verkehr nicht unterbrochen werden durfte.

Für die mit der Eisenbahn in 50 t-Großgüterwagen mit Seitenleerung angefahrene Kohle wurde eine besondere Schüttgrube, Abb. 46 und 47, geschaffen; diese mußte sehr flach sein, damit sie über dem Grundwasserspiegel blieb. Der Zug fährt auf das durch ein Betongerüst unterstützte Gleis, unter dem ein Gang für den die Klappen öffnenden Bedienungsmann vorhanden ist. Mittels eines Handgriffs wird bei jedem Wagen





Abb. 38
Verwaltungsgebäude

der Eisenbahn angefahren wird. Die größte Leistung der Verladeanlage kam also für das Entladen der Schiffe in Betracht; inzwischen ist es möglich geworden, auch mit der Eisenbahn den ganzen Bedarf heranzubringen.

3. Die Förderung muß also möglich sein:
   a) vom Flußschiff zum Lagerplatz,
   b) vom Lager zur Mahlanlage,
   c) vom Schiff zur Mahlanlage,
   d) von der Eisenbahnwagen-Entladestelle zur Mahlanlage.
4. Die ganze Anlage war so zu entwerfen, daß stets eine Reserve vorhanden ist, wenn ein Teil der Verladeanlage gestört ist.
5. In der Regel wird Feinkohle gefördert; jedoch ist eine Brechanlage vor der Mahlanlage anzuordnen, für den Fall, daß keine Feinkohle zu haben ist und Stückkohle angefahren wird.
6. Die Anlage soll so einfach wie möglich und dabei übersichtlich sein.

Für die Entladung der Schiffe waren Selbstgreifer in Aussicht genommen. Für die Eisenbahnwagen wollte man zunächst Kipper verwenden, während der Bauzeit entschied man sich aber für Großgüterwagen mit Selbstentladung, und die Reichsbahn hat jetzt zwei Züge von je 20 Wagen zu 50 t = 1000 t beschafft, die fahrplanmäßig zwischen Grube und Kraftwerk pendeln.

Vom Lagerplatz zur Mahlanlage wird die Kohle nach dem Vorschlage der Demag mittels großer Kübel von 9,5 m³ Inhalt befördert. Zum Entladen der Schiffe und Verteilen der Kohle auf dem Lagerplatz dienen zwei Verladebrücken, auf denen Zweischienenkatzen mit 6 m/s Geschwindigkeit laufen. Die Spannweite jeder Brücke beträgt 119 m; dazu kommt eine Ausladung von 26 m auf der Wasserseite und eine Ausladung von 19 m auf der Landseite. Die lichte Höhe der Brücke beträgt 16 m. Unter dem Ausleger der Landseite laufen parallel zur Brückenfahrbahn zwei Standbahnen. Zum Ausleger gehört ein Gerüst, an dem man über dem ersten oder zweiten Gleis mit Hilfe der Selbstgreiferkatze einen Fülltrichter für die Kübel einhängen kann.

Der Wagen kann einen vollen und einen leeren Kübel aufnehmen. Er wird



Abb. 39
30 kV-Schalthaus, Verbindungsbrücke über die Köpenicker Chaussee und Hochhaus

die Klappe gelöst, und der Inhalt fällt in die Gruben, deren Form den Kohlengreifern entspricht. Der Boden ist mit I-Trägern bewehrt, damit er von den Greifern nicht beschädigt wird.

Die Grube kann die 1000 t-Ladung eines aus 20 Wagen bestehenden Zuges aufnehmen, der doppelt so lang wie die Grube ist. An jeder Stelle werden also zwei Wagen nacheinander entleert. Nachdem der Zug abgefahren ist, nimmt die Kohlenlagerbrücke mit ihrem Greifer den Inhalt der Gruben bei 140 t/h Leistung in rd. 7 h auf.

Für die Ausbildung der Verladeanlage, Abb. 48 und 49, war grundlegend:

1. Unmittelbar an dem Stichkanal für Flußschiffe ist ein Kohlenlager von 300 m Länge und 119 m Breite, also von 135 000 t bei 5 m Schütthöhe, in Aussicht genommen, das aber durch Stapeln auf 6 m Höhe auf 160 000 t für die Wintermonate erhöht werden kann.
2. Es war angenommen, daß der doppelte Tagesbedarf des Großkraftwerkes in 2 × 8 h vom Schiff auf das Lager gefördert, und daß der halbe Tagesbedarf mit

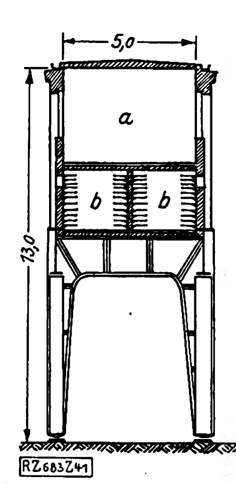


Abb. 40
Querschnitt durch die Verbindungsbrücke zum 30 kV-Schalthaus

a Laufgang
b Kabelgänge

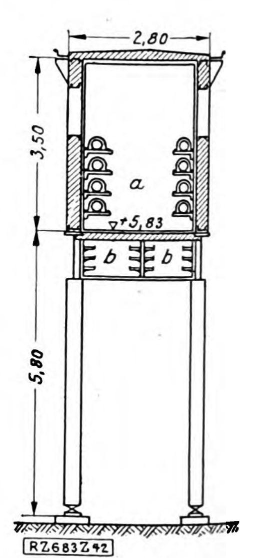


Abb. 41
Verbindungsbrücke zwischen Kesselhaus und Mahlanlage

a Rohrleitungen
b Kabel

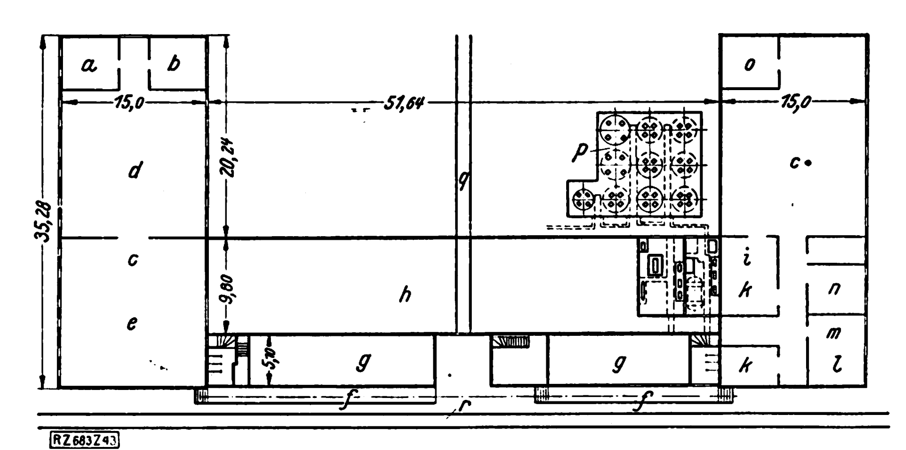


Abb. 42
Werkstatt- und Lagergebäude

a Schmiede
b Klempnerei und Glaserei
c Werkstätten
d Rohrbiegerei
e Zusammenbau
f Laderampe
g Kleinlager
h Lagerhalle mit 5 t-Kran
i Prüffeld
k Fertiglager
l Werkzeugmacherei
m Werkzeugausgabe
n elektrische Schweißerei
o Lager
p Oelbehälter
q Gleiseinfahrt
r Eisenbahngleis

Abb. 43
Schnitt durch die Bollwerkswand des Stichkanals und Verankerung mit dem Fundament der Lagerplatzbrücke

a hölzerne Spundwand
b aufgeständerte Eisenbeton-Bollwerkwand
c Reibepfahl
d Bollwerkanker
e Gründung der Kranbahnschienen der Lagerplatzbrücke
f Geländeoberkante
g Kanalsohle
h Wasserspiegel

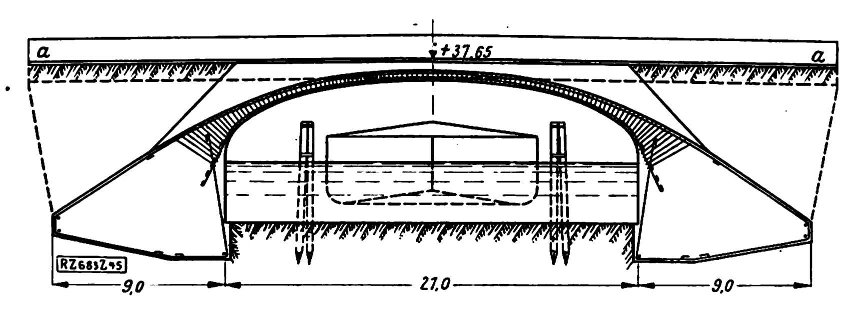


Abb. 44
Straßenbrücke über den Stichkanal im Zuge der Köpenicker Chaussee. Längsschnitt.
a Straßenkante

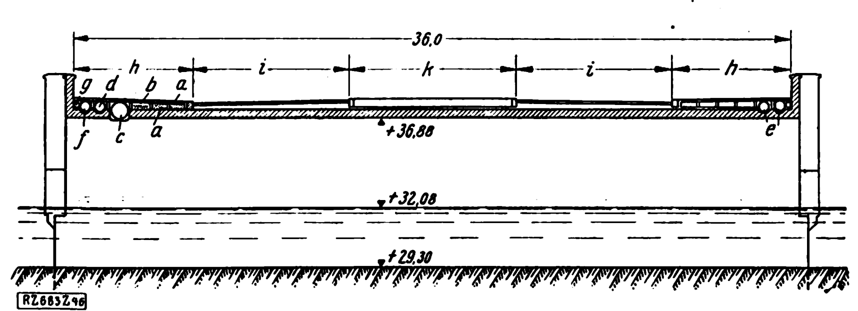


Abb. 45
Straßenbrücke, Querschnitt zu Abb. 44.
a bis g öffentliche Versorgungsleitungen *h* Fußwege *i* Fahrdämme *k* Gleiskörper für die Straßenbahn

elektrisch angetrieben und hat die verhältnismäßig hohe Fahrgeschwindigkeit von 280 m/min. Der Kübelwagen fährt mit einem leeren Kübel unter den Fülltrichter der Brücke, wo der Führer den Kübel füllt, und fährt mit dem gefüllten Kübel unter den Ausleger der Kohlenmahlanlage.

Über den Bunkern der Mahlanlage und darüber hinaus verlängert liegen in rd. 40 m Höhe zwei Fahrbahnen für Einschienenkatzen, wovon die eine als Aushilfe für die andre dient. Die Einschienenkatze setzt den entleerten Kübel auf den Kübelwagen ab, hebt einen vollen Kübel empor und fährt ihn über die Bunker der Mahlanlage, in die er mit Hilfe der bekannten Entleervorrichtungen der Selbstgreiferkatze entladen wird. Die Einschienenkatzen haben eichfähige Wiegevorrichtungen, so daß jede Kohlenmenge, die zur Mahlanlage gelangt, gewogen werden kann.

Die Brechanlage für großstückige Kohle umfaßt zwei Hammermühlen von je 140 t/h Leistung, wovon ebenfalls die eine als Ersatz an die Stelle der andern treten kann.

Geschwindigkeiten, Motorgrößen und Leistungen:

1. Verladebrücken.

Brückenfahrgeschwindigkeit 19,5 m/min, Fahrmotor 91,1 PS.

Hubgeschwindigkeit der Katze 66,5 m/min, Hubmotor 177 PS.

Katzfahrgeschwindigkeit 360 m/min, Katzenfahrmotoren 2 × 47,6 PS.

Demag-Zweiseilgreifer.

2. Kübelwagen.

Fahrgeschwindigkeit 280 m/min, Fahrmotor 25,8 PS.

3. Einschienenkübelkatze über der Mahlanlage.

Hubgeschwindigkeit 360 m/min.

Die höchste Leistung unter der Voraussetzung, daß sich der Greifer gut füllen kann und die Kübel mit rd. 7,5 t mittlerer Füllung arbeiten, beträgt für jede Brücke, jede Einschienenkatze und für jede der beiden Hammermühlen 140 t/h.

Entaschung

Da noch nicht vorauszusehen war, ob die Rückstände in größeren Stücken oder nur als feinkörnige Schlacke anfallen würden, wurden die Schlackentrichter der Kessel mit großen Öffnungen (1,20 × 0,90 m²)



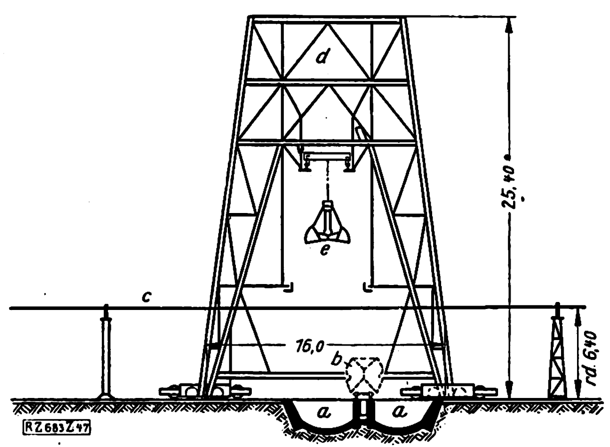


Abb. 46
Querschnitt durch die Kohlenschüttgrube mit Lagerplatzbrücke und Greifer

a Schüttgrube
b Großgüterwagen
c Schleifleitungen für die Standbahn
d Lagerplatzbrücke
e Greifer

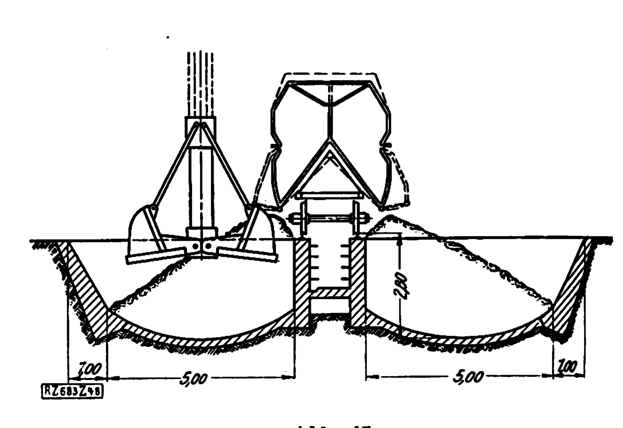


Abb. 47
Einzelheiten der Kohlenschüttgrube

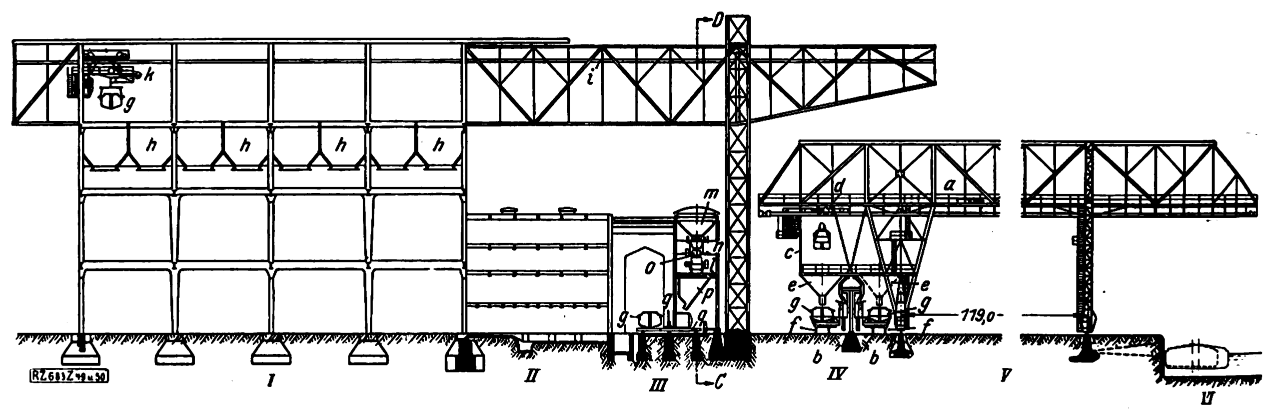


Abb. 48 und 49
Kohlenförderanlage, Längs- und Querschnitt

ausgestattet. In Anbetracht der großen Aschen- und Schlackenmengen und des geringen Raumes zwischen den Fundamenten wurde Spülentaschung mit Gefällerinnen verwendet. Diese Anlagen haben sich in Amerika gut bewährt.

Das Aufgeben der Schlacke in diese Rinnen wurde mit Vorrichtungen der Firma Kosmos, Görlitz, und einer solchen des Betriebsdirektors Dr. W e l l m a n n erprobt; später wurden an fast allen Schlackentrichtern die Wellmannschen Vorrichtungen, Abb. 50 und 51, angebracht. Unter den Flugaschentrichtern sind Vorrichtungen von R o t h s t e i n, Leipzig, angehängt, Abb. 52; hier fällt die Asche in ein Becken, aus dem sie ein Wasserstrahl über ein S-Rohr, in das nochmals Wasser eingeführt wird, hinausspült. Auf diesem Wege wird die Flugasche abgelöscht und genügend durchfeuchtet.

Die Aschenrinnen im Kesselhaus, Abb. 53 und 54, haben 1,5 vH Gefäll und sind mit Schmelzbasaltplatten an der Sohle ausgekleidet und mit Treibdüsen von Rothstein, Leipzig, versehen.

Da klare Erfahrungen über Absitzbecken an andrer Stelle nicht zu

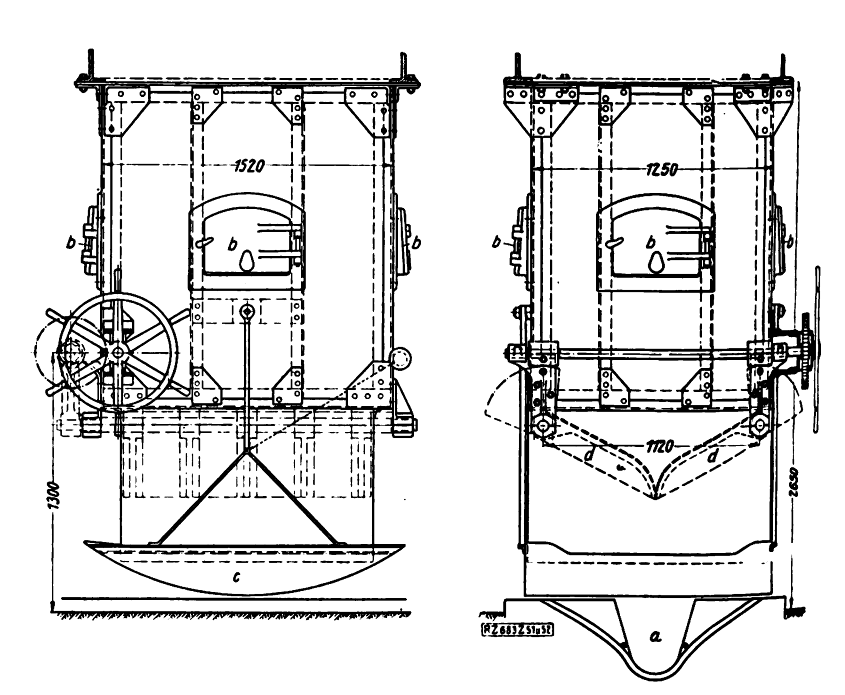


Abb. 50 und 51
Wellmannscher Schlackenfänger, Außenansichten

a Spülrinne *b* Überwachungs- und Stochertüren *c* Schwingschale mit Wasserverschluß *d* aufklappbarer Boden, von dem die Schlacke nach der vorher zur Seite gezogenen Schwingschale in den Aschenkanal fällt und dort durch Spülwasser entfernt wird



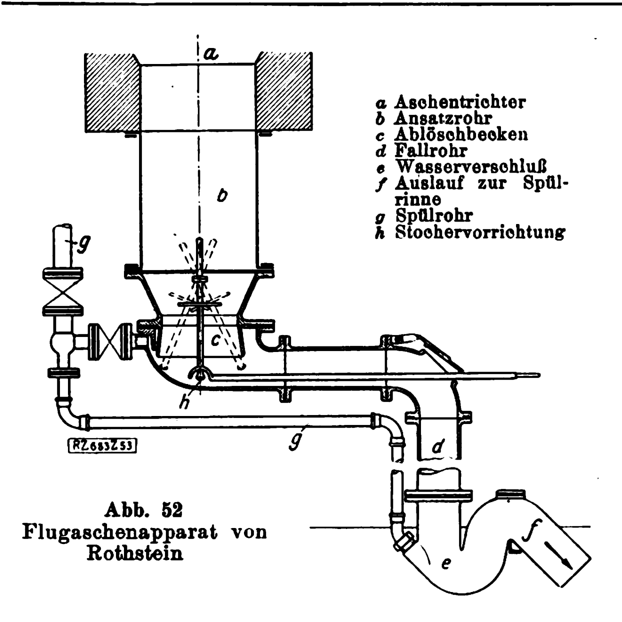
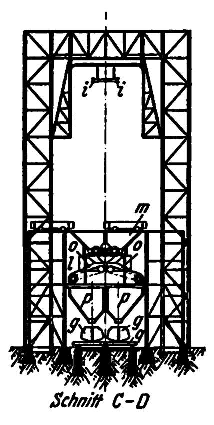


Abb. 52
Flugaschenapparat von Rothstein



Erklärung zu Abb. 48 und 49

I Kohlenmahlanlage
II Schaltanlage 6000/380 V
III Brecher
IV Standbahnen
V Kohlenlagerplatz
VI Stichkanal
a Lagerplatzbrücke
b Standbahnen
c Hängegerüst für Fülltrichter
d Greiferkatze
e Fülltrichter
f Kübelwagen
g Kübel
h Rohkohlenbunker
i Fahrbahn der Kübelkatzen
k Einschienenkatze
l Hammermühle
m Einleertrichter
n Walzenbrecher
o Schüttelsieb
p Füllrumpf
q Drehscheibe

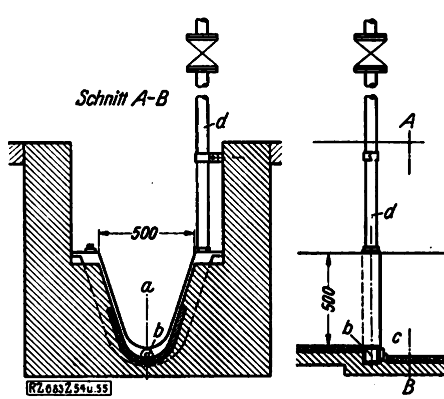


Abb. 53 und 54
Aschenspülkanal, Quer- und Längsschnitt

a Spülrinne c Sohlenstufe
b Spüldüse d Spülwasserleitung

erlangen waren, Erfahrungen mit der Asche und Schlacke von Kohlenstaub nicht vorlagen und die Feinheit dieser Abfälle nicht vorauszusehen war, wurde vorläufig ein zweiteiliges Becken vor dem Kesselhaus angelegt, Abb. 55, das zu Versuchen dienen soll. Über dem Becken ist ein Greiferkran zum Verladen der Asche in Bahnwagen aufgestellt.

Zur Kennzeichnung der

Leistungen bei der Ausführung

dieses Baues seien einige Zahlen angeführt:

Auszuschachtende Masse		405 000 m³
Betonverbrauch		72 000 „
Mauerwerk		21 000 „
Gewicht der Eisenkonstruktionen rd.		18 000 t
Zur Baustelle rollten im ganzen 9000 Eisenbahnwagen mit		133 000 t
Umbauter Raum aller Gebäude		502 550 m³
davon Kesselhäuser	197 300 m³	
Vorwärmanlage	42 700 „	
Maschinenhaus	91 550 „	
Vorbau am Maschinenhaus	39 150 „	
30 kV-Schalthaus	56 700 „	
Verwaltungsgebäude	16 400 „	
Kohlenmahlanlage	44 600 „	
Werkstatt- und Lagergebäude	14 200 „	

Insgesamt bebaute Fläche 20 716 m².

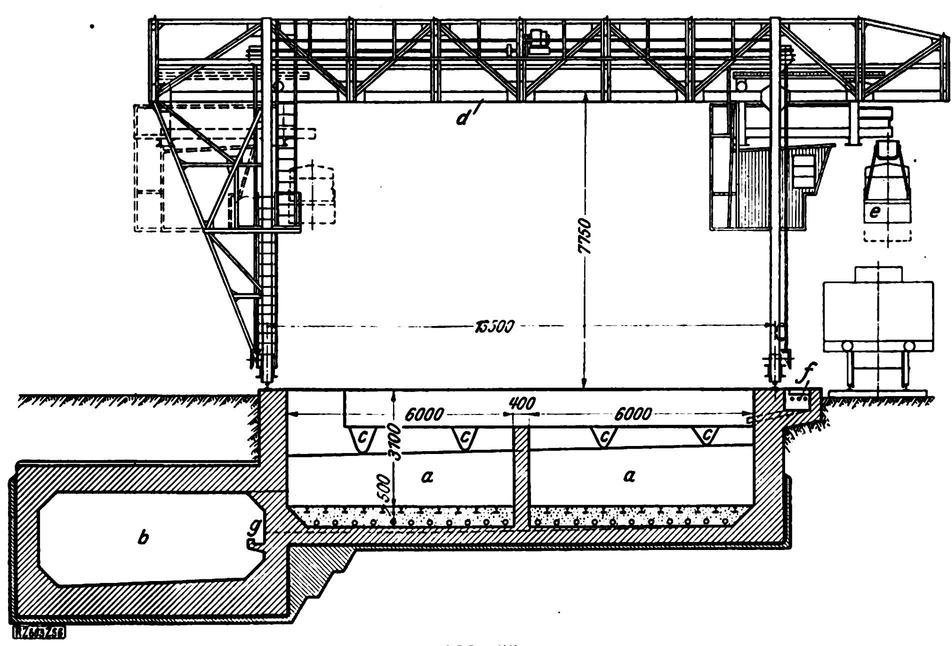


Abb. 55
Aschen-Absitzbecken mit Greiferkran

a Absitzbecken
b Sammelbecken
c Mündung der Spülkanäle
d Portalkran
e Greifer
f Schleifleitung
g Verteilrinne



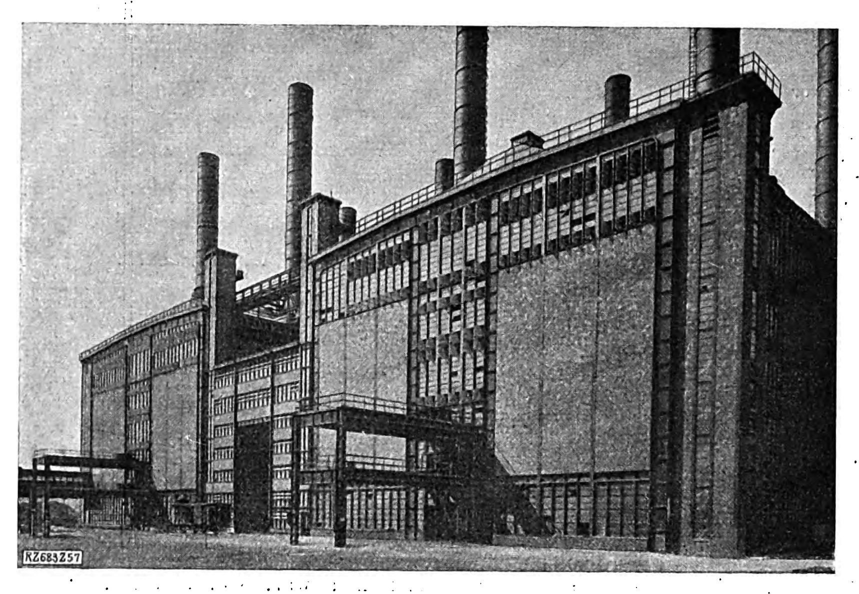
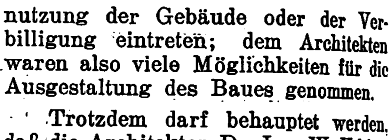


Abb. 56
Ansicht der Kesselhäuser und der Vorwärmeranlage

An die Baupolizei und sonstige Behörden wurden insgesamt 217 Baugenehmigungs-Gesuche mit 660 Blatt Zeichnungen, meist in dreifacher, zum Teil auch in vierfacher Ausfertigung eingereicht.

Architektur

Der nach betriebspraktischen und technischen Forderungen bearbeitete Grundriß ergab eine Baumasse, an die der Architekt gebunden war. Veränderungen konnten nur aus dem Gesichtspunkt der praktischen Aus-



nutzung der Gebäude oder der Verbilligung eintreten; dem Architekten waren also viele Möglichkeiten für die Ausgestaltung des Baues genommen.

Trotzdem darf behauptet werden, daß die Architekten Dr.-Ing. W. Klingenberg und Werner Issel, Berlin-Lichterfelde, eine hervorragend künstlerische Lösung gefunden haben, die weder gesucht moderne Formen verwendet, noch an veralteten Überlieferungen hängt, sondern dem Zweck feinfühlig folgt. Das ist nicht zuletzt die Folge der jahrzehntelangen Zusammenarbeit der AEG mit diesen Architekten, die sich auch in die maschinen- und elektrotechnischen Bedingungen eingearbeitet haben[9]).

Die Architekten wurden schon bei den ersten Entwurfarbeiten herangezogen und konnten nicht nur bei Einzelheiten, sondern auch bei der ganzen

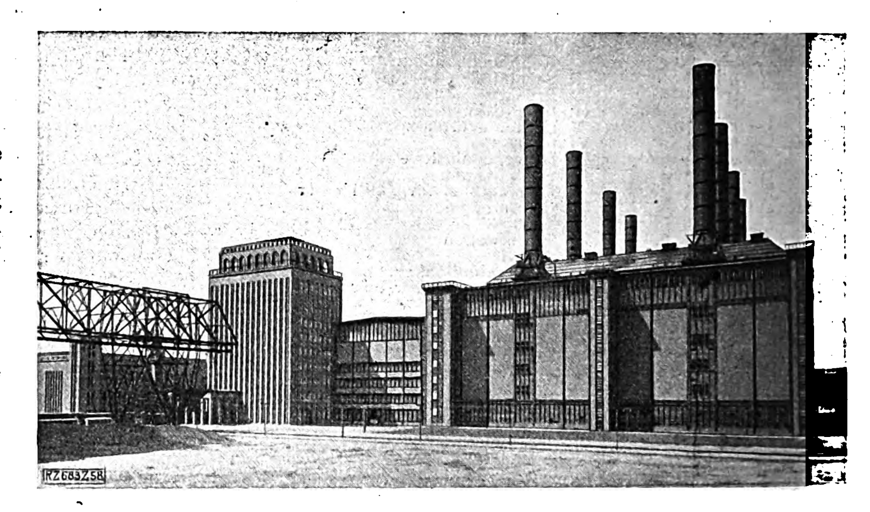


Abb. 57
Ansicht der Gebäude vom Kohlenlagerplatz aus

Verteilung der Massen ihren Einfluß geltend machen. Abb. 56 bis 58 sowie das Titelbild auf S. 1841 machen die Gesamtwirkung der Anlage zur Genüge ersichtlich. Für die Außenflächen sind durchweg gemischtfarbige Ilseklinker verwendet. Die Gliederung der Eisenbauten ist nirgends durch Architektur verdeckt, sondern zu einem harmonischen Zusammenbau verwendet worden. Auch das Muster der Fachwände ergab sich durch die auf S. 1846 erwähnten, aus Ersparnisgründen vorgesetzten hochkantigen Prüßwände.

[9]) Siehe das Architekturwerk: G. Laube, „Das Großkraftwerk Klingenberg". Berlin 1927, Ernst Wasmuth.

[B 683]

Abb. 58. Ansicht der Kohlenmahlanlage

Laube: Die Bauanlagen des Großkraftwerkes Klingenberg

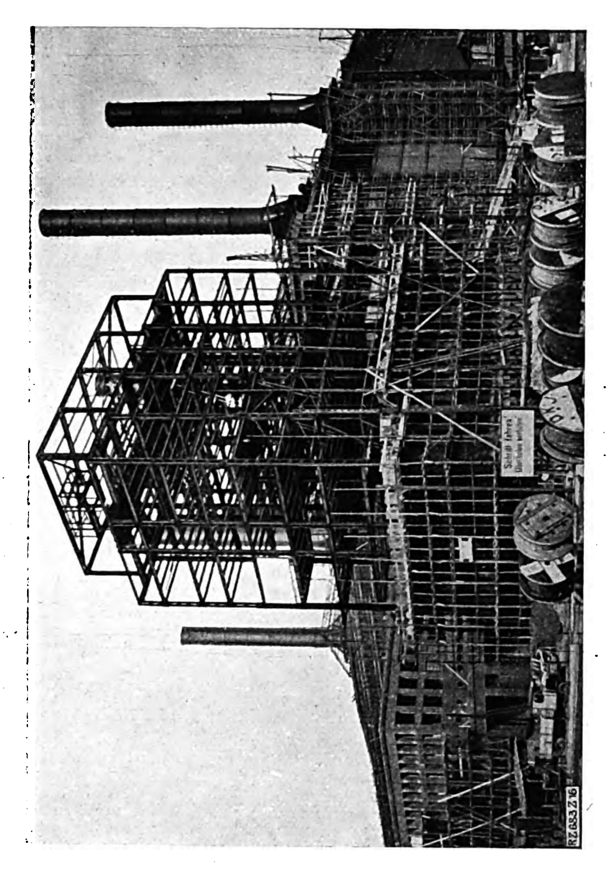


Abb. 16 Aufstellung der Eisenkonstruktion des Verwaltungsgebäudes

Zu Abb. 16 Die Außenfront der unteren drei Stockwerke ist bereits ausgemauert, bei fünf Stockwerken ist die Betondecke fertig

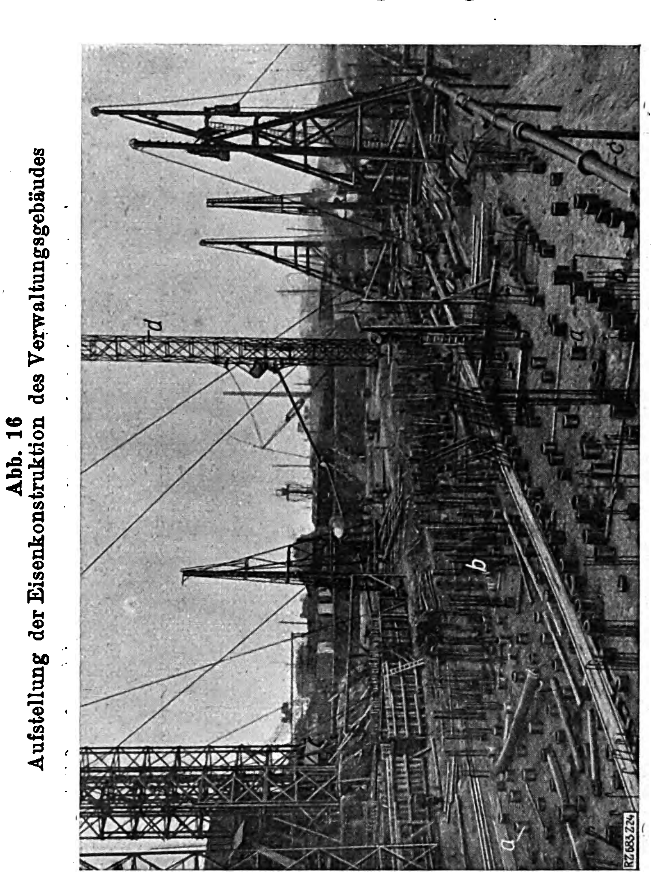


Abb. 24 Pfahlgründung der Hauptturbinenfundamente

Zu Abb. 24
a eingerammte Pfahlblechhülsen
b ausbetonierte Pfähle mit Eisenbewehrung zum Anschluß an die Betonfundamentplatte der Turbine
c Wasserhaltung
d Gießturm für Beton

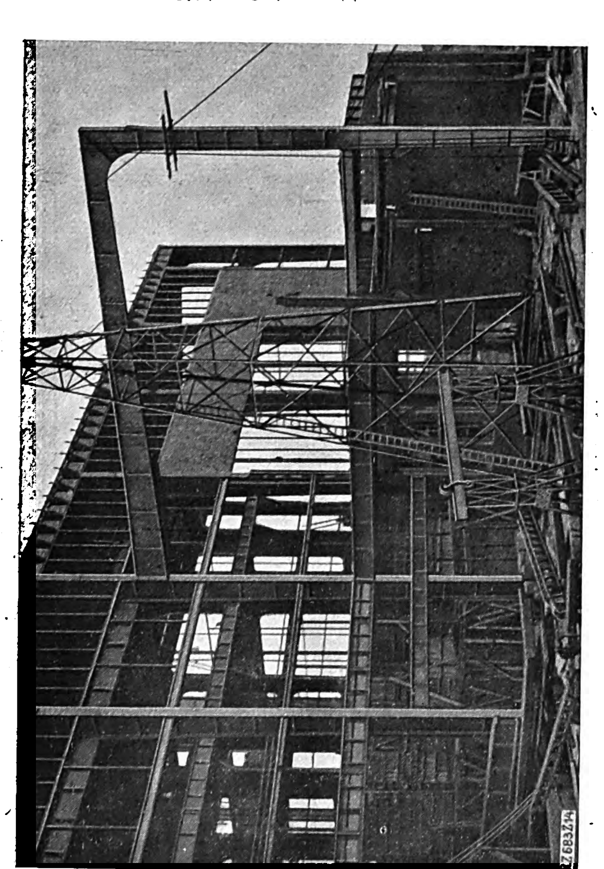


Abb. 14 Aufstellung des ersten Binders des Turbinenhausbaues

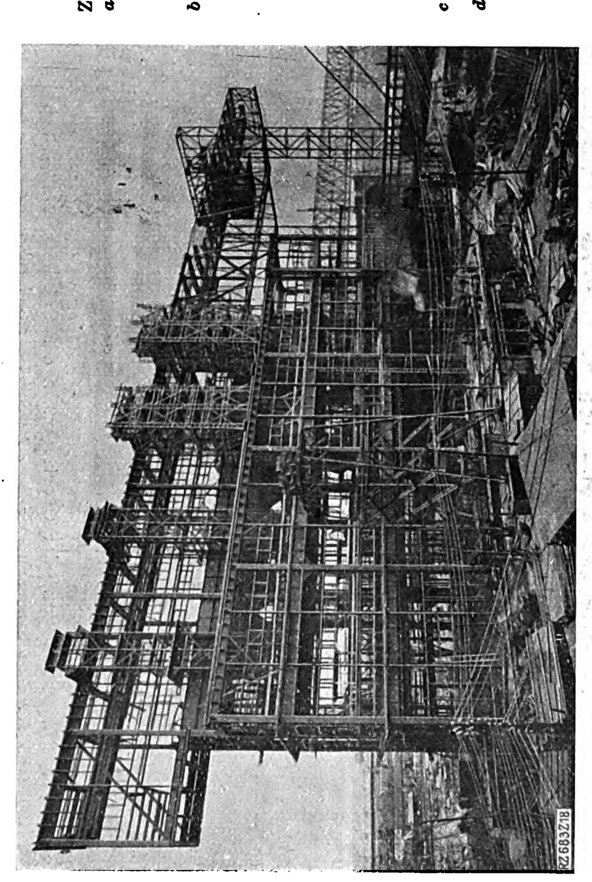


Abb. 18 Eisenkonstruktion der Kohlenmahlanlage

Die Kesselanlage des Großkraftwerkes Klingenberg

Von Friedrich Münzinger, Berlin

(Hierzu Tafel 9 und Textblatt 34)

Ergebnis der Ausschreibungen — Bemessung der Kesselgröße — Begründung des AEG-Entwurfes — Vergebung der Aufträge — Ausführung der Einzelheiten — Verbindung zwischen Kessel und Kesselhaus — Anordnung der Saugzuganlagen — Meßvorrichtungen — Aufbereitung und Förderung des Kohlenstaubes

Die Lage der deutschen Dampfkesselindustrie war Anfang 1925 wegen Streikgefahr, Kapitalmangel und Arbeitslosigkeit sehr schwierig. Die Material- und Bauvorschriften für Dampfkessel befanden sich in der Umarbeitung. Die für Bau und Aufstellung der Kessel verfügbare Zeit war außerordentlich kurz. Erfahrungen über den Temperaturverlauf der Rauchgase in großen Dampfkesseln mit Kohlenstaubfeuerung, über den Betrieb mit hoch vorgewärmter Verbrennungsluft und über hohe Speisewasser-Vorwärmung nach dem Regenerativverfahren lagen kaum vor. Deutsche Vorbilder für Kessel von 1500 bis 2000 m² Heizfläche gab es nicht, und der hohe Dampfdruck von 40 at war in Großbetrieben noch nicht erprobt. Besonders erschwerend wirkte aber, daß das Großkraftwerk Klingenberg ausschließlich auf die in Deutschland gleichfalls wenig erprobte Staubfeuerung eingestellt werden sollte.

Es mußte daher nicht nur billig und unter Ausnutzung der letzten Fortschritte, sondern auch mit großer Sorgfalt vorgegangen und gebaut werden, und es bedurfte zahlreicher, vorwiegend organisatorischer Maßnahmen, um mit der kurzen Bauzeit auszukommen und reibungslose Gemeinschaftsarbeit der zahlreichen Lieferfirmen zu erzielen. Zunächst lagen weder die Art der Feuerung, noch die Zahl, Größe, Leistung und Bauart der Kessel fest. Sicher war nur, daß die übliche Heizfläche von 500 bis 700 m² nicht ausreichen würde und zumindest auf 1500 m² übergangen werden müsse.

Die erste Ausschreibung

Die AEG schrieb daher erstmals im Dezember 1924 Kessel von rd. 2000 m² Heizfläche mit Wanderrosten oder Kohlenstaubfeuerung für folgende Betriebsverhältnisse aus:

Dampferzeugung . .	70 bis 100 t/h
Dampfüberdruck . .	37 at
Temperaturen:	
Speisewasser . . .	140 °C
Dampf	420 „
Verbrennungsluft	150 „

Sie empfahl besonders eine Anordnung mit übereinanderliegendem Kessel, Ekonomiser und Luftvorwärmer, stellte aber günstigere Vorschläge frei. Auf die erste Ausschreibung gingen sehr verschiedenartige Entwürfe ein, von denen hier nur einige besonders kennzeichnende besprochen seien.

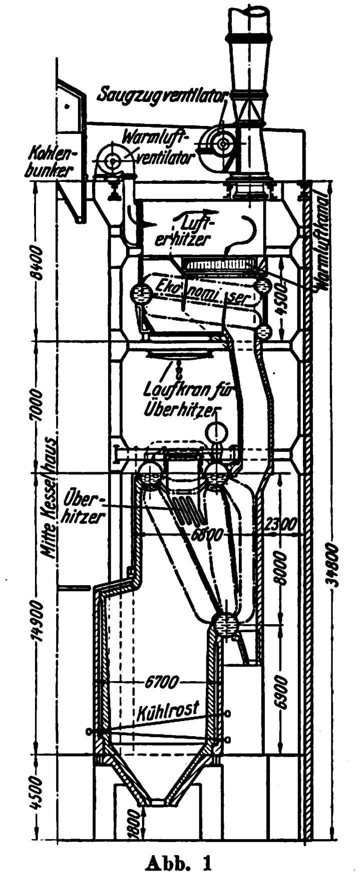


Abb. 1
Hanomag-Steilrohrkessel von 2000 m² Heizfläche mit Kohlenstaubfeuerung und Trommel-Ekonomiser (Entwurf)

Die Hanomag bot unter andern einen Dreitrommel-Steilrohrkessel mit darüber liegendem Ekonomiser und Luftvorwärmer an, bei dem die Warmluft durch seitliche, senkrechte Schächte innerhalb des glatten Kesselblockes zum Feuerraum strömt, Abb. 1. Luftvorwärmer und Ekonomiser sind liegend angeordnet. Die Ventilatoren für die Verbrennungsluftzufuhr und die Saugzuganlage stehen auf dem Dach und werden ebenso wie der Schornstein und der Kessel von einem einzigen Gerüst getragen.

Der von Steinmüller angebotene Einender-Steilrohrkessel besteht aus zwei voneinander unabhängigen Röhrenbündeln mit sehr stark gebogenen Röhren, Abb. 2 und 3. Der untere der Hitze ausgesetzte Teil der ersten Rohrreihe ist nur wenig geneigt, der obere gegen Berührung durch die Rauchgase geschützt, damit die langen Rohre nicht durch zu große Wärmeaufnahme überlastet werden. Erstes und zweites Rohrbündel haben getrennten Wasserumlauf. Der Luftvorwärmer ist liegend angeordnet, die Heißluft wird durch die hohlen Seitenwände dem Feuerraum zugeführt.

Auch der Kessel der Rota-Werke besteht aus mehreren unabhängigen Zweitrommelbündeln mit sehr stark gekrümmten Rohren, die aber im Gegensatz zum Steinmüller-Kessel nicht übereinander, sondern symmetrisch zur Kesselmittelebene angeordnet sind, Abb. 4. Er ist ein ausgesprochener Doppelenderkessel mit zwei voneinander durch den Kessel getrennten Heizerständen. Die Saugzuganlage ist auf das oben schräg zusammengezogene Kesselgerüst aufgesetzt.

Schon der Vergleich dieser Angebote zeigt, daß es nicht möglich gewesen wäre, derart verschiedene Kessel einigermaßen organisch in ein und dasselbe Kesselhaus einzugliedern. Hierauf mußte aber entscheidender Wert gelegt werden, weil man wegen der großen Arbeitslosigkeit, und um bei Streik oder Kapitalschwierigkeiten bei der einen oder der anderen Firma wenigstens einige Kessel beizeiten zu erhalten, mindestens 5 bis 6 Fabriken zur Lieferung heranziehen wollte. Schließlich war bei einer so bedeutenden und neuartigen Anlage die Zuziehung mehrerer Firmen auch deshalb erwünscht, weil man so möglichst vielseitige Erfahrungen nutzbar machen konnte.

Doppelenderkessel mit getrennten Heizerständen schieden aus, weil dies die Aufstellung der Schornsteine, die Unterbringung der Bunker und einige andere Dinge wesentlich erschwert oder verteuert hätte, und weil Kessel mit einem einzigen Heizerstand einfacher bedienbar sind. Auch wollte man mit der lichten Feuerraumbreite nicht über 9 m gehen, weil sonst das Gewicht der Feuerraumdecke und der Kesselstirnwand zu hoch und gegebenenfalls die Zufuhr der Sekundärluft nicht über die ganze Feuerraumbreite gleichmäßig geworden wäre. Nach dem Stande der Feuerungstechnik zu Anfang 1925 betrug bei 9 m Feuerraumbreite die größte Dampferzeugung eines Kessels etwa 65 bis 75 t/h.

Die größte Heizflächenbelastung wurde auf rd. 45 kg/m²h, entsprechend einer Gesamtheizfläche von 1700 bis 1800 m² festgesetzt, da man sonst, wenn die Abgastemperaturen wesentlich höher als angenommen sein sollten, bei der hohen Speisewassertemperatur von 140° durch späteren Einbau eines Ekonomisers nur noch wenig ändern konnte, und da man ferner damit rechnen mußte, daß auch ohne Ekonomiser die Abgastemperaturen so niedrig werden, daß sich ein Ekonomiser vielleicht nicht mehr recht lohnen würde.

Ein weiterer Grund für die Wahl einer verhältnismäßig niedrigen Heizflächenbelastung war die Hoffnung, mit fortschreitender Verbesserung der Brenner und der andern Feuerungseinrichtungen in vielleicht naher Zeit eine erheblich höhere Leistung aus der Brennkammer herausholen zu können, als angenommen worden war. In diesem Fall, der bereits eingetreten ist, war es aber erwünscht, auch bei hoher Kesselleistung günstigen Wirkungsgrad zu erzielen; dann aber durfte die Rauch-

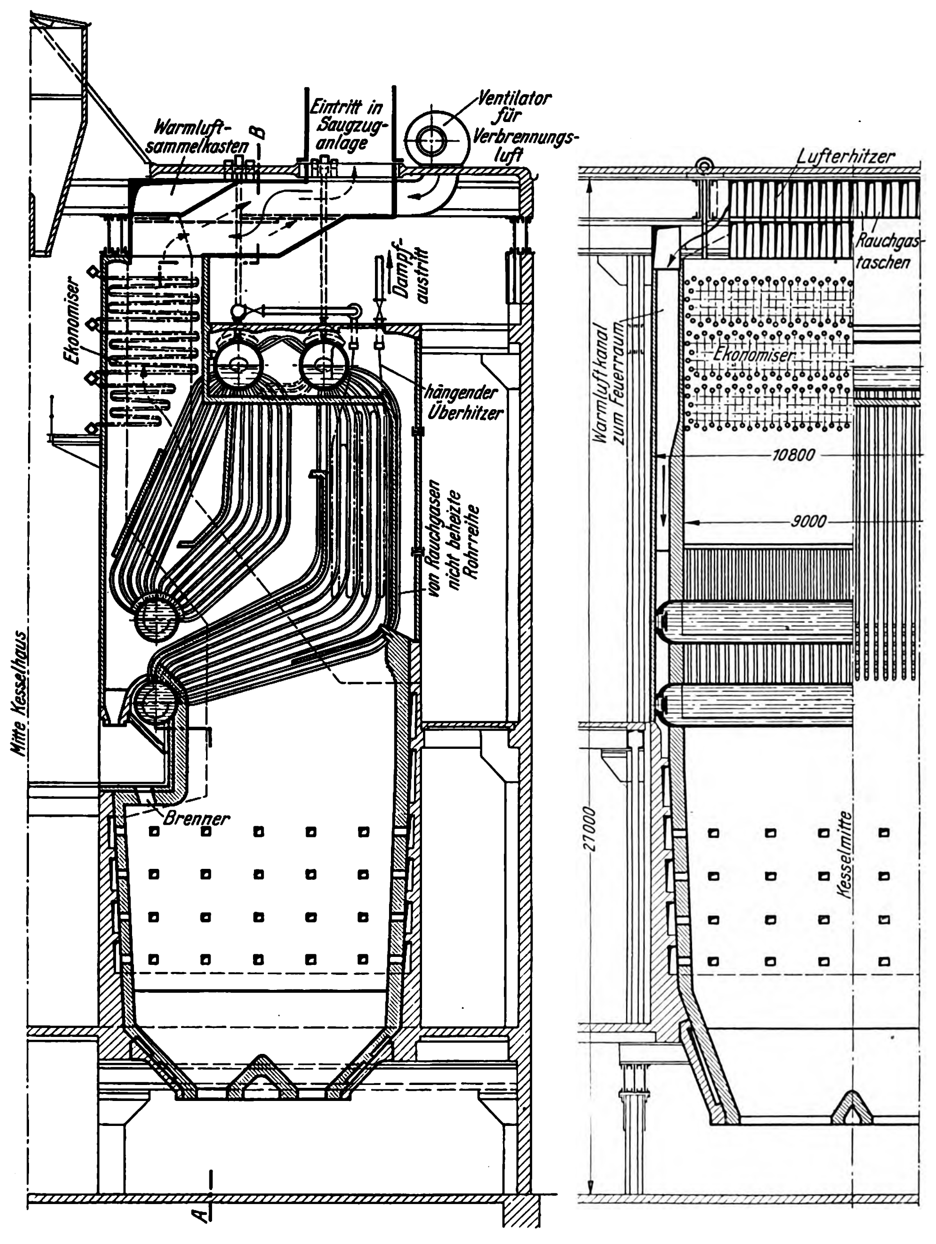


Abb. 2 und 3
Steinmüller-Steilrohrkessel von 1800 m² Heizfläche mit schmiedeisernem Ekonomiser und wagerechtem Luftvorwärmer (Entwurf)

gastemperatur am Eintritt des Luftvorwärmers nicht so hoch sein, daß die Warmlufttemperatur viel höher als für die Anlage geeignet war.

Der neue Entwurf

Die Besprechungen mit den Kesselfirmen hatten ergeben, daß bei 83 mm äußerem Durchmesser am stärksten beheizte Wasserrohre von 9600 mm größter Länge noch unbedenklich zulässig waren. Bei 1500 mm äußerem Trommeldurchmesser und 185 mm axialer Rohrteilung, unter die wegen der Möglichkeit des Zuwachsens der Rohrgassen durch Flugasche nicht gegangen werden sollte, ließen sich 1700 bis 1800 m² Heizfläche noch bequem in einem Dreitrommelkessel unterbringen. Von einem Kessel mit vier oder mehr Trommeln konnte unter diesen Umständen um so leichter abgesehen werden, als ausgedehnte eigene und fremde Erfahrungen überzeugend gezeigt hatten, daß richtig gebaute Dreitrommelkessel auch den höchsten Anforderungen genügen.

Da nur gebogene Rohre zugelassen und die Untertrommel in zwei gleichachsige Trommeln von etwa halber Länge aufgeteilt wurden, war der Kessel trotz seiner großen Breite sehr elastisch. Die Kesselheizfläche wurde daher, einschließlich der Kühlfläche im Feuerraum, auf 1750 m², die lichte Feuerraumbreite auf 8600 mm und die Außenbreite des Kesselblockes auf 10 600 mm festgesetzt.

Auf die Weiterbearbeitung der Rostfeuerungen wurde nach sorgfältigen wirtschaftlichen Überlegungen frühzeitig verzichtet. Maßgebend hierfür war auch, daß die verschiedenartigsten Brennstoffe verfeuert werden mußten, daß die Verwendung hochvorgewärmter Luft bei Rostfeuerungen voraussichtlich größere Schwierigkeiten bereitet hätte und daß die hohe von einem Kessel verlangte Dampfleistung mit Staubfeuerung sicherer erreichbar war.

Hinsichtlich der Gesamtanordnung von Kessel, Ekonomiser und Luftvorwärmer befriedigte keiner der eingegangenen, teilweise sehr eigenartigen Entwürfe voll. Teils war die Gesamthöhe unerwünscht groß, teils die Zugänglichkeit und Auswechselbarkeit von Teilen mangelhaft. Senkrechte Anordnung von Kessel, Ekonomiser und Luftvorwärmer übereinander ergab wohl kleine Grundfläche und gedrängten Gesamtaufbau, aber schwierige Entaschung und Reinhaltung der hochliegenden Teile. Die Eisenkonstruktion des Gebäudes und das Kesselgerüst wären infolge der großen Höhe sehr teuer geworden und der Ersatz schadhafter Luftvorwärmertaschen hätte Schwierigkeiten bereitet.

Auch die in einigen Angeboten vorgeschlagene Zufuhr von Warmluft zum Feuerraum befriedigte nicht. Freiliegende Blechkanäle, die einige Firmen hierfür vorgesehen hatten, verschlechterten die Zugänglichkeit, bedingten eine teure und empfindliche Isolierung und vergrößerten die Wärmeverluste. Einige der angebotenen Doppelenderkessel hätten nicht paarweise an einen Schornstein angeschlossen werden können; einen Schornstein für jeden Kessel aufzustellen, war aber zu teuer. Die Schornsteine unmittelbar über den Kesseln aufstellen wollte man gleichfalls nicht der hohen Kosten und der Befürchtung wegen, daß die Genehmigung dieser Bauweise gar nicht oder erst nach langwierigen Verhandlungen erreicht werden würde.

Vor allem aber mußte man, um die Kessellieferungen unter mehrere Firmen verteilen zu können, eine Gesamtanordnung finden, die nahezu gleiche äußere Abmessungen des Kesselblocks ergab, gleichgültig, welche Firma später die Kessel lieferte. Es hätte übrigens auch die Herstellung der Eisenkonstruktion des Gebäudes sehr erschwert und verhängnisvolle Irrtümer bei ihrer Aufstellung herbeiführen können, wenn die einzelnen Felder des Kesselhauses verschieden bemessen worden wären.

Der AEG kam nun sehr zustatten, daß sie sich bereits seit 1920 mit dem Entwurf von Großkesseln mit Staubfeuerung eingehend beschäftigt, im Zusammenhang hiermit eigene Versuche an Staubfeuerungen aufgenommen und schon sehr frühzeitig, als noch die Verwendung hochvorgewärmter Verbrennungsluft in Deutschland kaum Interesse fand, gemeinsam mit einer Sonderfirma einen geeigneten Luftvorwärmer entwickelt hatte.

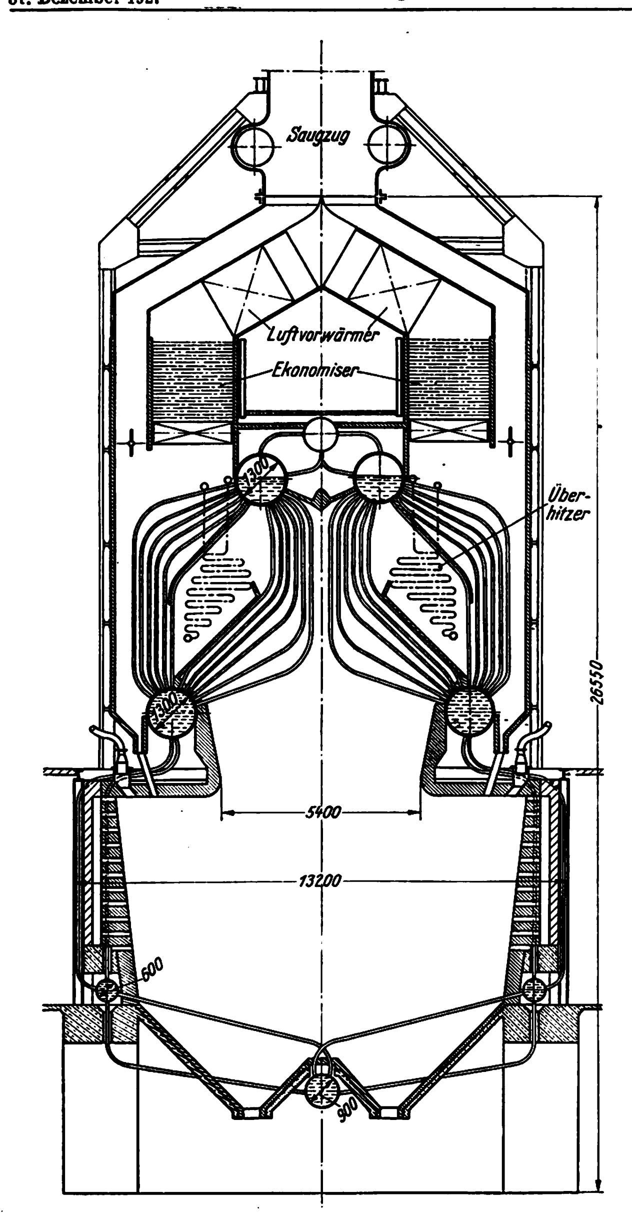
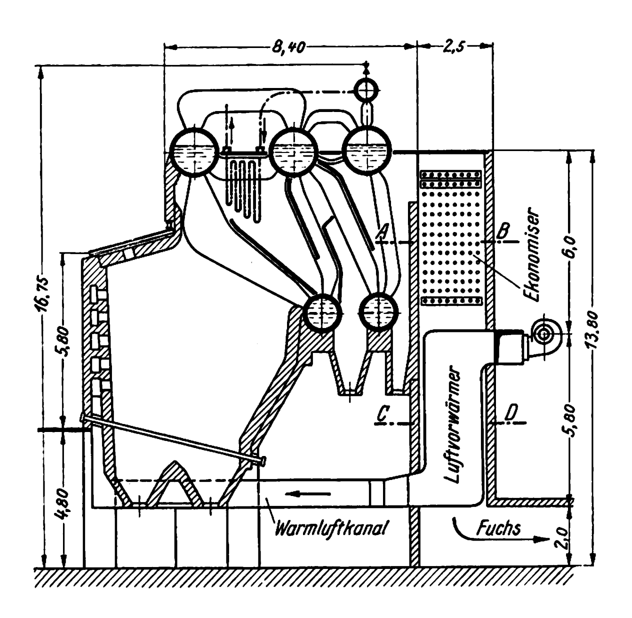


Abb. 4
Steilrohrkessel der Rota-Werke von 1800 m² Heizfläche mit schmiedeisernem Ekonomiser und im Winkel zueinander angeordneten Luftvorwärmern (Entwurf)



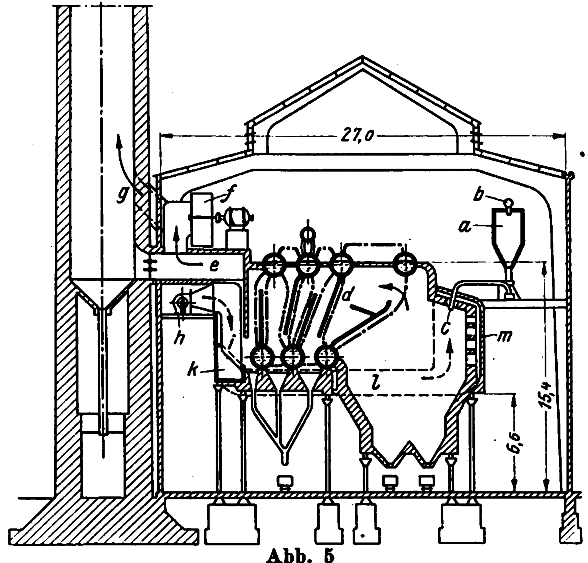


Abb. 5
AEG-Entwurf eines Großkessels mit Kohlenstaubfeuerung und Luftvorwärmer vom Frühjahr 1924

a Staubbunker
b Staubzuführung
c Brenner
d Kessel
e Fuchs
f Ventilator
g Schornstein
h Ventilator für *i*
i Luftvorwärmer
k Warmluftkammer
l Warmluftkanal
m Vorderwand des Feuerraums

Von den dabei entstandenen Entwürfen betrifft der aus dem Frühjahr 1924 stammende, Abb. 5, einen Fünftrommelkessel und einen Zweitrommel-Ekonomiser, der auch als Dampferzeuger arbeiten kann. Die unteren Enden der Taschen des an die Kesselrückwand angebauten Luftvorwärmers sind an einen Blechkasten mit schräger Decke angeschlossen. Da die Kesselbauvorschriften keine Schornsteine über den Kesseln zuließen, sollten 3 bis 6 Kessel an einen gemauerten Kamin *g* angeschlossen und der Zug bei hoher Last durch Gebläse *f* erzeugt werden. Die Warmluft wird durch Kanäle *l* in den Seitenwänden des Kessels nach dem Feuerraum geleitet.

Auch der Entwurf vom Sommer 1924 hatte noch gemauerte Schornsteine und gemauerte, im Aschenkeller liegende Sammelfüchse, Abb. 6 und 7. Die in zwei Hälften geteilten Ekonomiser und Luftvorwärmer sind an der Rückseite des Fünftrommelkessels übereinander angeordnet. Der Luftvorwärmer liegt in Höhe des Feuerraums, dem die Warmluft durch Kanäle zwischen den Schlackentrichtern zuströmt. Dieser Entwurf hatte vor allem den Mangel, daß die Luft nicht im Gegenstrom durch den Vorwärmer fließt, der daher sehr groß geworden wäre und bei niedriger Abgastemperatur keine hohen Lufttemperaturen geliefert hätte.

Die Durcharbeitung dieser Entwürfe hatte aber deutlich gezeigt, daß ein Großkraftwerk ohne Verlegung der Saugzuganlagen und der Schornsteine auf das Kesselhausdach nicht billig gebaut werden und neuzeitlichen Anforderungen entsprechen kann. Die AEG arbeitete daher im Frühjahr 1925 einen neuen Entwurf aus, Abb. 8 bis 10, der zur Ausführung bestimmt wurde. Die der Ausfüh-

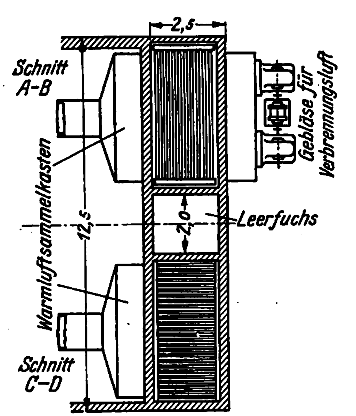
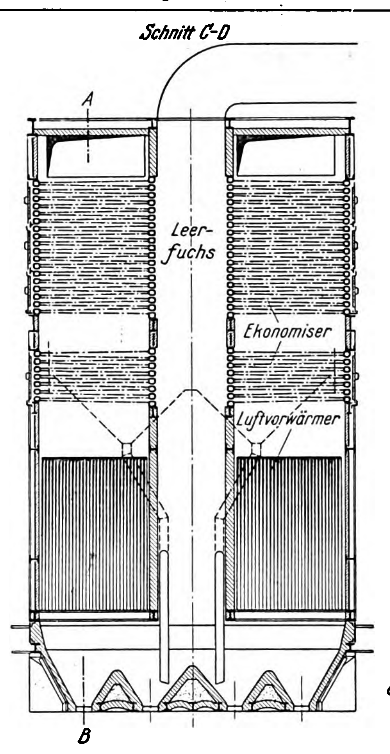


Abb. 6 und 7
AEG-Entwurf eines Großkessels mit Kohlenstaubfeuerung, Ekonomiser und Luftvorwärmer vom Sommer 1924

rung zu Grunde gelegte Bauart ist aus Abb. 11 bis 16, Taf. 9, zu ersehen. Ekonomiser und Luftvorwärmer sind ähnlich wie in Abb. 6 und 7 an der Rückseite des Kessels angeordnet. Die Luft umspült vor ihrem Eintritt in den Vorwärmer durch den sie im Gegenstrom zu den Rauchgasen fließt, die Schlackentrichter der Feuerkammer, um sie zu kühlen und um Wärmeverluste an ihren ausgedehnten Flächen und die dadurch verursachte Erwärmung der Luft im Aschenkeller zu vermeiden.

Vom Vorwärmer gelangt die Luft in eine zwischen Vorwärmer und die Feuerkammer eingebaute Warmluftkammer und von dort durch die hohlen Seitenwände nach der Vorderseite des Feuerraums, in den sie durch zahlreiche Schlitze eintritt. Jedes zweite Rohr der ersten Rohrreihe des Kessels tritt aus der Ebene der übrigen Rohre hervor, damit keine Brücken durch Flugasche gebildet werden. Die Einmauerung des Kessels ist von der der Verbrennungskammer getrennt, damit sich beide ungestört ausdehnen können. Die Kesseltrommeln hängen am Dach; Kesselgerüst und Ausmauerung stehen unabhängig davon auf einem eisernen Tragrost unter völliger Vermeidung von Fundamenten aus Eisenbeton oder Mauerwerk.

Bei dieser Anordnung wird die Mantelfläche des Kesselblockes außerordentlich klein und die Gesamthöhe nicht größer als der Kessel selber. Freiliegende Heißluftkanäle sind völlig vermieden. Die Überhitzer können ohne Beschädigung der Kesselummantelung als Ganzes nach oben



Schnitt A-B

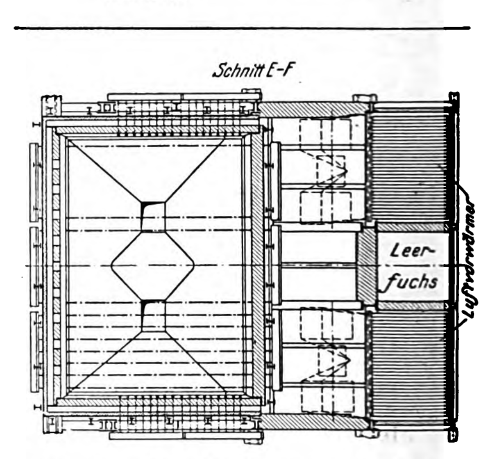
Ekonomiser

Luftvorwärmer

Warm-
luft-
kammer

Eintritt der Kaltluft

Hohlmantel



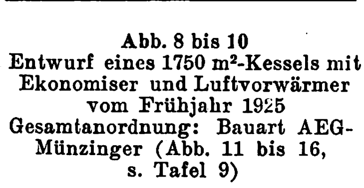


Abb. 8 bis 10
Entwurf eines 1750 m²-Kessels mit Ekonomiser und Luftvorwärmer vom Frühjahr 1925
Gesamtanordnung: Bauart AEG-Münzinger (Abb. 11 bis 16, s. Tafel 9)

a Kaltlufteintritt
b Hohlmantel
c Warmluftkammer
d Luftvorwärmer
e Ekonomiser
f Leerfuchs

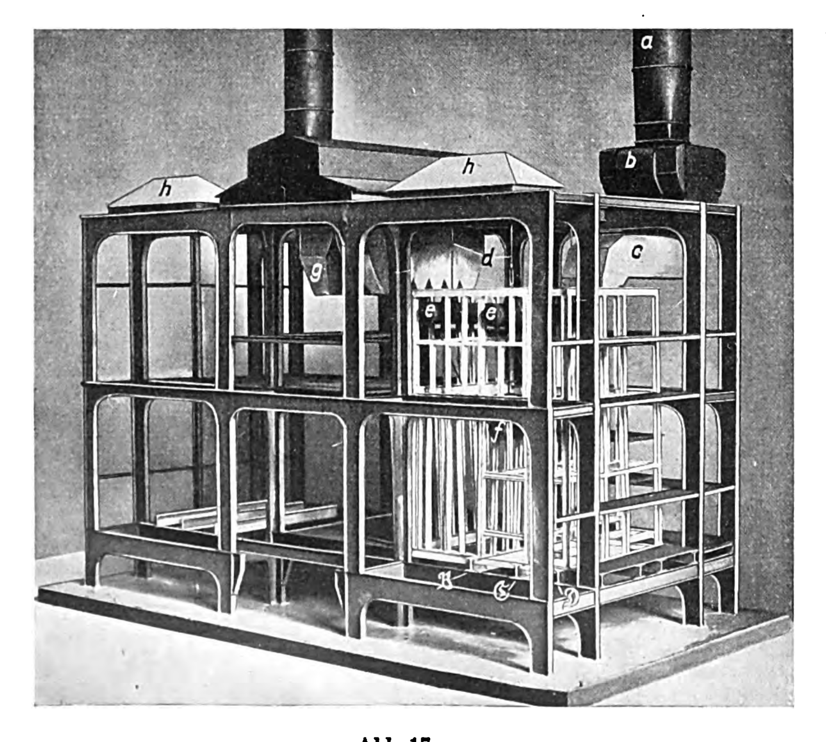


Abb. 17
Modell zum Erproben des vorteilhaftesten Zusammenbaues des Kessels mit der Eisenkonstruktion des Kesselhauses

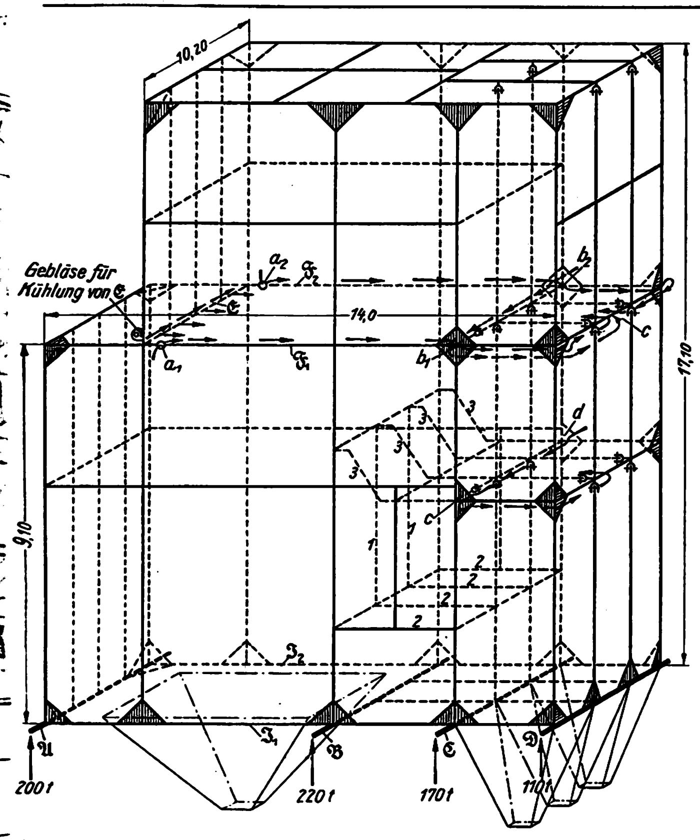
a Schornstein
b Saugzugventilator
c Fuchs
d Stangen zum Anhängen des Kessels
e Obertrommeln
f Untertrommel
g Oberlicht
h Staubbunker
𝔅, ℭ, 𝔇 Tragrostteile des Kessels

ausgebaut werden, die Ekonomiserschlangen nach der Seite, die Luftvorwärmertaschen nach hinten. Um die Zweckmäßigkeit der gewählten Anordnungen überprüfen und die vorteilhafteste Verbindung zwischen Kessel und Gebäude erproben zu können, wurde ein Pappmodell, Abb. 17, des Einbaus angefertigt, das vorzügliche Dienste geleistet hat. Zwischen je zwei 6,3 m voneinander entfernten Kesseln stehen in 4,4 m Entfernung zwei Binder des Gebäudes, auf die eine für zwei Kessel gemeinsame Saugzuganlage *b* und der Schornstein *a* aufgesetzt sind. Der Kessel hängt mit den Stangen *d* am Kesselhausdach, sein Gerüst und die Einmauerung ruhen auf dem aus den Trägern 𝔄, 𝔅, ℭ und 𝔇 bestehenden Tragrost, der mit den Kesselhausbindern verbunden ist.

Ausführung der Kesselbauten

Sofort nach Fertigstellung ihres Entwurfes richtete die AEG ein Gesuch an das Preußische Handelsministerium um Genehmigung der Kesselaufhängung am Dach und der Aufstellung der 70 m hohen Schornsteine und Saugzuganlagen über einen Teil des Kesselblockes; diesem Gesuch wurde bereits zwei Tage später, dank dem verständnisvollen Entgegenkommen von Min.-Rat Dr. Ulrich, entsprochen.





senkrechte Verbindung mit Langloch — wagerechte Verbindung mit Langloch — Eckversteifung

Abb. 18
Entwurf der AEG für das Kesselgerüst

$\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{C}$, $\mathfrak{D}$, $\mathfrak{J}_1$, $\mathfrak{J}_2$ Tragrost
11 Rückwand
222 Boden
333 Decke der Warmluftkammer
a_1, a_2 Eintritt von Kühlluft in die hohlen Träger $\mathfrak{F}_1$, $\mathfrak{F}_2$
→→→ Weg der Kühlluft
b_1 b_2, c, d Träger
$\mathfrak{E}$ Träger der Kesselstirnwand und Feuerraumdecke

Acht in die engere Wahl gezogene Kesselfirmen wurden alsdann gebeten, auf Grund dieses Entwurfes neue Angebote einzureichen. Die dazu erforderliche Zeit benutzte die AEG, Vorschläge für das Kesselgerüst, Abb. 18, die Warmluftkammer, die Kesselaufhängung am Dach, Abb. 19 bis 22, und die Einmauerung durchzuarbeiten, so daß sie kurz nach Auftragerteilung weitgehend durchgearbeitete Zeichnungen dieser Teile den Kesselfirmen übergeben konnte. Die BEWAG hatte den Wunsch, auch mit Teilkammerkesseln eigene Erfahrungen zu sammeln, nachdem die deutschen Babcock-Werke den Nachweis erbracht hatten, daß sich in den Hauptabmessungen des AEG-Entwurfes auch ein solcher Kessel unterbringen und das entsprechende Kesselhausfeld mit dem Tragrost genau so wie für die Dreitrommel-Steilrohrkessel ausführen lassen würde, Abb. 23 und 24. Die Aufträge wurden daher folgendermaßen verteilt:

B e r l i n e r F i r m e n:
A. Borsig: 3 Steilrohr- und 3 Teilkammerkessel,
Rota-Werke: 4 Steilrohrkessel.

A u s w ä r t i g e F i r m e n:
Babcock, Dürr, Hanomag, Linke-Hofmann, Piedboeuf, Steinmüller } je 1 Steilrohrkessel.

Die Kohlen-Scheidungs-Gesellschaft erhielt 12 und die AEG 4 Feuerungen in Auftrag. Zur Wahrung der Einheitlichkeit und des besseren Zusammenarbeitens wurde bestimmt, daß Kessel und Staubfeuerung womöglich von derselben Firma eingemauert werden sollten.

Parallel zu den Verhandlungen mit den Kesselfirmen führte die AEG Verhandlungen mit einigen Hüttenwerken über Herstellung und Abnahme der Kesseltrommeln. Damit nämlich die Kessel zur vorgeschriebenen Zeit fertiggestellt werden konnten, mußten die Kesseltrommeln wegen ihrer langen Lieferfrist bereits in Auftrag gegeben sein, bevor die Kesselfirmen die Aufträge auf die Kessel erhalten hatten. Die AEG traf daher mit der August-Thyssen-Hütte, der Firma Fried. Krupp A.-G. und dem Preß- und Walzwerk Reisholz Abkommen, wonach sie bei jeder dieser drei Firmen eine bestimmte Anzahl von Trommeln bestellte mit der Verpflichtung, sie in Reihen zu bestimmten, durch hohe Vertragstrafen gesicherten Terminen zu liefern.

Auch sämtliche Werkstoff- und Garantievorschriften wurden bereits vor Bestellung der Kessel einheitlich zwischen der AEG und den Walzwerken vereinbart, was sich außerordentlich bewährt hat. Streit wegen der Lieferfristen oder der Einhaltung der Garantien ist nicht vorgekommen, und sämtliche Trommeln konnten zur richtigen Zeit den Kesselfabriken übergeben werden. Hätte man ausschließlich geschmiedete Trommeln verwenden wollen, so wären die Kessel nicht früh genug fertig geworden, weil die Firma Krupp auf Grund des Friedensvertrages zahlreiche dafür geeignete Einrichtungen hatte zerstören müssen. Mit aus diesem Grunde wurden für die Dampfsammler und die Untertrommeln geschweißte Hochsicherheitstrommeln von Thyssen verwendet.

Zunächst werden nur zwei Kessel mit E k o n o m i s e r n ausgerüstet, weil die Angaben der Kesselfirmen über die erforderliche Ekonomisergröße um mehr als 100 vH voneinander abwichen. Es war daher einfacher, zunächst im Betriebe die zweckmäßigste Ekonomisergröße zu erproben, die Kessel aber so zu bauen, daß man später Ekonomiser ohne weiteres einbauen konnte. Die L u f t v o r w ä r m e r wurden reichlich bemessen, damit sie die vorgeschriebene Lufttemperatur

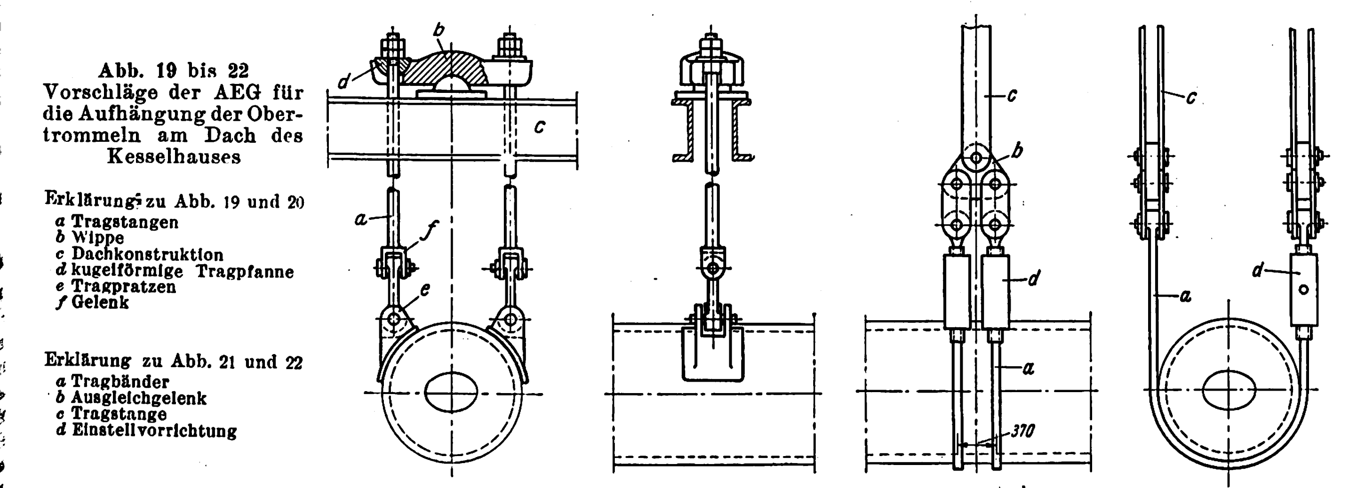


Abb. 19 bis 22
Vorschläge der AEG für die Aufhängung der Obertrommeln am Dach des Kesselhauses

Erklärung zu Abb. 19 und 20
a Tragstangen
b Wippe
c Dachkonstruktion
d kugelförmige Tragpfanne
e Tragpratzen
f Gelenk

Erklärung zu Abb. 21 und 22
a Tragbänder
b Ausgleichgelenk
c Tragstange
d Einstellvorrichtung

Abb. 23 und 24
Teilkammerkessel mit Ekonomiser und Luftvorwärmer, von Babcock und Borsig fast gleich ausgeführt.

von 150° auch dann ergeben, wenn es sich später als zweckmäßig erweisen sollte, Ekonomiser für eine etwas höhere Endtemperatur des Wassers, als ursprünglich vorgesehen, einzubauen, Abb. 25.

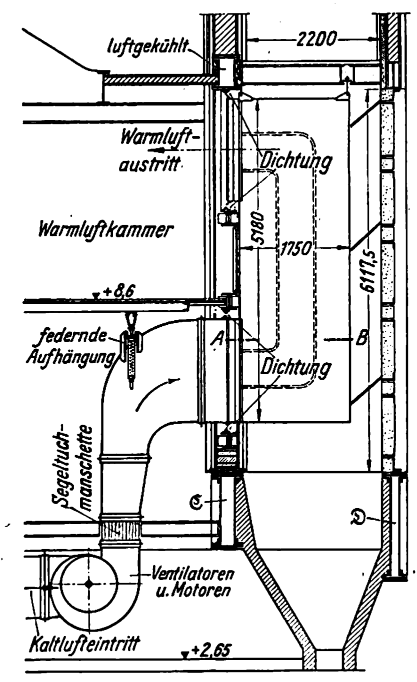


Abb. 25
Luftvorwärmer von R. Otto Meyer, Hamburg
C, D Träger des Kesseltragrostes

Ober- und Untertrommeln haben keinerlei Nietnähte, ihre Böden sind angekümpelt. Über die gesetzlichen Vorschriften hinaus schrieb die AEG vor, daß bei der Bemessung der Wanddicken die auftretenden Biegungsbeanspruchungen berücksichtigt werden und daß, bezogen auf die Streckgrenze bei 250°, die Obertrommeln 1,9fache Sicherheit und die Untertrommeln 1,8fache Sicherheit gegen Formänderung haben sollten. Die Wasserrohre haben bei allen Kesseln den gleichen Krümmungshalbmesser. Damit da, wo die gekümpelten Untertrommeln gegeneinander stoßen, keine Lücken in der Rohrteilung entstehen, ist ein Teil der Kümpelung mit Rohren besetzt, die in zwei Ebenen gebogen sind. Die zweckmäßigste Teilung dieser Rohre wurde an einem maßstäblich ausgeführten Modell erprobt.

Sämtliche Untertrommeln sind durch Formsteine, auf der Feuerraumseite noch durch Diatomitsteine abgedeckt, die Obertrommeln wurden nach einem Vorschlag der AEG durch Torkretieren geschützt, Abb. 26. Die AEG schlug weiter vor, die Kesseltrommeln auf ¼ bis ⅕ ihrer Länge mittels Pratzen oder um die Trommel geschlungener Bänder aufzuhängen, damit tunlichst geringe Biegungsbeanspruchungen auftreten. Die richtige Lage dieser Aufhängungen wird bei Einbau der Kessel mit Hilfe von Spannschlössern eingestellt, vergl. Abb. 19 bis 22 und Abb. 27, Textbl. 34. Gleichmäßige Belastung sämtlicher Tragbänder wird durch Aufhängung der Tragbänder an Wippen erzielt.

Die Überhitzer wurden sehr reichlich bemessen und nach dem Vorschlag der AEG in der Breite und Tiefe die Kessel in mehrere Abschnitte geteilt, Abb. 28. Zwischen der vorderen und hinteren Überhitzerhälfte jedes Kessels wurden leicht verstellbare Zugscheidewände aus Gußeisen eingehängt, womit man die gewünschte Überhitzung leicht regeln kann, falls sich die Überhitzer als zu groß erweisen sollten. Das Kesselhausdach liegt rd

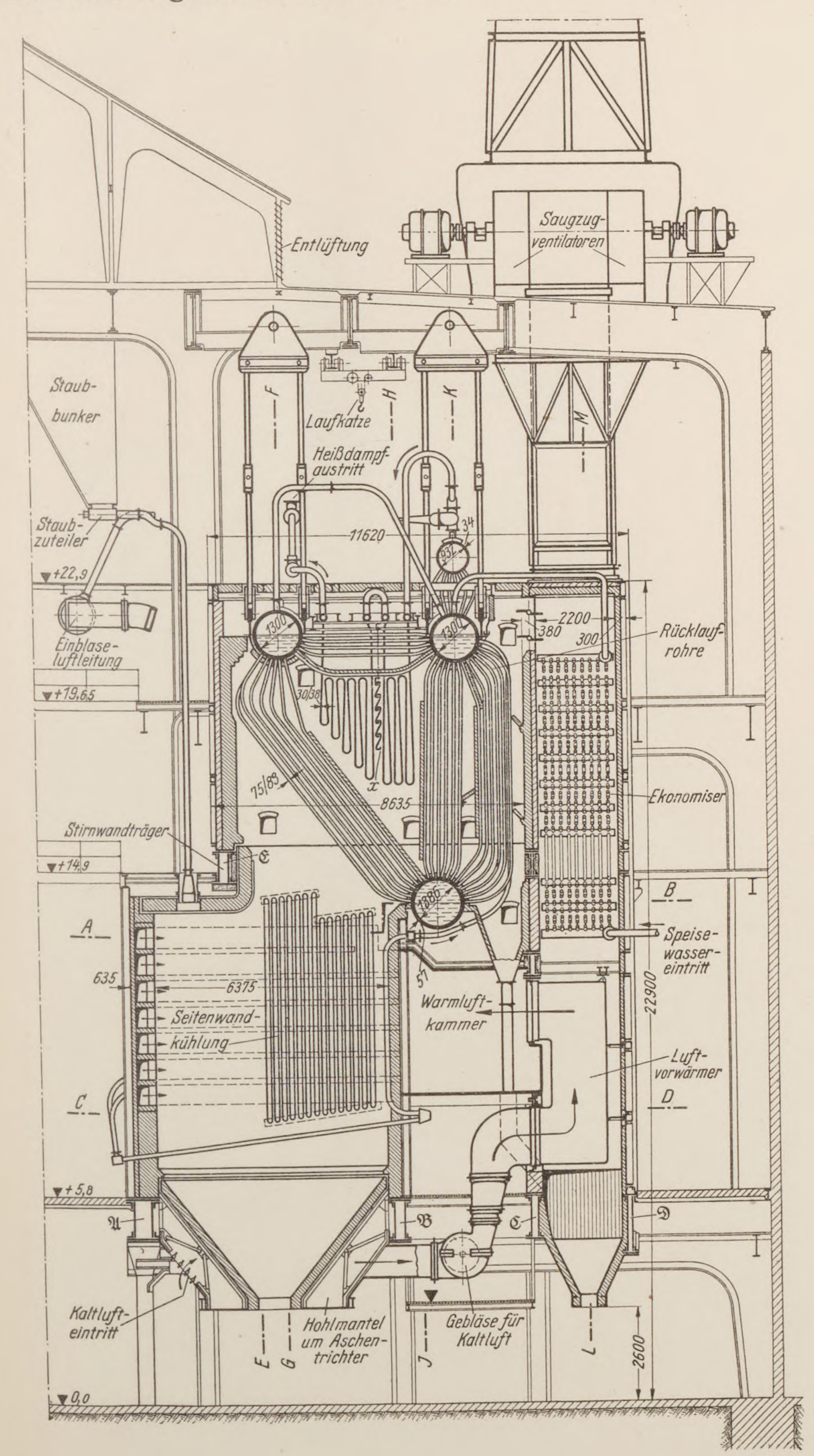


Abb. 11

Abb. 13

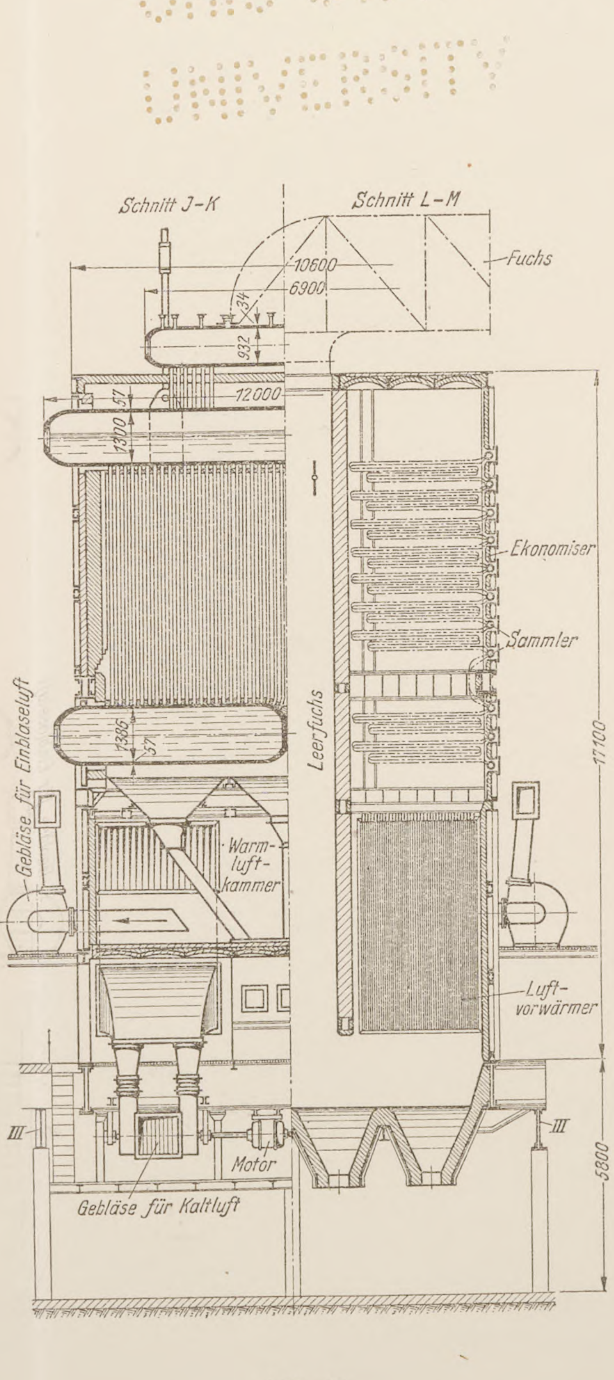


Abb. 14

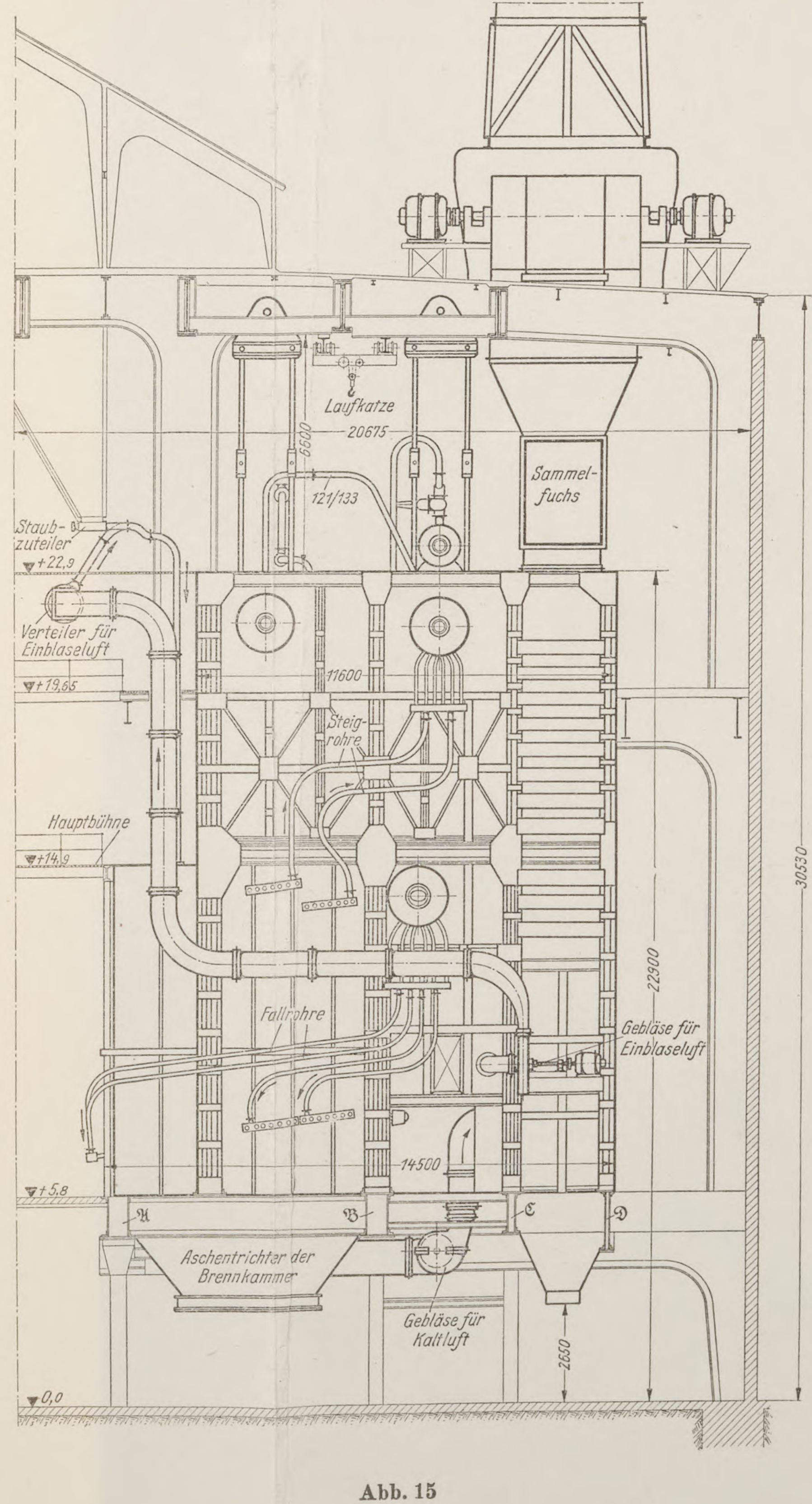


Abb. 15

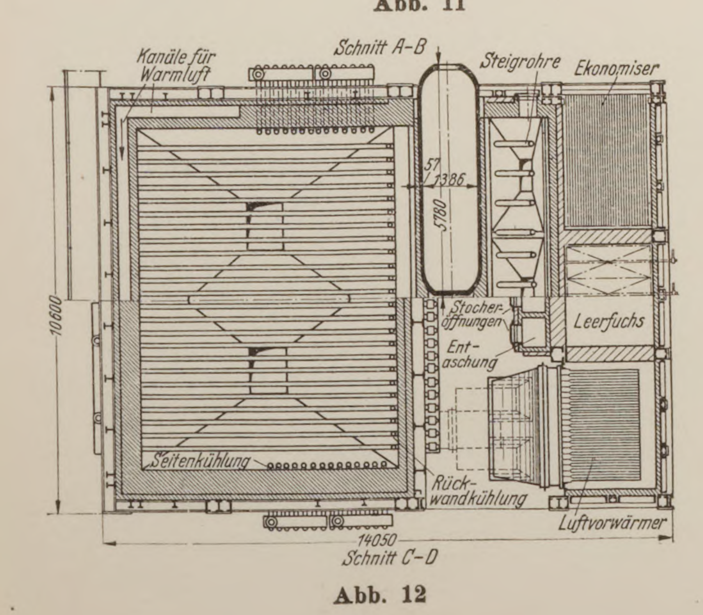


Abb. 12

Abb. 11 bis 16
Steilrohrkessel von 1750 m² Heizfläche mit Ekonomiser und Luftvorwärmer
Bauart AEG-Münzinger

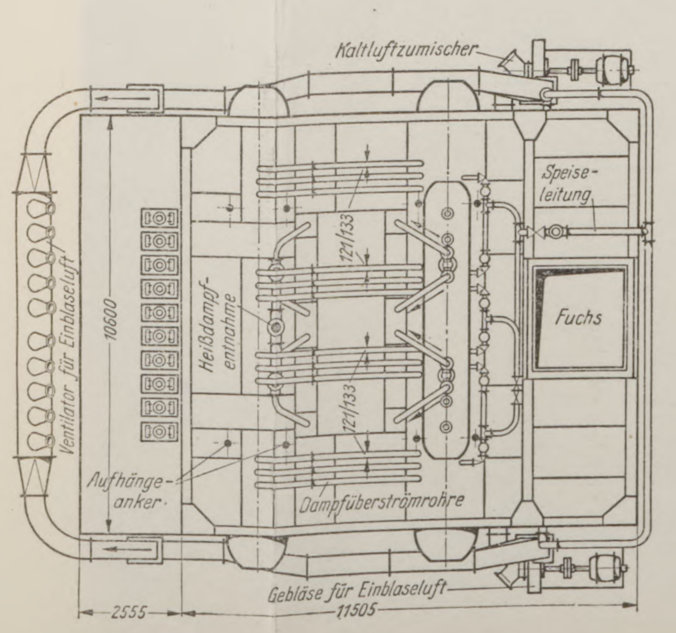
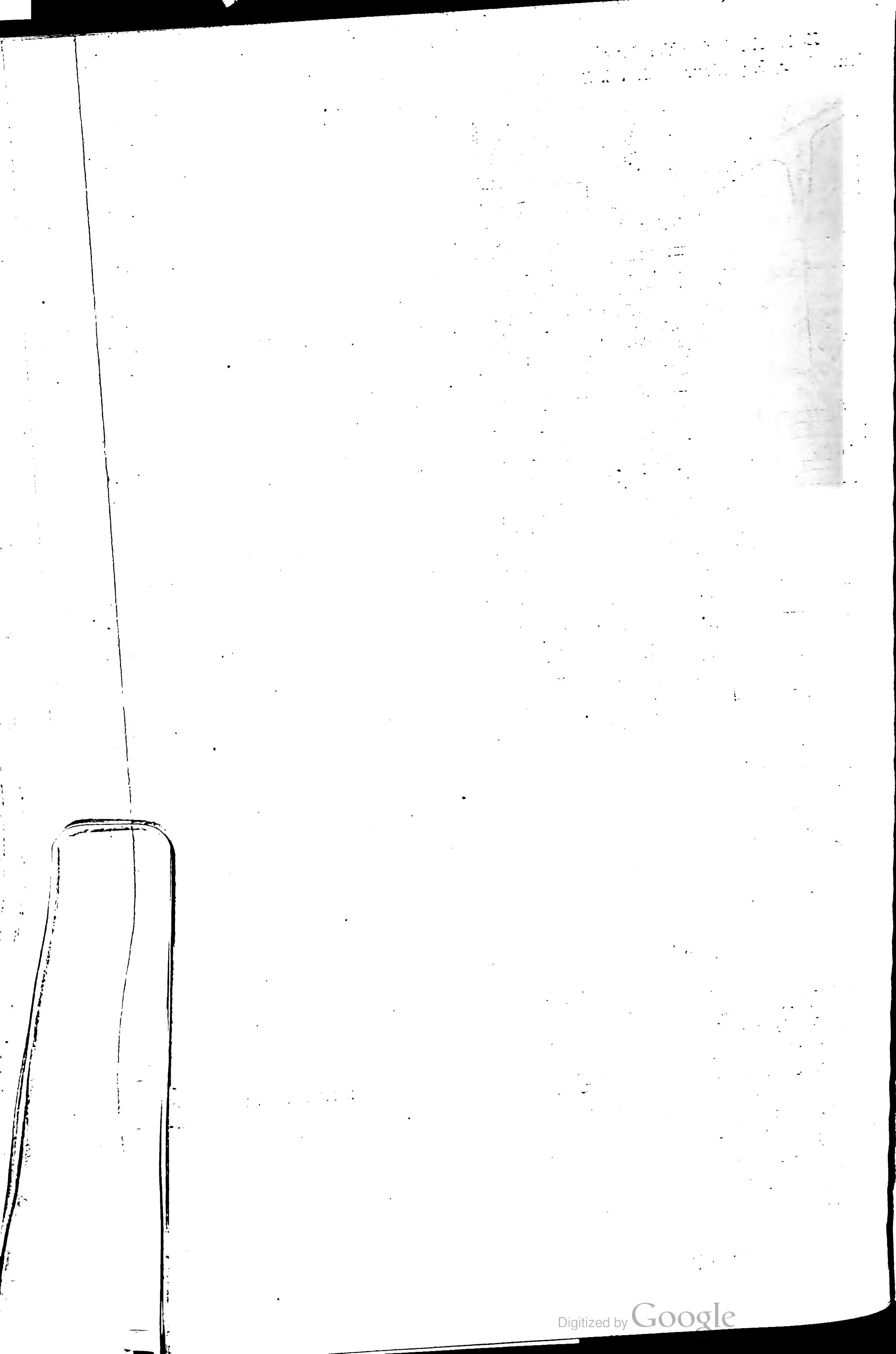


Abb. 16

Münzinger: Die Kesselanlage des Großkraftwerkes Klingenberg



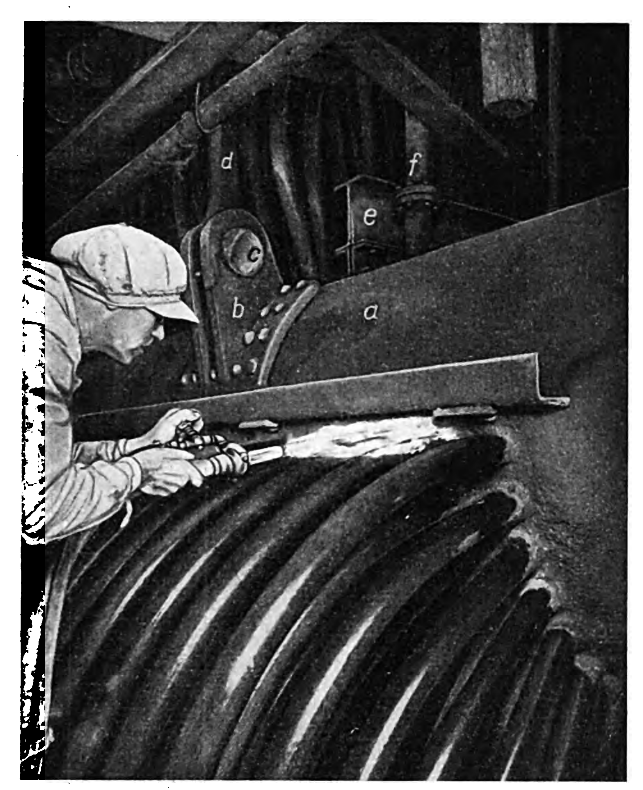


Abb. 26.
Torkretieren der Obertrommel eines Steilrohrkessels (Abb. 27 s. Textbl. 34)

a Obertrommel
b Tragpratzen
c Bolzen
d Tragstange
e Träger zum Aufhängen des Überhitzers
f Dampfüberströmrohr zur zweiten Obertrommel

6,5 m über der Kesseldecke, damit die Überhitzer im ganzen nach oben ausgebaut werden können und das Kesselhaus gut belichtet und belüftet wird, Abb. 29. Beim Anheizen werden die Überhitzer durch Sattdampf aus einem in Betrieb befindlichen Kessel gekühlt und vor Verbrennen geschützt.

Die Ekonomiser bestehen aus mehreren an den Seitenwänden des Kesselblockes gelagerten Sammelkästen, zwischen die haarnadelförmig gebogene Stahlrohre eingezogen sind. Sie sind so angeordnet, daß man ihre Heizfläche leicht vergrößern kann, und sind in mehrere Abschnitte geteilt, die aus parallel geschalteten Schlangen von wenigen Windungen bestehen; diese Schlangen kann man leicht auswechseln und außerdem haben die in einer Schlange gebildeten Dampfblasen nur einen kurzen Weg bis zum nächsten Sammelkasten zurückzulegen.

Vierzehn Kessel wurden mit Luftvorwärmern von R. O. M e y e r, Hamburg, Abb. 25 und 30, Textbl. 34, zwei mit R o t a t o r - Luftvorwärmern ausgestattet, s. Abb. 23. Die Warmluftkammer zwischen Feuerraumrückwand und Luftvorwärmer war nicht leicht auszubilden, da die Wärmedehnungen ihrer Begrenzungswände verschieden sind. Die beiden Seitenwände dehnen sich kaum aus, während sich die als vordere Begrenzung dienende Feuerraumrückwand in der Höhe und Breite stark und beträchtlich stärker als die Rückwand ausdehnt. Auf die Durchbildung der Dichtungen wurde daher sehr große Sorgfalt verwendet.

Jede Feuerung hat 10 Brenner, Abb. 31 und 32, denen der Staub durch Schnecken zugeteilt wird, Abb. 33. Die Einblaseluft für den Kohlenstaub wird unter Beimischung von Kaltluft der Warmluftkammer entnommen und durch zwei Gebläse in ein Sammelrohr gedrückt, an das die Schnecken angeschlossen sind. Jeder Brenner ist für sich ausschaltbar, Abb. 33. Sämtliche Feuerungen haben Kühlroste und Seitenwand- und Rückwandkühlung, Abb. 34. Nur ein Teil der Seitenwände wurde mit Kühlflächen besetzt, weil auch magere Kohle verfeuert werden soll; aber es wurde Vorsorge getroffen, später leicht zusätzliche Kühlflächen einbauen zu können.

Die Kesselhäuser

Das K e s s e l g e r ü s t muß wegen seiner Höhe, der großen auflagernden Lasten und der beträchtlichen Wärmedehnungen sehr hohen Ansprüchen genügen. Es steht völlig unabhängig vom Kesselkörper auf einem Tragrost aus den Trägern 𝔄, 𝔅, ℭ, 𝔇, zwischen dem die Träger $\mathfrak{J}_1$ und $\mathfrak{J}_2$ eingezogen sind, vergl. Abb. 18 und 35. Abb. 18 zeigt, welche Ecken versteift und wo nachgiebige Verbindungen angebracht sind. Um den fast 10 m langen schweren Träger in der Kesselstirnwand und über der Feuerraumdecke vor Erwärmung und unzulässiger Ausdehnung zu schützen, wurde er besonders sorgfältig isoliert und durch Luft gekühlt. An einem Ende des durch Wände *l* geteilten Trägers 𝔈 führt ein kleines Gebläse *g* Kühlluft zu, Abb. 36 und 37, die aus den einzelnen Abteilungen des Trägers durch die von außen einstellbaren Rohre *r* nach dem Feuerraum strömt; sie legt sich dort schleierartig vor den Träger und kühlt gleichzeitig die Aufhängeeisen für die Mauerwerkschürze. Auch die seitlichen Träger $\mathfrak{F}_1$ und $\mathfrak{F}_2$ werden vor unzulässiger Erwärmung durch Kühlluft geschützt, Abb. 18 und 37, die der Schornsteinzug ansaugt.

Die Kessel sollten ursprünglich nur mit einer Blechhaut mit dünnem, w ä r m e d i c h t e m F u t t e r ummantelt werden. Schon bei der Durcharbeitung der Einmauerung ergab sich aber, daß dies, wenigstens bei den Steilrohrkesseln, unzweckmäßig ist, und die Kesselfirmen schlossen sich dieser Ansicht an. Ein solcher Mantel ergibt nämlich keinen guten Übergang zwischen Feuerkammer und Kesselmauerung, wenn die Standfestigkeit des Kesselmauerwerks nicht leiden soll. Die ganze Einmauerung wurde daher mit einer Isolierschicht bekleidet, um das Kesselgerüst vor zu hoher Erwärmung zu schützen und die Wärmeverluste niedrig zu erhalten. Diese Isolierschicht liegt unmittelbar hinter der Blechummantelung und ist nicht mit dem Mauerwerk im Ver-

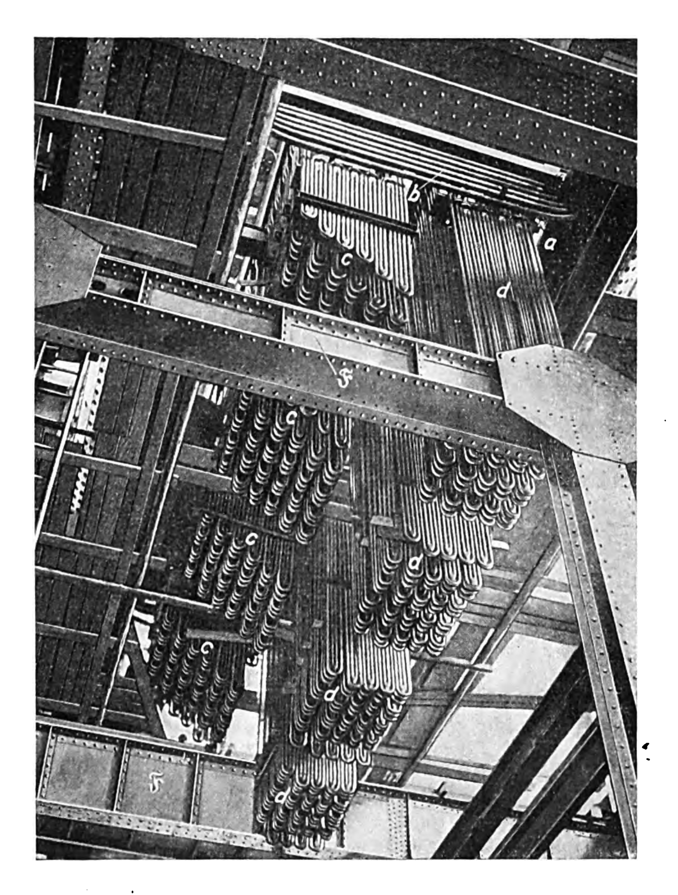


Abb. 28
Überhitzer für einen Kessel

a Hintere Obertrommel
b Verbindungsrohr zwischen den Obertrommeln
c vordere Überhitzerhälfte *d* hintere Überhitzerhälfte
𝔉 Unterstützungsträger der Kesselummauerung

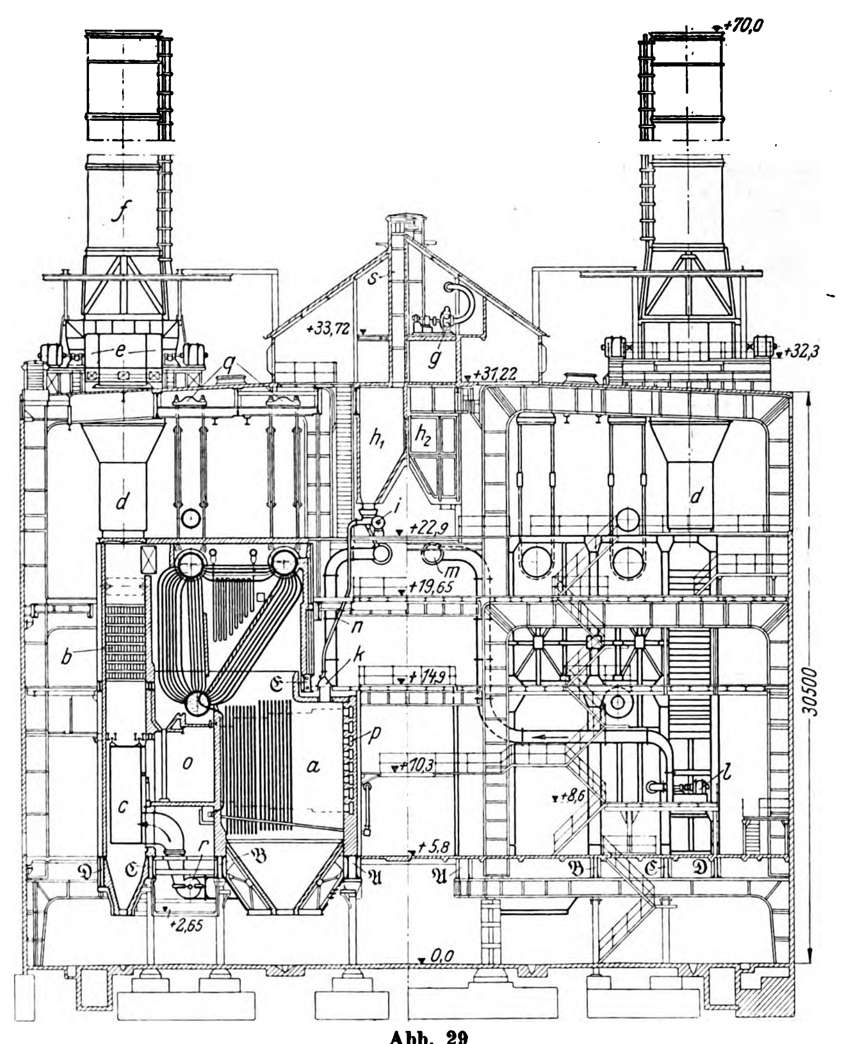


Abb. 29
Schnitt durch das Kesselhaus (Abb. 30 s. Textbl. 34)

a Brennkammer
b Ekonomiser
c Luftvorwärmer
d Fuchs
e Saugzuganlage
f Schornstein
g Kohlenstaubverteiler
h_1, h_2 Kohlenstaubbunker
i Antrieb f. d. Zuteilschnecken d. Brenner
k Brennerdüsen
l Ventilator für Einblaseluft (Erstluft)
m Sammelrohr für Einblaseluft zum Anschluß der einzelnen Brenner
n Staubleitungen zwischen *k* und *m*
o Warmluftkammer
p hohle Stirnwand
q Aufhängevorrichtung für die Kesseltrommeln am Dach
r Zweitluftventilatoren
s Explosionsschlot für die Kohlenstaubbunker
𝔄, 𝔅, ℭ, 𝔇 Tragrost für Kesselgerüst
𝔈 Träger der Kesselstirnwand und der Feuerraumdecke

band vermauert, da sonst der Verband zwischen Schamottesteinen und Ziegeln hätte gestört werden müssen und keine so gute Isolierwirkung erzielt worden wäre.

Das eiserne Traggerüst der Feuerraumdecke hängt mit den dem Feuerraum zugekehrten Enden an dem Träger 𝔈, Abb. 36 bis 39. Die AEG-Feuerung hat eine Doppeldecke. Die oberen Steine hängen an Stahlgußträgern, die an einem Ende mit einer Nase den unteren Flansch des Trägers 𝔈 umfassen, während ihr anderes Ende pendelnd an dem Eisengerüst oberhalb der Decke hängt. Die übrigen Stahlgußteile der Deckenaufhängung werden gleichfalls von Pendeln, die allseitig etwas ausschwingen können, getragen. Die unteren, der Hitze ausgesetzten Steine greifen in die Doppelfalze der oberen ein. Selbst bei Schadhaftwerden mehrerer beheizter Steine bleibt eine geschlossene, feuerfeste Decke erhalten. Die KSG-Feuerungen haben eine Einsteindecke, deren Steine mittels nutenförmiger Schlitze an dem Gerüst aufgehängt sind.

Wasserrohre, Bleche und fertige Trommeln wurden **sehr sorgfältig abgenommen.** Da innerhalb weniger Monate über 20 000 Wasserrohre, 64 Bleche, 32 geschmiedete und 36 geschweißte Trommeln zu prüfen waren, wurden mehrere Dampfkessel-Überwachungsvereine, die bereits über ausgedehnte Abnahmeerfahrungen verfügten, zugezogen. Die Bleche für die geschweißten Trommeln wurden vor dem Schweißen untersucht. Nach Herstellung der Längsschweißnaht wurden Proberinge abgestochen, zusammen mit der Trommel den verschiedenen Glühprozessen unterworfen und dann gleichfalls untersucht. Außerdem wurden die fertig geschweißten Trommeln auf den dreifachen Betriebsdruck mit Wasser abgedrückt und nach dem bekannten Thyssenschen Verfahren nochmals ausgeglüht.

An den Blechen wurde die sogenannte kleine Studienprobe durchgeführt. Die Streckgrenze bei 250° wurde im allgemeinen bei den Chargenproben bestimmt und lediglich durch einige Stichproben an den fertigen Blechen nachgeprüft. Die geschmiedeten Trommeln wurden vor Verlassen des Walzwerkes auf den 1,5fachen Betriebsdruck (55 at) abgedrückt.

Die Wasser- und Überhitzerrohre wurden nach den Vorschriften der AEG abgenommen, die mit denen der Vereinigung der Großkesselbesitzer weitgehend übereinstimmen, aber durch einige weitere Bestimmungen ergänzt sind. Bereits auf den Walzwerken wurden 7 vH der vorgelegten Rohre als nicht entsprechend zurückgewiesen. An diesem hohen Anteil der ungeeigneten Rohre war aber fast ausschließlich zu geringe Wanddicke und nicht mangelhafte Herstellung, schuld, weil einige Kesselfabriken ihren Lieferwerken nicht zeitig genug die ergänzten Vorschriften mitgeteilt hatten. Auf der Baustelle wurden die Rohre durch Beamte der AEG vor und nach dem Einwalzen nochmals geprüft. Von insgesamt 15 000 untersuchten Rohren wurden wegen zu geringer Wanddicke 0,54 vH ausgeschieden. Nach oder beim Einwalzen wurden weitere 2,9 vH wegen unzulässiger Unrundheit

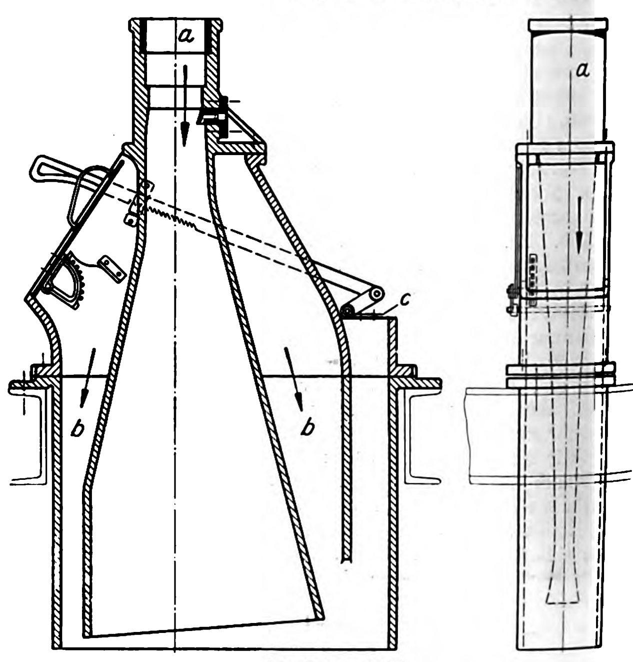


Abb. 31 und 32
Kohlenstaubbrenner der Kohlen-Scheidungsgesellschaft
a Eintritt des Kohlenstaubes *b* Luftmantel



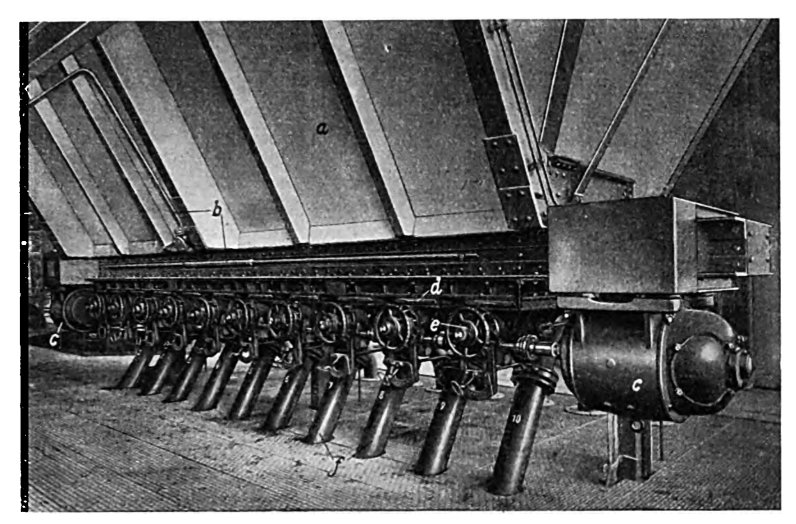


Abb. 33. AEG-Staubzuteiler mit Antrieb

a Staubbunker
b Staubauflockerungsleitung
c Motor
d Staubabsperrschieber
e Kupplung für die einzelnen Brenner
f Rohre zu den Brennern

in den Biegungen, wofür sehr enge Toleranzen vorgeschrieben waren, wegen Beschädigungen beim Einwalzen oder wegen organischer Mängel zurückgewiesen.

Je zwei Kessel sind mit einem gemeinsamen Blechfuchs an einen Schornstein von 3750 mm oberem lichten Durchmesser angeschlossen, dessen Mündung 70 m über Gelände liegt, Abb. 40, Textbl. 34. Für den späteren Einbau von Flugaschenfängern wurde über den Kesseln Platz gelassen, Abb. 41, Textbl. 34, und das Kesselhausdach wurde so kräftig ausgeführt, daß es ein beträchtliches Mehrgewicht tragen kann. Unter 70 m Schornsteinhöhe wollte die AEG nicht gehen, um, so lange kein preiswerter und brauchbarer Aschenfänger auf dem Markt war, Belästigungen durch Flugaschenauswurf möglichst zu vermeiden.

Saugzuggebläse und Schornsteine sind organisch zusammengebaut. Jede Saugzuganlage hat zwei Gebläse, die die Firma Fröhlich freiliegend aufkeilt und mit ihren einander zugekehrten Ansaugenden an einen zwischen ihnen befindlichen Saugkanal anschließt. Bei der Anlage der Gesellschaft für Ventilatorzug saugen die Räder, die mit ihren blinden Enden auf einer durchgehenden Welle gegeneinander geschoben sind, aus zwei getrennten Kanälen an. Bei beiden Firmen kann jede Saugzuganlage wahlweise an einen der zwei angeschlossenen Kessel angeschaltet werden. Die Firma Fröhlich stellte den Schornstein auf ein Portal, unter dem die Saugzuganlage vom Schornsteingewicht entlastet steht. Die Gesellschaft für Ventilatorzug setzte den Schornstein auf das verstärkte Gehäuse der Saugzuganlage.

Da die Angaben der Firmen über die erforderliche Zugstärke weit voneinander abwichen, wurden die Gebläse reichlich bemessen und doppelseitig durch Motoren angetrieben. Die Leistung dieser Motoren, die auf den Wellenenden sitzen, wurde so gewählt, daß bei Betrieb mit beiden Motoren jeder Kessel rd. 90 t/h Dampf erzeugen kann, und daß ein Motor noch für eine Leistung von 70 bis 75 t/h ausreicht, wenn sich später erweist, daß der Zugbedarf nicht höher als der veranschlagte ist. In diesem Fall könnte später, wenigstens im Sommer, wenn die hohe Spitze wegfällt, ein Motor abgeschaltet und als Reserve verwendet werden.

Die Kesselanlage wurde mit Meßgeräten reichlich ausgestattet, die für jeden Kessel auf einer Tafel vereinigt sind. Da ein Kesselwärter vier Kessel bedient, sind zwischen dem ersten und zweiten und dem dritten und vierten Kessel jeder Reihe die Gerätetafeln einmal rechts und einmal links vom zugehörigen Kessel angeordnet, so daß sie symmetrisch zum Platze des Kesselwärters liegen

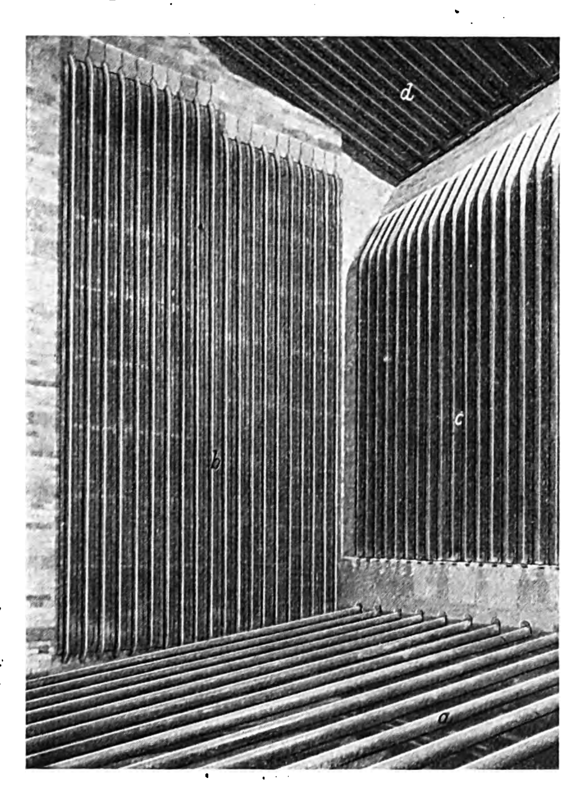


Abb. 34
Kühlheizfläche in einer Feuerkammer

a Kühlrost
b Seitenwandkühlung
c Rückwandkühlung
d Kesselrohrbündel

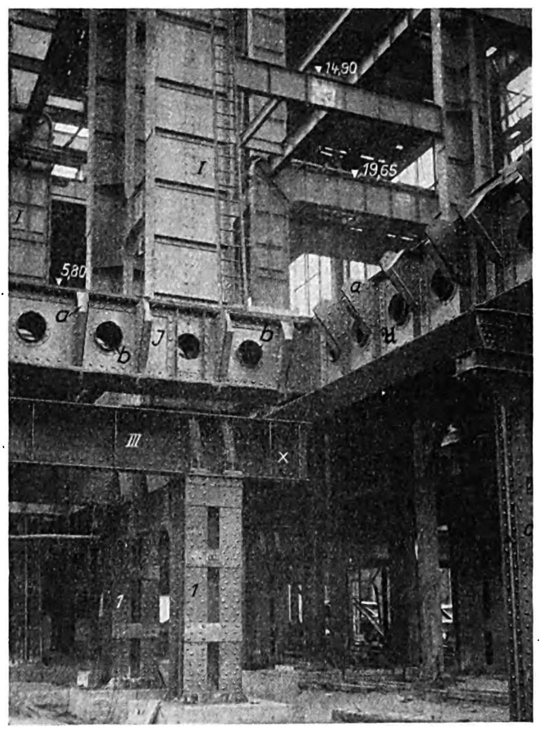


Abb. 35
Tragrost des Kessels

a Anschluß der Tragkonstruktion für die Aschentrichter
b Öffnungen für Kühlluft
c Mittelstütze unter Träger 𝔄
x Vorkragung des Rahmens *III*
𝔄, 𝔍 Tragrostträger
1 Vorderste Pendelstütze unter dem 1. Rahmen
I Füße der 2. Rahmen.
III Holm des 1. Rahmens

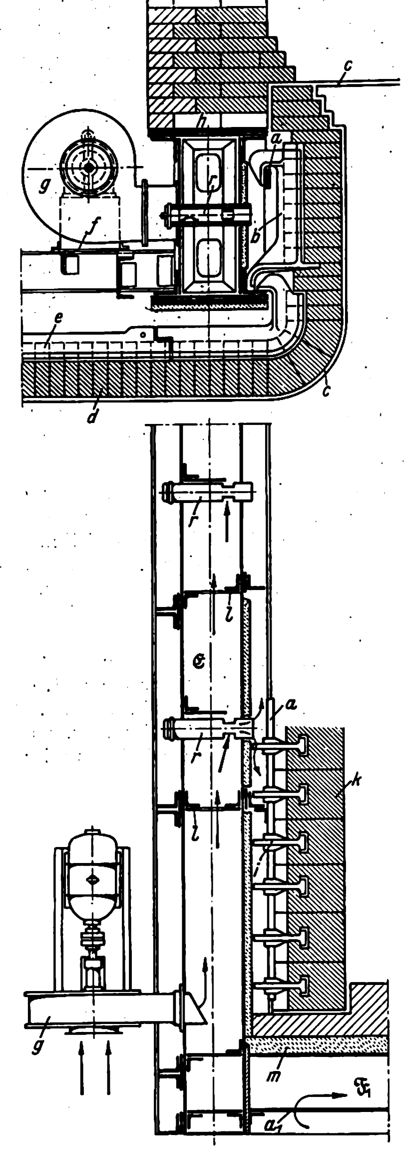


Abb. 36 und 37
Entwurf der AEG für den Träger 𝔈 in der Kesselstirnwand und über der Feuerraumdecke

a Stange zum Halten der Hängeeisen
b, b Hängeeisen für die Mauerwerkschürze *k*
c Ausdehnungsfuge
d Feuerraumdecke
e Hängeeisen für *d*
f Heizerbühne
g Ventilator
h Luftschlitze in der Stirnwand
i Halteeisen für die Mauerwerkschürze
k, k Mauerwerkschürze
l Trennwand
m Sterchamolsteine
r Kühlluftaustrittsrohre
a_1 Kühllufteintritt für Träger $𝔈_1$

und von ihm leicht überblickt werden können, Abb. 42. Die Geräte sind auf senkrechten Tafeln angebracht, vor denen kleine Schaltpulte mit sämtlichen Motorenschaltern angeordnet sind. Über den Schaltern sind die zugehörigen Stromzeiger angeordnet.

Die Anlasser der Motoren für die Saugzug-, die Verbrennungsluft- und die Einblaseluftventilatoren und die Zuteilschnecken der Brenner werden vom Schaltpult aus elektrisch ferngesteuert. Links auf jeder Gerätetafel sitzen die Zug- und Druckmesser, acht in einem Rahmen vereinigte Meßgeräte, rechts die ebenso angeordneten Temperaturanzeiger. Im Mittelfeld sind unten der Dampfmesser, darüber die Anzeiger für den CO- und CO_2-Gehalt der Rauchgase und den Kesseldruck untergebracht. Die gespeiste Wasser- und die erzeugte Dampfmenge werden mit Venturirohren gemessen und auf einem fortlaufenden Band aufgezeichnet. Die Dampfmesser haben Ferngeber, die die Anzeige auf die Geräte der Kesseltafeln, auf ein Hauptgerät an der an das Maschinenhaus angrenzenden Stirnwand des Kesselhauses, Abb. 42, und auf ein Gerät in der dampftechnischen Warte übertragen, von wo aus die Befehle einheitlich nach dem ganzen Kraftwerk erteilt werden.

Seitlich von den Gerätetafeln und den Schaltpulten der Kessel befinden sich die Handräder zum Betätigen der Drosselklappe im Leerfuchs, der Klappen in den Saugstutzen der Unterwindgebläse, der Klappen in den Leitungen für die Einblaseluft, der Mischklappen in den gleichen Leitungen und der Klappen in den Kanälen.

Aufbereitung und Vermahlen der Kohle

Auch für die Kohlentrocken- und Mahlanlage gab es keine deutschen Vorbilder. Sogenannte Einheitsmühlen, die den Staub unmittelbar in den Feuerraum einblasen, waren im Jahre 1925 noch nicht für größere Kessel entwickelt. Da man jedem Kessel mindestens zwei solche Mühlen hätte zuordnen müssen, wäre die Anlage mit 32 Einzelmühlen recht vielgliedrig geworden; auch die später beabsichtigte selbsttätige Feuerregelung hätte sich dabei nur unvollkommen durchführen lassen. Bei einer zentralen Mahlanlage kam man aber im ersten Ausbau mit 6 bis 8 Mühlen aus und brauchte beim Ausfall einer Mühle nicht unter Umständen einen ganzen Kessel stillzulegen. Eine solche Anlage empfahl sich auch deshalb, weil darin außer den verschiedenartigsten deutschen und englischen Steinkohlen auch getrocknete Braunkohle und Schwelkoks vermahlen werden konnten.

Schließlich war noch vorgeschrieben, daß die Anlage Kohle mahlen sollte, die bis zu 12 vH Wasser enthält. Bis 1925 kannte man für Steinkohle in Deutschland nur Trockner mit Feuergas-Beheizung, die sich aber wegen ihres großen Platzbedarfes und wegen ihres unsauberen Betriebes für ein Großkraftwerk nicht eignen. Klingenberg schlug vor, die für Braunkohle bewährten umlaufenden Dampftrockner den Anforderungen für das

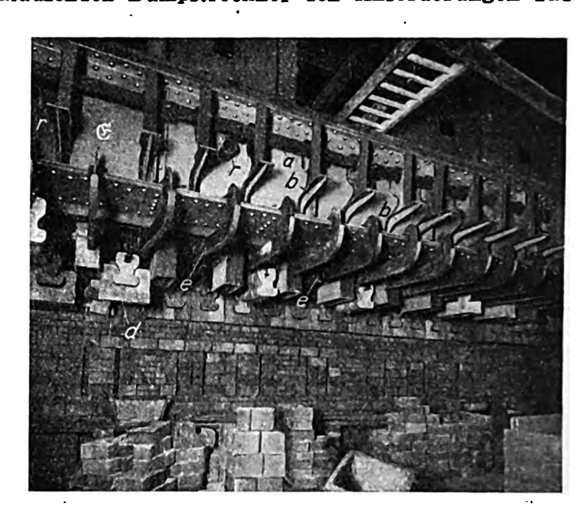


Abb. 38
Tragkonstruktion und Hängeeisen der Feuerraumdecke der AEG-Feuerung

𝔈 Träger für die Kesselstirnwand und Feuerraumdecke
a Stange zum Halten d. Hängeeisen
b Hängeeisen
d Steine der Doppeldecke
e Hängeeisen für Feuerraumdecke
r Kühlluftaustrittsrohr

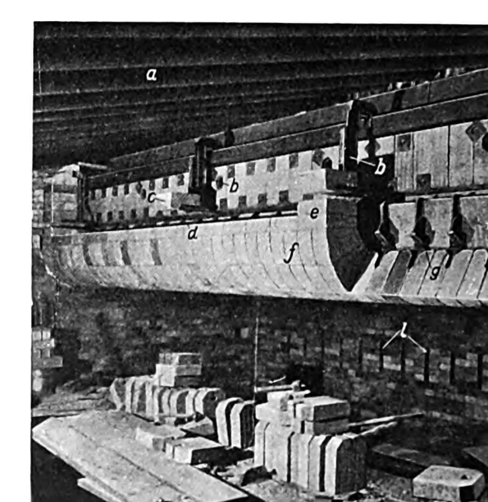


Abb. 39
Ansicht der Feuerraumdecke der AEG-Feuerung
(Abb. 40 und 41, s. Textbl. 34)



Trocknen von Steinkohle anzupassen. Zu diesem Zweck führte die AEG an einem Braunkohlentrockner eingehende Versuche mit Steinkohle durch, die zeigten, in welcher Weise die Trockner umgebaut werden müssen, und empfahl der Bewag auf Grund der günstigen Ergebnisse dieser Versuche, solche Trockner aufzustellen.

Ähnlich wie die ungefügen Trommeltrockner mit Feuergas-Beheizung schieden auch die langsamlaufenden Kugelmühlen wegen ihres Platzbedarfes und aus andern triftigen Gründen aus. Schnellaufende Mühlen waren aber Anfang 1925 in Deutschland nur bis rd. 5 t/h Leistung erprobt. Die günstigen Eindrücke während der amerikanischen Studienreise des Verfassers veranlaßten die AEG, die Aufstellung von 6 Raymond-Pendelmühlen von je 12 t/h Leistung vorzuschlagen, von denen je zwei einem Dampftrockner von 24 t/h Leistung zugeordnet wurden.

Die in einigen amerikanischen Kraftwerken gewählte Aufstellung der Aufbereitanlage an einer Längswand des Kesselhauses schien unzweckmäßig, weil an Baukosten kaum gespart, aber dem Kesselhaus Licht und Luft genommen worden wäre. Außerdem wäre man bei der Aufstellung weiterer Kesselhäuser in unangenehmer Weise festgelegt gewesen. Man stellte daher die Aufbereitanlage etwa 50 m von den freien Stirnseiten der Kesselhäuser entfernt auf.

Hierfür bestanden zwei grundsätzlich verschiedene Möglichkeiten, je nachdem, ob man die Trockner oberhalb oder neben den Mühlen aufstellte. Im ersten Fall wurde das Gebäude verhältnismäßig hoch, die Kohle konnte aber in dauerndem Fall von den hochgelegenen Rohkohlenbunkern durch die Trockner und durch die Mühlen fließen. Man braucht daher kein besonderes Fördermittel zwischen Trocknern und Mühlen. Im zweiten Fall wurde das Gebäude erheblich niedriger und breiter, die Trockenkohle mußte aber durch Becherwerke in die Einlaufbunker der Mühlen gehoben werden.

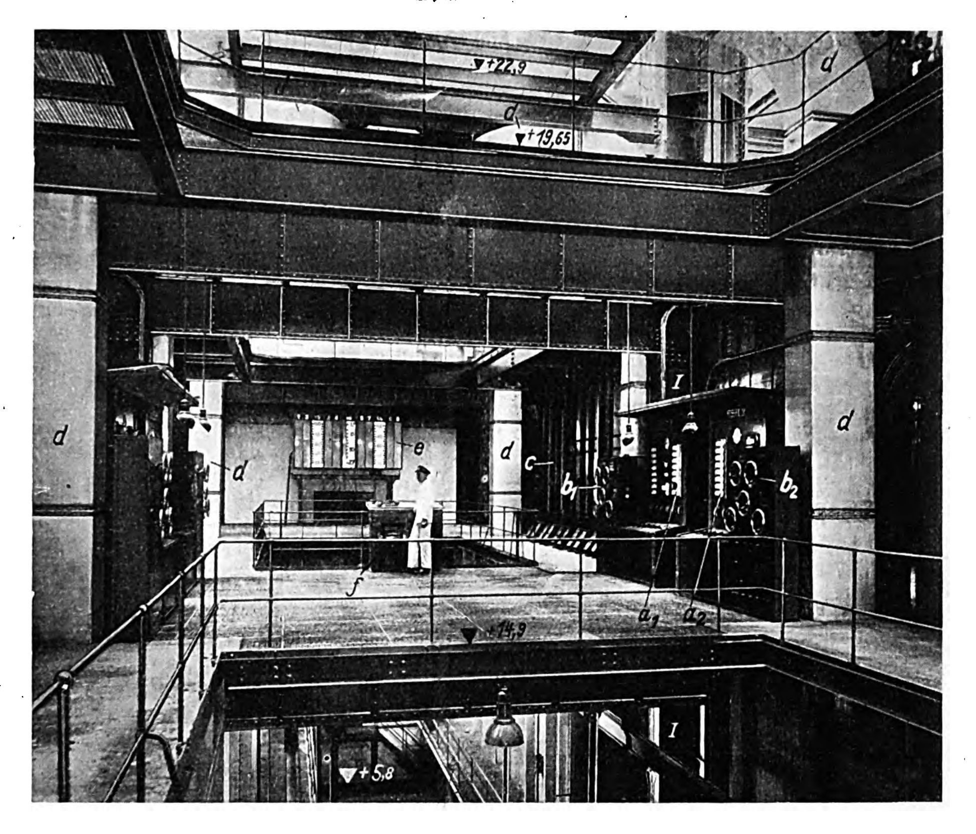


Abb. 42
Blick auf den Stand des Kesselwärters (Bühne + 14,9)

a_1 a_2 Tafeln für Geräte und elektr. Schalter für Kessel I u. II
b_1 b_2 Tafeln für Betätigungshandräder für Kessel I u. II
c Kohlenstaub-Einblasleitungen
d Einblasluftleitungen zwischen Gebläsen und Sammelrohren für die Brenneranschlüsse
e Befehls- und Gerätetafel zum Anzeigen der Dampferzeugung in den acht Kesseln eines Kesselhauses
f Schreibpult und Fernsprecher

Da überwiegend mit feuchter Rohkohle zu rechnen war, die erst nach Trocknung gemahlen werden kann, gab man der Aufstellung der Trockner über den Mühlen den Vorzug, Abb. 43, um an Kraftbedarf und Ausbesserungen der Zwischenförderer zu sparen und mit tunlichst wenigen Fördermitteln auszukommen. Die Kohle wird in Kübeln von rd. 9,5 m³ Inhalt von einer der beiden Kübelkatzen hochgehoben und in die Rohkohlenbunker *g* geworfen, die lange schlitzförmige Ausläufe haben und bei mäßiger Bunkerhöhe ein großes Fassungsvermögen ergeben. Die Bunker werden durch Kratzbänder unter ihren Auslaufschlitten entleert. Die Kohle gelangt dann über Magnetwalzen zu den Trommeltrocknern *k*. Genügend trockene Rohkohle wird unter Umgehung der

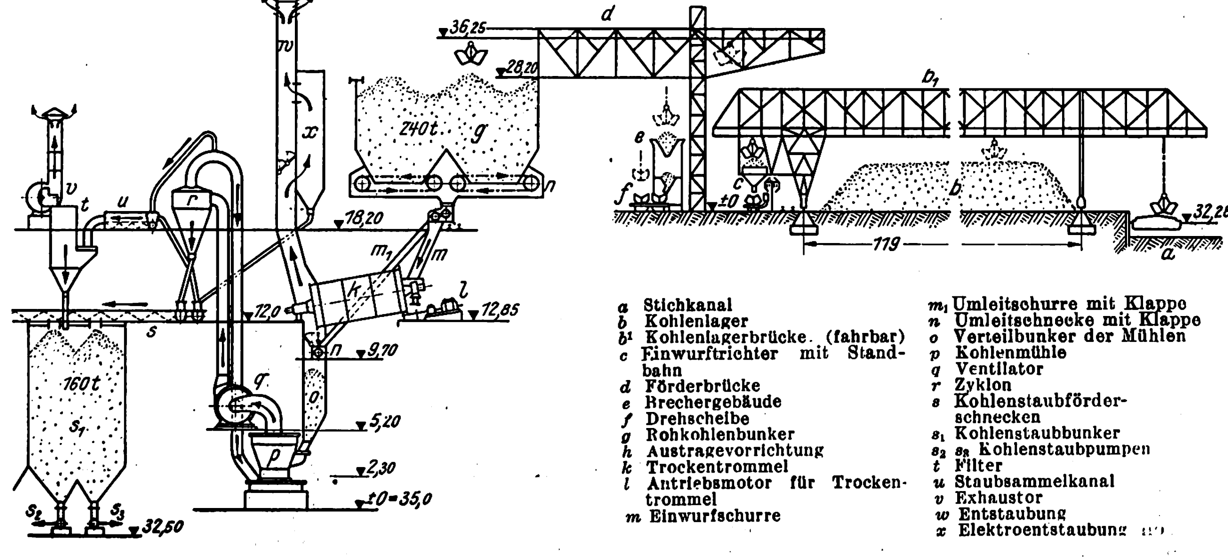


Abb. 43. Weg der Kohle durch die Kohlenaufbereitung

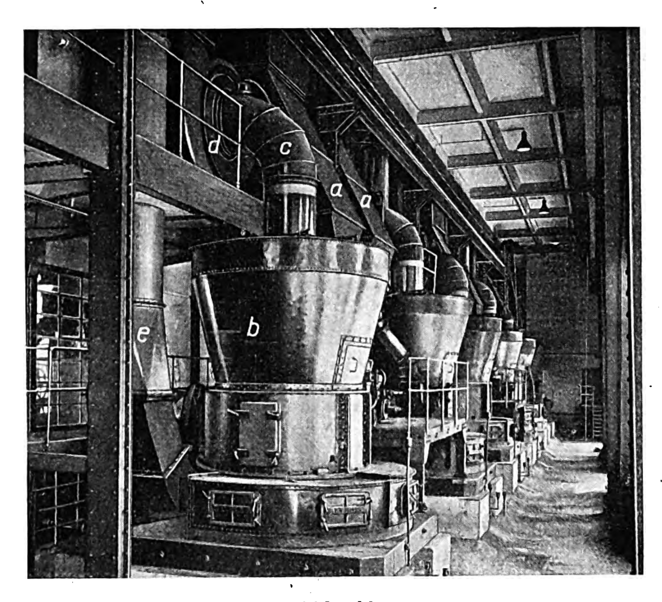


Abb. 44
Mühlenraum im Gebäude der Aufbereitanlage

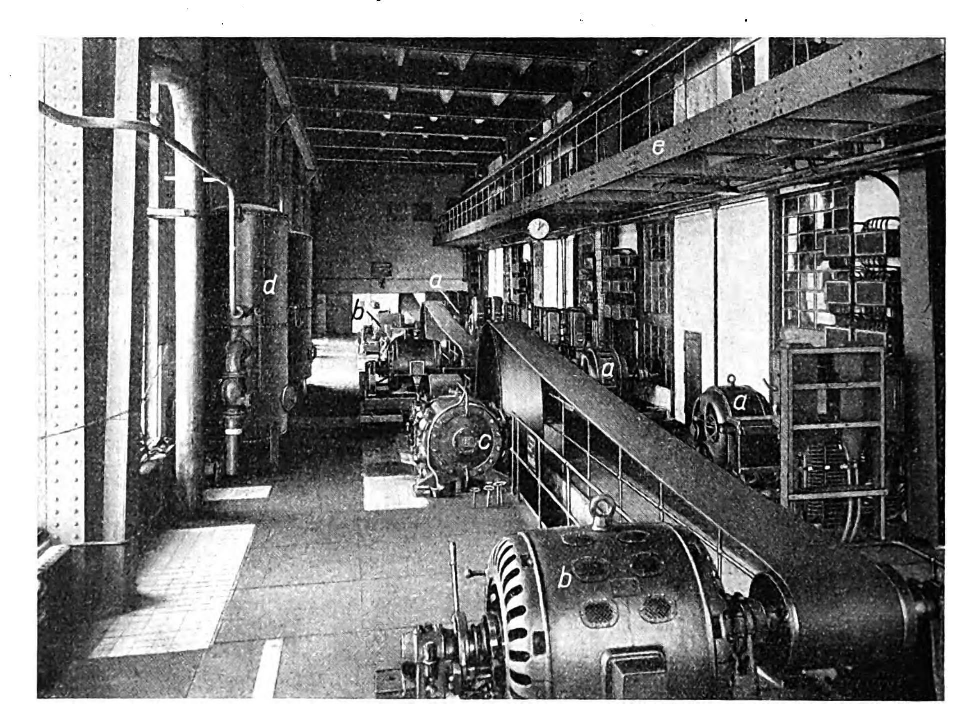
a Trockenkohlenbunker der Mühlen
b Windsichter
c Mühlenabluft zum Gebläse
d Gebläse
e Mühlenzuluft vom Zyklon

Trockner durch Schurren m unmittelbar den Schnecken n zugeleitet, mit denen sie jeder beliebigen Mühle zugeführt werden kann.

Ein Trockner kann also nicht nur die beiden ihm benachbarten, sondern auch andre Mühlen versorgen, wodurch die Betriebsicherheit der Anlage wesentlich erhöht wird. Die Brüden der Trockner werden in Elektrofiltern x entstaubt. Genügend ausgemahlener Staub wird von den über den Mühlen sitzenden Windsichtern in der Umlaufluft über Gebläse q zu den Zyklonen r gefördert, wo er sich abscheidet. Dann bringen ihn Schnecken s zum Vorratsbunker über den Kohlenstaubpumpen s_2 und s_3, die ihn nach den Kesselbunkern drücken. Auch der im Elektrofilter abgeschiedene Staub fällt den Schnecken s zu. Sämtliche staubführenden Vorrichtungen und Leitungen stehen unter einem geringen Unterdruck, damit kein Staub ins Freie treten kann. Die zu diesem Zweck dauernd abgesaugte Luft wird in Beth-Schlauchfiltern entstaubt.

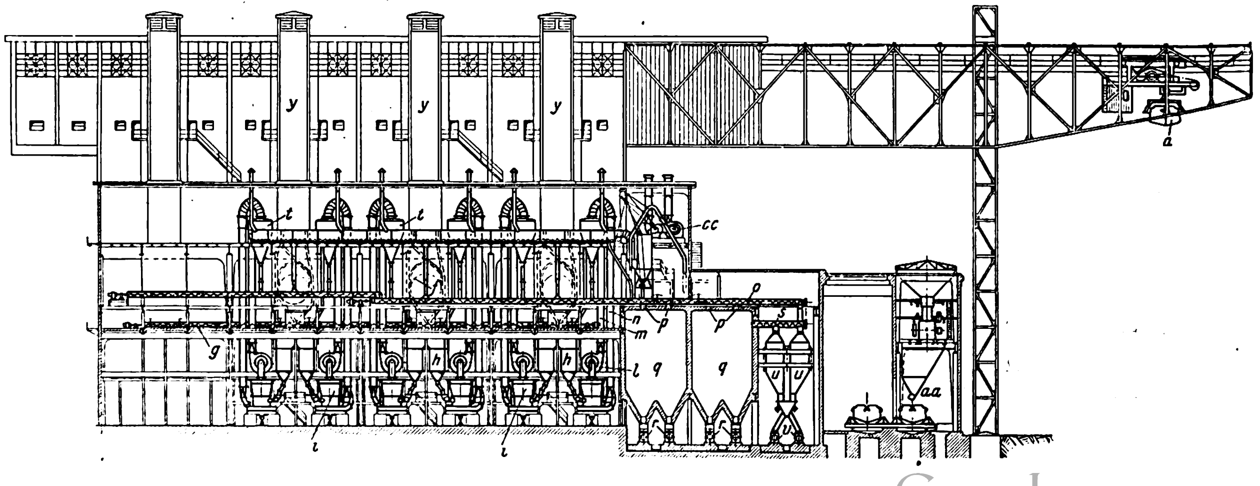
Der Mühlenraum, Abb. 44, ist von dem Raum, in dem die Mühlenmotoren, die Kompressoren für die Versorgung der Kohlenstaubpumpen mit Druckluft und die Motoren für die Mühlengebläse aufgestellt sind, Abb. 45, durch eine Wand getrennt, damit kein Kohlenstaub eindringen kann.

Grobstückige Kohle wird, bevor sie den Rohkohlenbunkern über den Trocknern zugeführt wird, in einer Brecheranlage an der Stirnseite der Mahlanlage, Abb. 46



a Motoren für Mühlen
b Motoren für Kompressoren
c Kompressoren
d Windkessel
e Galerie für die Motoren der Mühlengebläse

Abb. 45 Kompressorenraum im Gebäude der Aufbereitanlage



Kesselhaus B

Kesselhaus A

Dreiwegeschieber
Absperrschieber
Absperrventil
Magnetventil
Rückschlagventil
Strömungsanzeiger
Staubstandanzeiger
Blindflansch

Abb. 48 bis 50
Plan der Kohlenstaubförderanlage

a Kompressoren
b Motoren für *a*
c Windkessel
d Druckluftableitung
e Staubbunker
f Staubpumpen
g Verteilschalttafel
h Staubförderschnecken
i Mühlen
k Anfahrschieber
l Absperrschieber
m Anfahrleitung
n Staubförderleitungen
o Achtwegeschieber
q Staubbunker im Kesselhaus
r Strömungsanzeiger
s Staubauflockerleitungen
t Luftwindkessel
u Preßluftleitung für Luftwindkessel

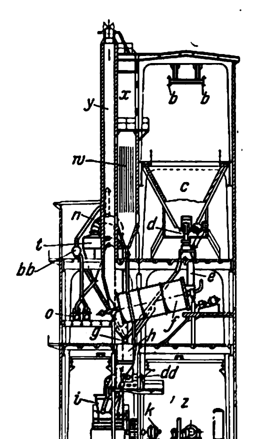


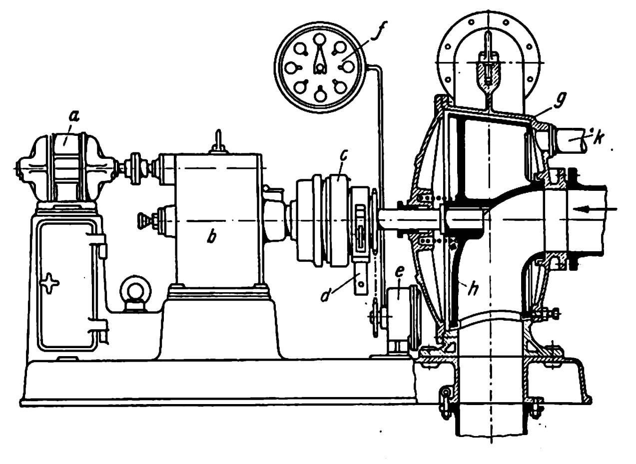
Abb. 46 und 47
Schnitte durch die Kohlenstaub-Aufbereitanlage

a Kübelkatze
b Laufbahn für *a*
c Rohkohlenbunker
d Bunkerentleerung
e Kohlenzulauf zum Trockner
f Trockner
g Schnecken für Trockenkohle
h Mühlenbunker
i Mühlen
k Motoren für *i*
l Mühlengebläse
m Luftleitung zum Zyklon *t*
n Luftleitung vom Zyklon *t*
o Schnecken für Kohlenstaub
p Einwurf von *o* in Pumpenbunker
q Pumpenbunker
r Staubpumpen
s Rückführschnecke zum Pumpenbunker
t Zyklon
u Wiegebunker
v Staubpumpen unter dem Wiegebunker
w Elektrofilter
x Schlot des Elektrofilters
y Umgehungsschlot
z Kompressorenraum
aa Brecheranlage
bb Entstaubungs-Sammelkanal
cc Schlauchfilter
dd Motoren für Mühlengebläse

und 47, vorgebrochen. Sämtliche Kohlenmengen werden während der Förderung mit der Kübelkatze auf einer selbsttätigen Schreibwage gewogen.

Der Kohlenstaub gelangt von den Mühlen zu den zwei in ihrer Achse gelegenen Vorratbunkern *q*, Abb. 46, von je 160 m³ Inhalt, an deren Ausläufen je zwei AEG-Kohlenstaubpumpen *r* von je 50 t/h Leistung angeordnet sind. Neben den Vorratbunkern sind zwei Wiegebunker *u* von je 20 m³ aufgestellt, die gleichfalls in zwei Pumpen *v* von der gleichen Leistung münden und bis zu 100 t/h Staub verwiegen können. Zu jedem Kesselhaus führen zwei Leitungen *n* von 250 mm l. W., Abb. 48 bis 50, die so geschaltet sind, daß jede Pumpe in jedes Kesselhaus speisen kann. Z. B. kann eine zum Kesselhaus *A* führende oder eine zum Kesselhaus *B* führende Leitung mit jeder der Pumpen verbunden werden. Auch die Pumpen der Wiegevorrichtung können in je einen der Stränge fördern, die zu den Kesselhäusern *A* und *B* führen.

Die Staubleitungen sind über eine überdeckte Brücke nach der freien Ecke des Kesselhauses *A* verlegt, wo sie im Treppenhaus emporgeführt werden. Zwei Leitungen



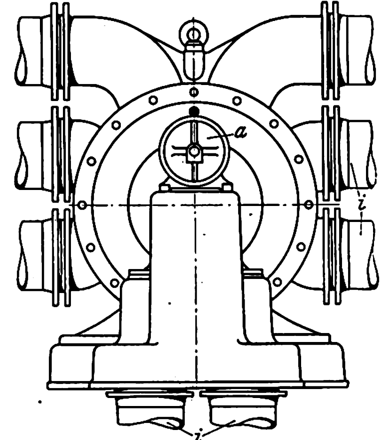


Abb. 51 und 52
AEG-Achtwegeschieber für Kohlenstaub

Verstellmotor
b Zahnradgetriebe
c Kupplung
d Verstellvorrichtung für Handantrieb
e Ferngeber zur Verteilschalttafel im Aufbereitgebäude
f Stellungsanzeiger im Aufbereitgebäude
g Schiebergehäuse
h Schieber
i zu den Kesselbunkern
k Anschluß für Ausblaseluft

führen dann unmittelbar in die Laterne des Kesselhauses *A*, die beiden übrigen gelangen über eine die Dächer der beiden Kesselhäuser verbindende Brücke zur Laterne von Kesselhaus B. Der längste Förderweg beträgt rd. 350 m.

In den Kesselhäusern münden die Staubleitungen axial in Achtwegeschieber, Abb. 51 u. 52, die dazu dienen, die Leitungen mit den acht Kesselbunkern zu verbinden. Den Anschluß an einen bestimmten Bunker vermittelt eine die Signallampen der Strömungsanzeiger, der Staubstandanzeiger an den Bunkern in den Kesselhäusern über den Staubpumpen, der elektrischen Temperaturanzeiger in den Bunkern usw., sind mit den zugehörigen Betätigungsschaltern und Handrädern übersichtlich auf einer großen Schalttafel im Pumpenraum vereinigt, Abb. 53 und 54, von der aus die ganze Anlage von einem einzigen Mann überwacht und bedient werden kann.

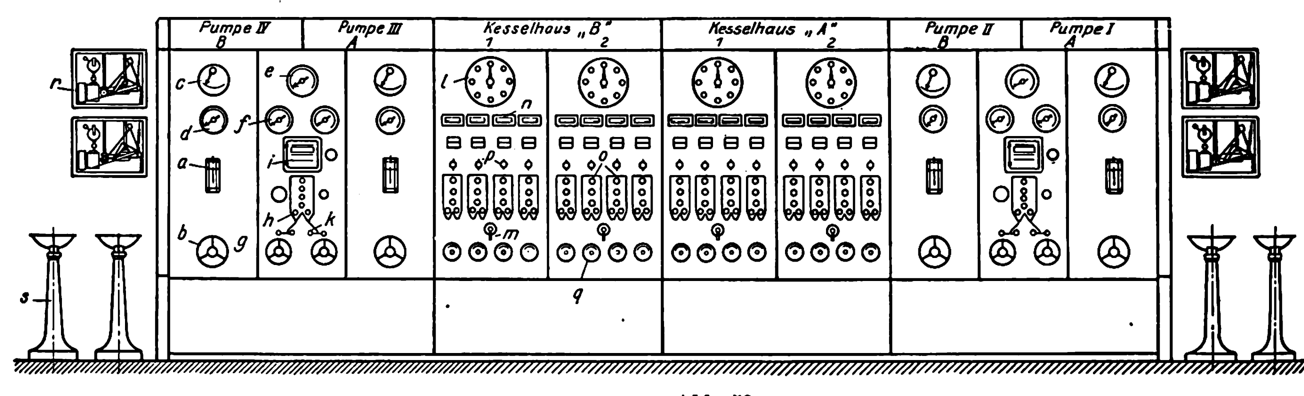


Abb. 53
Schalttafel der Staubförderanlage

a Pumpenmotorschalter
b Pumpenmotoranlasser
c Pumpenmotor-Stromzeiger
d Druck der Förderleitung
e Kompressordruck
f Einblaseluftventile
h Staubstand im Pumpenbunker
i Temperatur im Pumpenbunker
k Stellungsanzeiger für Anfahrschieber
l Stellungsanzeiger für Achtwegeschieber
m Schalter f. Achtwegeschieber
n Temperatur im Kesselbunker
o Staubstand im Kesselbunker
p Strömungsanzeiger
q Überlaufrelais für Kesselbunker
r Luftmengenmesser
s Betätigung für Dreiwegeschieber

im Gehäuse *g* drehbare Trommel *h*, die vom Pumpenraum im Mahlgebäude aus elektrisch verstellt wird. Vor den Eintrittstellen der Staubleitungen in die Kesselbunker sitzen Strömungsanzeiger, die durch Lichtsignale erkennen lassen, ob die Staubförderung richtig arbeitet. Sie bestehen aus kleinen in den Staubluftstrom tauchenden Löffeln, die gegen die Spannung von Federn durch den Staubstrom niedergedrückt werden und einen Stromkreis schließen, in den Signallampen auf der Schalttafel im Pumpenraum eingeschaltet sind.

In verschiedener Höhe der Staubbunker angebrachte, gleichfalls elektrisch betätigte Staubstandanzeiger lassen erkennen, wie hoch die Bunker gefüllt sind. In die Luftleitungen zu den Kohlenstaubpumpen sind Preßluftmesser mit Quecksilberkontakten eingebaut, die den Pumpenmotor stromlos machen, sobald die Luftmenge unter einen Mindestwert sinkt. Dadurch werden Verstopfungen der Pumpen verhindert.

Sämtliche Fernzeigegeräte der Kohlenstaub-Förderanlage, wie die für den Stand der Achtwegeschieber in den Kesselhäusern,

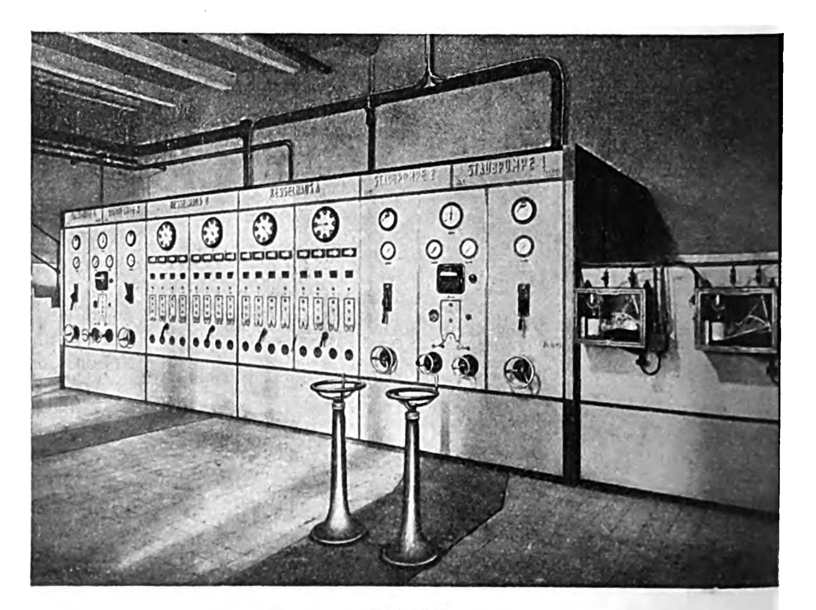


Abb. 54
Schalttafel der Kohlenstaub-Förderanlage [B 685]



Die Turbinenanlagen im Großkraftwerk Klingenberg

Von E. A. Kraft, Berlin

(Hierzu Tafel 10 und Textblatt 35 und 36)

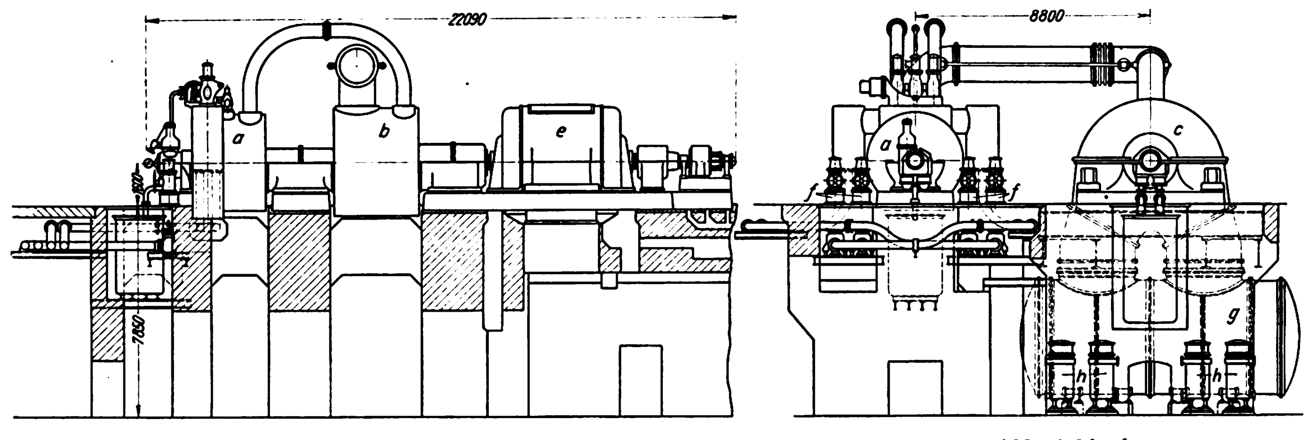
Entwurf und Bau der Hauptturbinen von 80 000 kW, bei 1500 Uml./min. Konstruktive Durchbildung der Vorwärmturbinen von 10 000 kW bei 3000 Uml./min und der Antriebturbinen von 650 kW bei 6000/1470 Uml./min für die Kesselspeisepumpen mit Dampfantrieb.

Die Hauptturbinen

Für die Hauptturbinen ergaben die einleitenden Untersuchungen günstigste Werte bei der Aufteilung der Gesamtleistung des Kraftwerkes auf drei Dreifach-Expansionsturbinen von je 80 000 kW Leistung mit gleicher Lastverteilung auf zwei Wellen und der gemeinsamen Drehzahl von 1500 Uml./min. Die vier Teilturbinen jedes Maschinensatzes wurden so angeordnet, daß HD- und MD-Turbine einen, die beiden ND-Turbinen den zweiten der vollkommen gleich ausgeführten Stromerzeuger antreiben, Abb. 1 bis 4.

Die HD-Turbine, Abb. 5, Taf. 10, besteht aus einem zweikränzigen Geschwindigkeitsrad von 1000 mm mittlerem Durchmesser und 14 einkränzigen Gleichdruckstufen vom gleichen Durchmesser. Der Dampf strömt mit 33,5 at abs, 400 ° zu und verläßt den HD-Teil mit etwa 14 at abs.

In der MD-Turbine verarbeiten 16 einkränzige Gleichdruckstufen von 1400 mm Dmr. den Dampf weiter bis auf etwa 2,3 at abs. Mit diesem Druck wird er in einem weiten Überströmrohr zu den beiden ND-Turbinen, Abb. 6, Taf. 10, geleitet, von denen jede aus 24 Überdruck-Trommelstufen mit 1360 mm bis 2900 mm Dmr. besteht und dem Dampf seine bei der restlichen Entspannung bis auf 96 vH Luftleere frei werdende Energie entzieht. Der Dampf strömt durch die HD- und MD-Turbinen ebenso wie durch die beiden ND-Turbinen in entgegengesetzten Richtungen, so daß sich die Axialschübe im HD-Drucklager nahezu, im ND-Drucklager vollkommen aufheben.



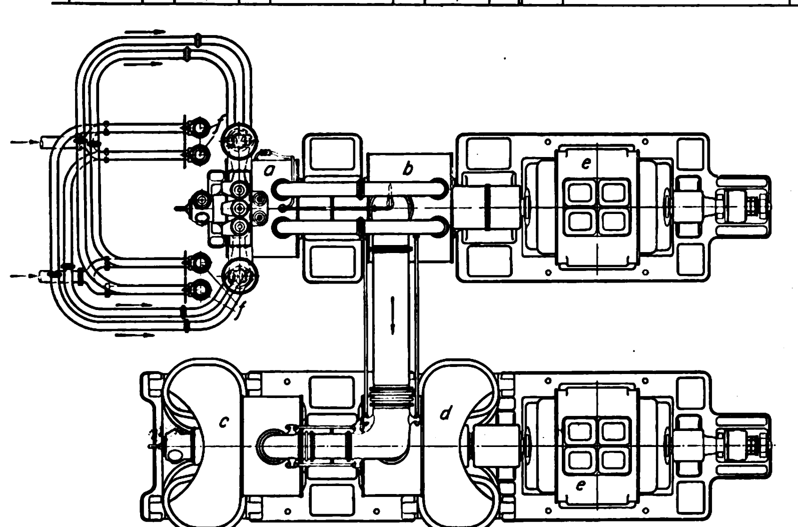


Abb. 1 bis 4
Anordnung der viergehäusigen Kondensationsturbinen nebst Stromerzeugern
$N = 80\,000$ kW; $n = 1\,500$ Uml./min

a HD-Turbine, *b* MD-Turbine: $N = 40\,000$ kW, $n = 1\,500$ Uml./min
c ND Turbine I, *d* ND Turbine II: $N = 40\,000$ kW, $n = 1\,500$ Uml./min
e Stromerzeuger, $N = 44\,000$ kVA, $n = 1\,500$ Uml./min
f Schnellschlußventile
g Kondensatoren   *h* Ölkühler

Das Gehäuse der HD-Turbine aus Stahlguß ist nur in der Wagerechten geteilt. Die ebenfalls in der Wagerechten geteilten Zwischendeckel aus SM-Stahl werden von zwei Einsatzzylindern aus Stahlguß getragen, die in Ringnuten des Gehäuses dampfdicht eingesetzt sind. Da diese Einsatzringe auf allen Seiten von Dampf umgeben sind, sind die Wärmedehnungen der ruhenden und der kreisenden Teile nahezu gleich groß, so daß die vorgesehenen Schaufelspielräume auch im Betriebe gewahrt bleiben.

Das MD-Gehäuse ist senkrecht einmal geteilt. So konnte der dem Stromerzeuger zugekehrte Einströmteil aus Stahlguß hergestellt werden, während der Ausströmteil aus Heißdampf-Gußeisen besteht, da hier Druck und Temperatur des Dampfes bereits genügend weit heruntergegangen sind.

Die beiden ND-Gehäuse sind einander vollkommen gleich. Sie bestehen ganz aus Heißdampf-Gußeisen und sind senkrecht und wagerecht je einmal geteilt. Ihr wichtigster Teil ist der Abdampfstutzen, von dessen konstruktiver Durchbildung letzten Endes die Möglichkeit abhängt, eine hohe Luftleere wirklich auszunutzen, d. h. einen meßbaren Spannungsabfall vom Austritt des Dampfes aus der letzten

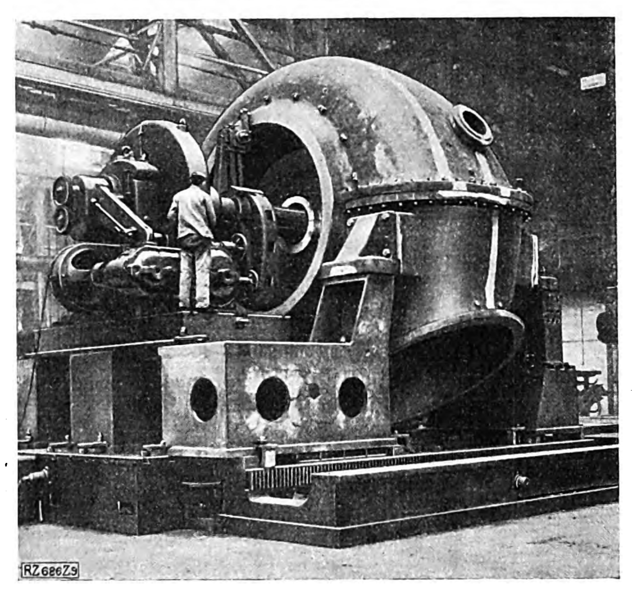


Abb. 8
Abdampfgehäuse während der Bearbeitung

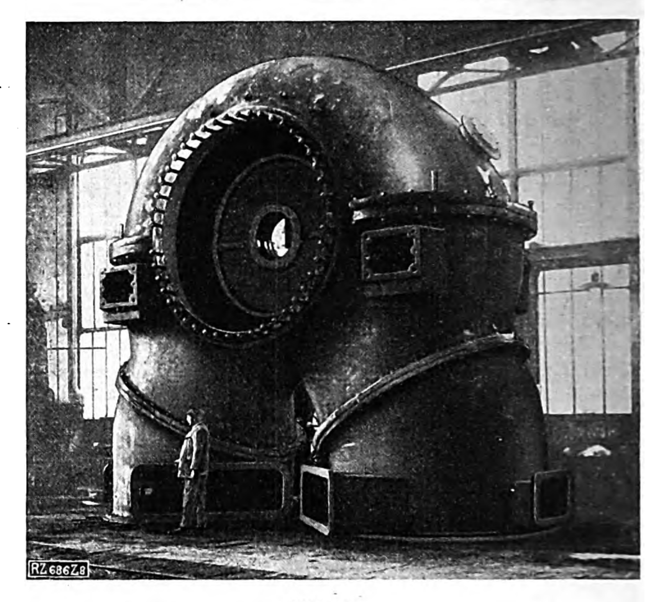


Abb. 9
Abdampfgehäuse der Kondensationsturbine

Schaufelreihe bis zu seinem Eintritt in den Kondensator durch stetige Querschnitterweiterung und Diffusorwände zu vermeiden. Angesichts der riesigen Abmessungen bei der nur etwa 60 mm im Mittel betragenden Wanddicke des Abdampfstutzens war die nötige Steifigkeit des Abdampfgehäuses nur durch Versteifung mittels Stehbolzen zu erzielen. Beides, die Diffusorwände und die Versteifungsbolzen, sind in Abb. 7[1]) zu erkennen. Die Größenverhältnisse eines solchen rd. 80 t schweren, in der Teilfuge rd. 6,5 m breiten Abdampfstutzens zeigen auch Abb. 8 und 9.

Alle vier Turbinenläufer sind unterkritisch ausgebildet und ruhen in je zwei Lagern. Der HD-Läufer, Abb. 5, ist mit seinen Gleichdruckscheiben aus einem einzigen Schmiedeblock hergestellt; infolgedessen konnte der Abstand der einzelnen Stufen voneinander auf ein Mindestmaß beschränkt und die Baulänge des Läufers zwischen den Lagern sehr klein bemessen werden. Nur das Rad der ersten, zweikränzigen Geschwindigkeitstufe ist mittels einer kegeligen Ringbüchse auf die Welle aufgezogen.

Die große Arbeitsdampfmenge führte trotz des im HD-Teil noch geringen spezifischen Dampfvolumens auch schon hier zu reichlichen Schaufellängen, die bekanntlich eine der wesentlichsten Voraussetzungen für einen guten Wirkungsgrad bilden. Die Schaufellänge im HD-Teil nimmt von der ersten bis zur letzten Gleichdruckstufe von 77 mm bis auf 126 mm zu, Abb. 10 bis 15. Schaufelbaustoff für die HD-Turbine ist durchweg, auch für die Deckbleche, nichtrostender Stahl.

Die Räder der MD-Turbine wurden einzeln auf die Welle aufgezogen und mit Büchsen darauf befestigt. Die Schaufeln der ersten MD-Stufen bestehen aus nichtrostendem Stahl, die der folgenden Stufen aus Stahl mit niedrigem Nickelgehalt. Über die Schaufellängen geben Abb. 16 bis 21 Auskunft.

Die 24 Überdruckstufen jeder der beiden ND-Turbinen sind in zwei Gruppen auf einer Trommel mit abschließendem Stern angeordnet. Alle Teile dieser Trommel sind aus geschmiedetem SM-Stahl hergestellt und in der Achse durchbohrt. Einen zusammengefügten und fertig beschaufelten ND-Läufer zeigt Abb. 28[1]). Auch hier ist auf unbedingt stetige Zunahme der Dampfquerschnitte, die in den Schaufellängen zum Ausdruck kommen, besonders geachtet. Die Laufschaufeln der letzten Stufe, Abb. 25 bis 27 haben 610 mm freie Länge bei 2890 mm mittlerem Stufendurchmesser. Die ersten Leit- und Laufschaufeln der ND-Turbinen, Abb. 22 bis 24, bestehen aus Stahl mit niedrigem Nickelgehalt, die letzten aus nichtrostendem Stahl, die Schaufeldeckbänder aus Messing, Monelmetall oder aus nichtrostendem Stahl.

[1]) Textbl. 35.

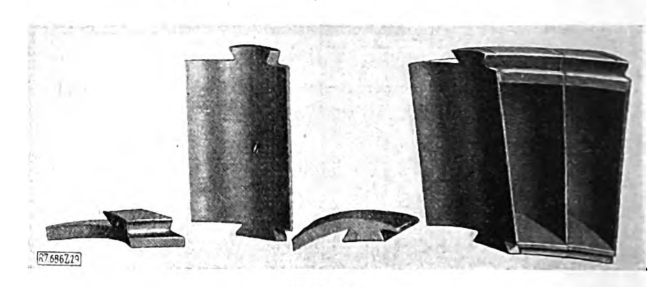


Abb. 29
Allseitig bearbeitete Dampfdüsen aus dem HD-Teil

In der HD-Turbine bestehen die Zwischendeckel aus Stahlguß; die in sie einzeln eingesetzten Düsen sind sämtlich aus Stahl hergestellt und allseitig bearbeitet, Abb. 29. In der MD-Turbine sind die gußeisernen Zwischendeckel unmittelbar in das Turbinengehäuse eingesetzt. Das Dampfvolumen und damit die radialen Düsenhöhen sind hier schon genügend groß, so daß die Stahlbleche, die die Düsen bilden, unmittel-

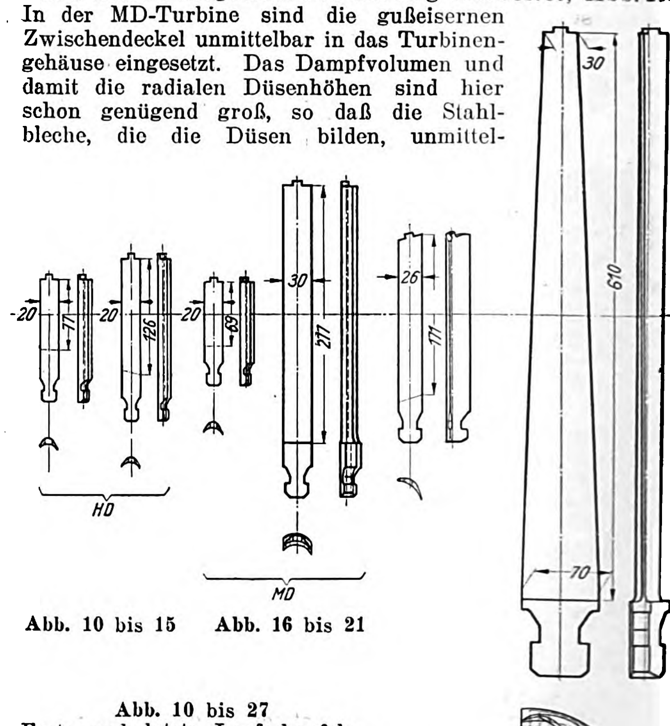
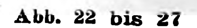


Abb. 10 bis 15 Abb. 16 bis 21

Abb. 10 bis 27
Erste und letzte Laufschaufeln der HD-, MD- und ND-Turbinen


Abb. 22 bis 27

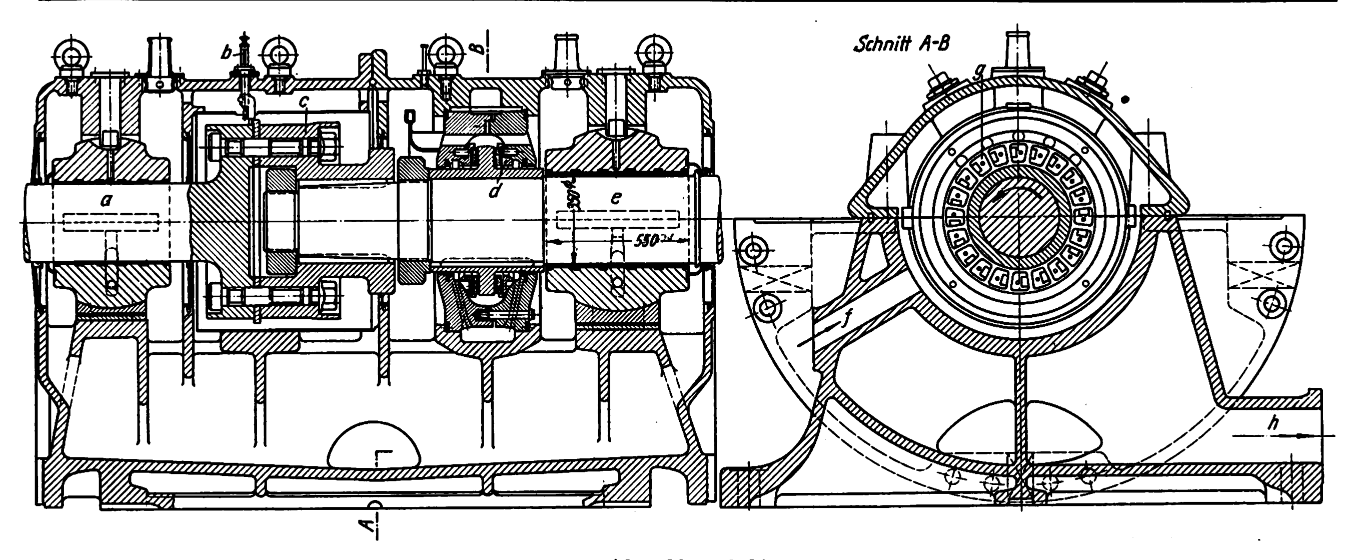


Abb. 30 und 31
Lagerbock zwischen HD- und MD-Turbine

a hinteres Lauflager der HD-Turbine
b Axialspielanzeiger
c starre Kupplung
d gemeinsames Drucklager der HD- und der MD-Turbine
e hinteres Lauflager der MD-Turbine
f Öleintritt
g Druckklötze
h Ölaustritt

bar in die Zwischendeckel eingegossen werden konnten.

Da der Dampfdruck hinter der ersten Stufe bei der voraussichtlich häufigsten Belastung 27 at abs beträgt und auch am Ende der HD-Turbine noch hoch ist, stellte die sichere Abdichtung des HD-Gehäuses besondere Aufgaben. Es wurden zunächst Dampflabyrinth-Stopfbüchsen in erprobter Ausführungsform eingebaut, gleichzeitig aber wurde auch die Möglichkeit vorgesehen, Stopfbüchsen mit mehreren radial hintereinandergeschalteten Labyrinthgruppen an ihre Stelle zu setzen.

Die beiden Lauflager und das Drucklager zwischen den beiden Turbinen jedes Wellenstranges sind je in gemeinsamen Lagerböcken, Abb. 30 und 31, angeordnet, ebenso die beiden Lauflager zwischen der MD-Turbine und dem zugehörigen Stromerzeuger. Das hintere Lager der ND-Turbinen dagegen stützt sich auf das Abdampfgehäuse, so daß der eigentliche Lagerbock zwischen der ND-Turbine und dem Stromerzeuger nur die Wellenkupplung und das Lager des Stromerzeugers einschließt.

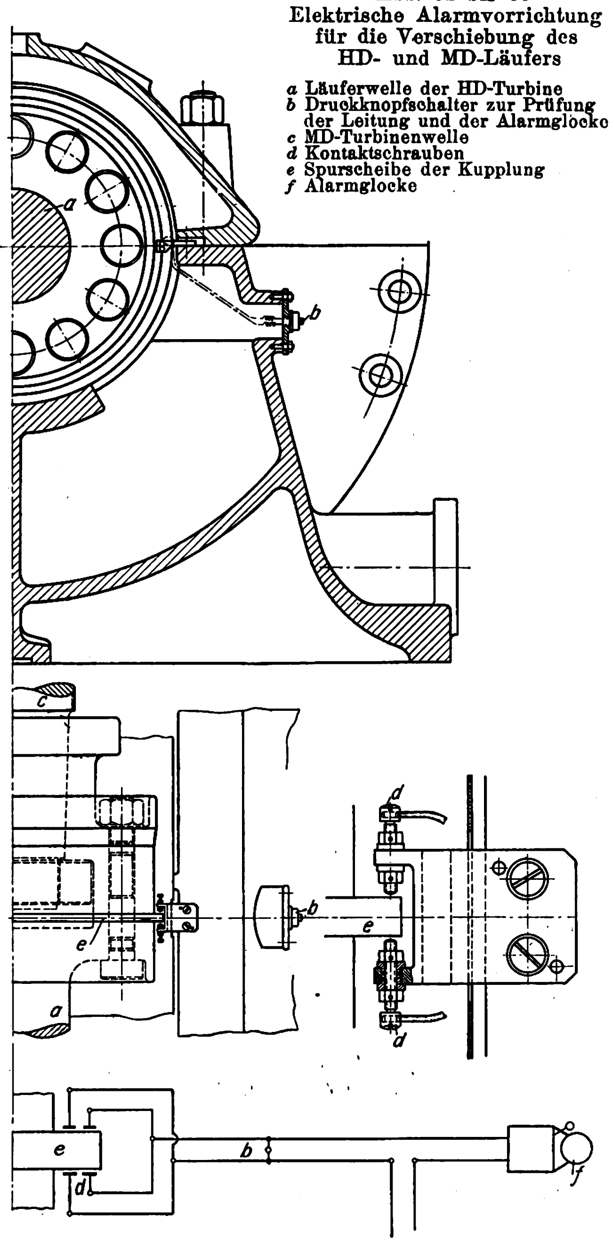
Alle Lagerschalen sind mit Weißmetall ausgegossen und auf der Außenseite kugelig ausgebildet, damit sich die Wellen leichter einstellen. Die Drucklager sind doppelseitige Einringlager mit beweglichen Druckklötzen aus Bronze, die an den Tragflächen mit Weißmetallausguß versehen sind. Bei etwa vorkommender Abnutzung der Druckklötze wird eine unzulässige Verschiebung der Wellen, die eine Beschädigung der Turbinenbeschaufelung zur Folge haben könnte, durch eine Alarmvorrichtung, Abb. 32 bis 35, angezeigt. Überdies kann das jeweilige Axialspiel auch während des Betriebes an einem besonderen Gerät abgelesen werden, so daß die jeweilige Lage der Turbinenläufer gegenüber den Gehäusen ständig festgestellt werden kann.

Die beiden Wellenstränge der Hauptturbinen sind nicht nur dampfseitig, sondern auch elektrisch gekuppelt; sie haben daher nur eine gemeinsame Regelung der Frischdampfeinströmung an der HD-Turbine. Der Druck vor dem ND-Teil ist dabei so gewählt, daß das Nutzgefälle für beide Wellenstränge und damit auch ihre Leistungen bei normaler Belastung und normalen Dampfverhältnissen gleich sind. Auf die Durchbildung aller Regelteile sowie auf die Sicherheitsvorrichtungen mußte bei den riesigen Abmessungen, die sich für eine Anlage von 80 000 kW ergeben, besondere Aufmerksamkeit verwendet werden.

Die Regelung wurde so entworfen, daß bis zur Halblast ein Ventil, bis zur Dreiviertellast zwei und bis zur Vollast drei Ventile öffnen und Dampf durch drei Düsenkasten, Abb. 36 und 37, zu den drei, einen vollen Kranz bildenden Düsengruppen strömen lassen. Für Über-

Abb. 32 bis 35
Elektrische Alarmvorrichtung für die Verschiebung des HD- und MD-Läufers

a Läuferwelle der HD-Turbine
b Druckknopfschalter zur Prüfung der Leitung und der Alarmglocke
c MD-Turbinenwelle
d Kontaktschrauben
e Spurscheibe der Kupplung
f Alarmglocke



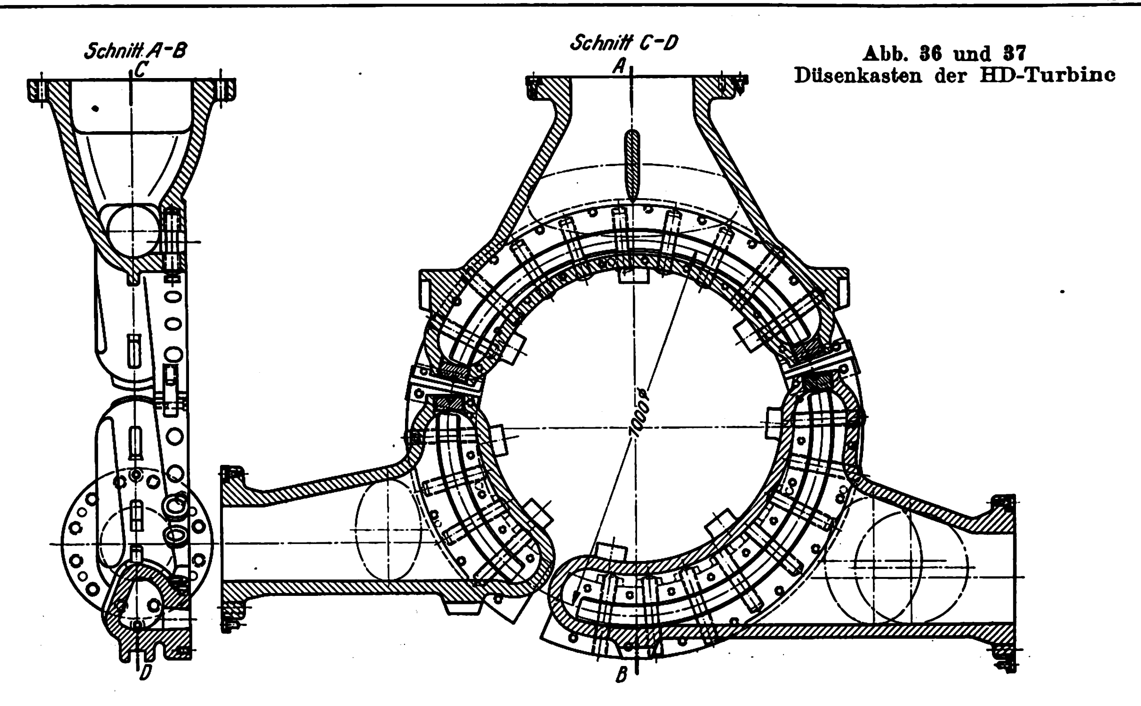


Abb. 36 und 37
Düsenkasten der HD-Turbine

last sind zwei Einlaßventile vorgesehen, von denen das erste den Frischdampf vor besondere Düsen der achten Stufe der HD-Turbine leitet und das zweite gedrosselten Frischdampf in die Überströmleitung zwischen HD- und MD-Turbine einströmen läßt. Diese beiden Überlastventile sind nicht nur dazu bestimmt, bei normalen Dampfverhältnissen, aber besserem cos φ, die Leistung der Anlage bis zur Grenze zu steigern, sondern sie sollen vor allem auch bei geringerem Kesseldampfdruck und bei einer durch wärmeres Kühlwasser verschlechterten Luftleere noch die volle Leistung sichern. Die drei Hauptdüsenventile sind auf dem vorderen Ende der HD-Turbine nebeneinander in einem Einströmkasten zusammengefaßt, während die beiden Überlastventile hinter ihnen angeordnet sind, damit sie die Breite der ganzen Maschine nicht vergrößern.

Das erste und größte Düsenventil ist zur Entlastung der Regelteile als Tellerventil mit Vorhubkegel ausgebildet, Abb. 38; für die übrigen Ventile konnte ein Vorhubventil entbehrt werden, da der Druck in der ersten Stufe bei zunehmender Belastung ansteigt. Alle fünf Ventile werden von einer gemeinsamen Steuerwelle aus betätigt, deren Nocken so ausgebildet sind, daß sich die Belastung der Turbine nach kurzem Regelspiel dem Hub des Geschwindigkeitsreglers verhältnisgleich ändert.

Gegen Durchgehen ist die Maschine wie üblich in zweifacher Weise geschützt: einmal kann der Drehzahlregler, Abb. 39 und 40, sämtliche Ventile abschließen, ferner sind an der HD- und an der vorderen ND-Turbine Schnellschlußvorrichtungen vorhanden, die beim Überschreiten der höchsten zulässigen Drehzahl die Hauptabsperrventile zum Schließen bringen. Da die Turbinen für ununterbrochenen Dauerbetrieb bestimmt sind, ist auch die Möglichkeit vorgesehen, die Sicherheitsregler und die Gestänge und Ventile der Schnellschlußvorrichtungen während des Betriebes zu erproben.

Sollte durch irgendeinen Zufall die Kondensation versagen, die Luftleere also sinken, so würden die ND-Turbinen und Kondensatoren einer ungünstig hohen Temperaturbeanspruchung ausgesetzt werden. Um dies zu verhüten, sind an die ND-Turbine ein Druckregler, der unmittelbaren Einfluß auf den Servomotor der Frischdampf-Regelventile hat, und an die Abdampfleitungen ein selbsttätiges Auspuffventil angeschlossen, durch das der Abdampf aus den Turbinen ohne unzulässige Drucksteigerung ins Freie entweichen kann.

Der gesamte Ölbedarf der Steuerung und der Lagerstellen wird von vier Zahnradölpumpen gedeckt, von denen je zwei in den vorderen Lagerböcken der HD-Turbine und der vorderen ND-Turbine angeordnet sind. Drei davon fördern Öl von rd. 5 at Überdruck für die Steuerung, die vierte hat nur 0,5 at Überdruck für die Lagerschmierung. Arbeitet die Steuerung, so strömt das Drucköl von 5 at zum Steuerschieber des Servomotors, während das von dem Servomotor verbrauchte Öl in die Lagerölleitung fließt, so daß den Lagern auch

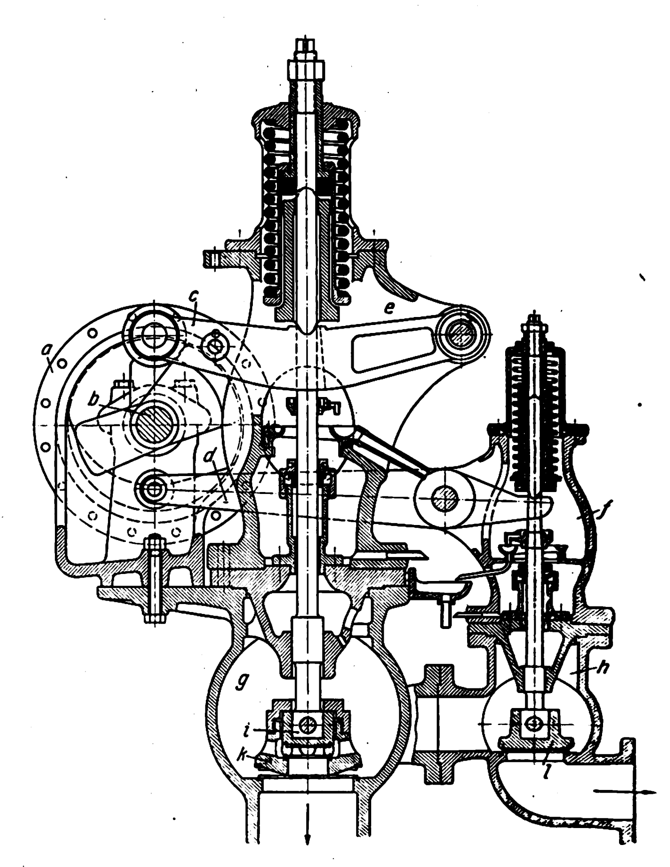


Abb. 38
Schnitt durch ein Haupt- und ein Überlastventil der Frischdampfregelung

a Steuerzylinder
b Nockenwelle
c Regulierhebel f. d. Hauptventil
d Regulierhebel für das Überlastventil
e Ventilaufsatz f. d. Hauptventil
f Ventilaufsatz f. d. Überlastventil
g Einströmkasten f. d. Hauptventil
h Einströmkasten für das Überlastventil
i Vorhubkegel
k Hauptventil
l Überlastventil



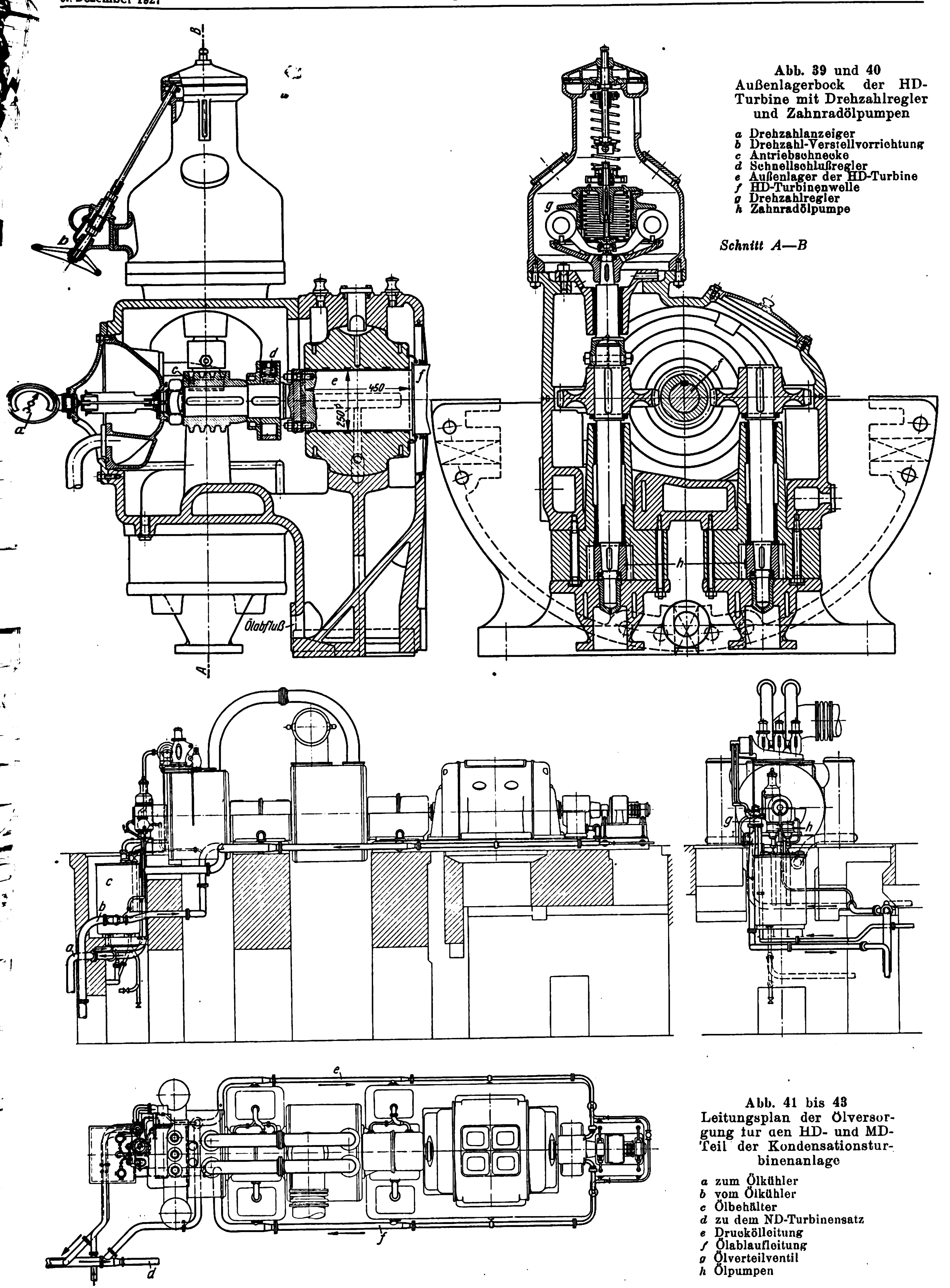


Abb. 39 und 40
Außenlagerbock der HD-Turbine mit Drehzahlregler und Zahnradölpumpen

a Drehzahlanzeiger
b Drehzahl-Verstellvorrichtung
c Antriebsschnecke
d Schnellschlußregler
e Außenlager der HD-Turbine
f HD-Turbinenwelle
g Drehzahlregler
h Zahnradölpumpe

Abb. 41 bis 43
Leitungsplan der Ölversorgung für den HD- und MD-Teil der Kondensationsturbinenanlage

a zum Ölkühler
b vom Ölkühler
c Ölbehälter
d zu dem ND-Turbinensatz
e Druckölleitung
f Ölablaufleitung
g Ölverteilventil
h Ölpumpen

Abb. 46 bis 49
Anordnung der Kondensationspumpengruppe mit Turbinen- und Motorantrieb

a Drehstrommotor, $n = 500$ Uml./min
b Kühlwasserpumpe, $n = 500$ Uml./min
c Zahnradvorgelege
d Ölbehälter
e Turbine, $n = 5000$ Uml./min
f Aufschlagwasserpumpe, $n = 1000$ Uml./min
g Kondensatpumpe, $n = 1000$ Uml./min

während des Regelvorganges kein Öl entzogen wird. Die Anordnung dieser Drucköleitung für den HD- und MD-Teil der Anlage zeigen Abb. 41 bis 43.

Für das Anfahren und Auslaufen der Maschine ist eine besondere Hilfs-Zahnradölpumpe mit Dampfturbinen-Antrieb vorgesehen, die beim Öffnen des Hauptabsperrventils schon bei geschlossenem Anfahrventil selbsttätig in Betrieb gesetzt wird. Sobald die Hauptpumpen genügend Öl fördern, schaltet sich die Hilfspumpe ab; beim Auslauf der Hauptmaschine vollziehen sich die gleichen Schaltungen in umgekehrter Reihenfolge.

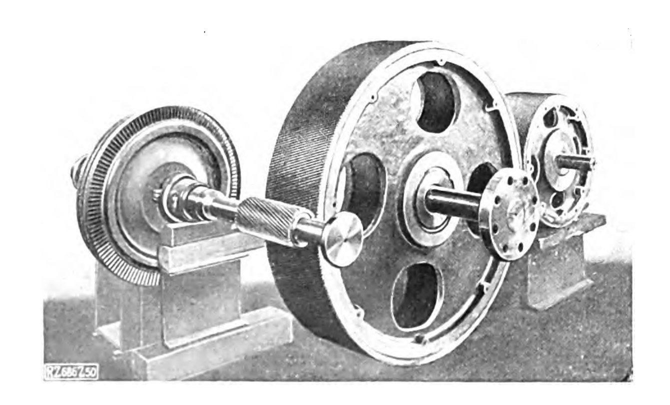


Abb. 50
Turbinenläufer und Rädergetriebe der Kondensationspumpengruppe

Die vier Frischdampf-Absperrventile vor der HD-Turbine sind im Fundament fest verankert, so daß sich die Wärmedehnungen der von den Kesseln kommenden Frischdampfleitungen nicht auf die Maschine übertragen können. Von den Absperrventilen führen, wie Abb. 1 bis 4 zeigen, je zwei unter Flur verlegte sehr nachgiebige Rohre zu Dampfsieben auf beiden Seiten der HD-Turbine, die jeden Fremdkörper, der etwa mit dem Frischdampf mitgeführt werden könnte, von der Maschine fernhalten. In die große Überströmleitung zu den ND-Turbinen ist ein Wellrohr eingefügt, während beiderseits des Rohres angeordnete schwere Anker jede Rückwirkung der Ausdehnung auf die Turbinengehäuse verhindern. Die vier Abdampfstutzen der beiden ND-Teile sind untereinander durch eine Rohrleitung verbunden, so daß, z. B. wenn ein Kondensator gereinigt werden soll, beide ND-Teile auf den noch im Betrieb bleibenden Kondensator geschaltet werden können.

Alle Lager der Maschine ruhen auf festen Fundamentblöcken, mit Ausnahme der Erregerlager; bei diesen hat man die übliche Balkenkonstruktion beibehalten, um unter den Stromerzeugern Raum für die Luftkühler zu schaffen. Das gesamte Fundament steht auf einer starken Grundplatte, deren Breite und Länge in einem günstigeren Verhältnis zueinander stehen, als wenn die Länge ein Vielfaches der Breite wäre.

Die ersten Messungen an einer der drei Maschinen haben die folgenden Ergebnisse geliefert:

Der Dampf vor dem Absperrventil der Turbine hatte 32,0 at Überdruck und 400°; die Luftleere entsprach der Kühlwassertemperatur von 15° bei einer Kühlwassermenge von 17 000 m³/h.

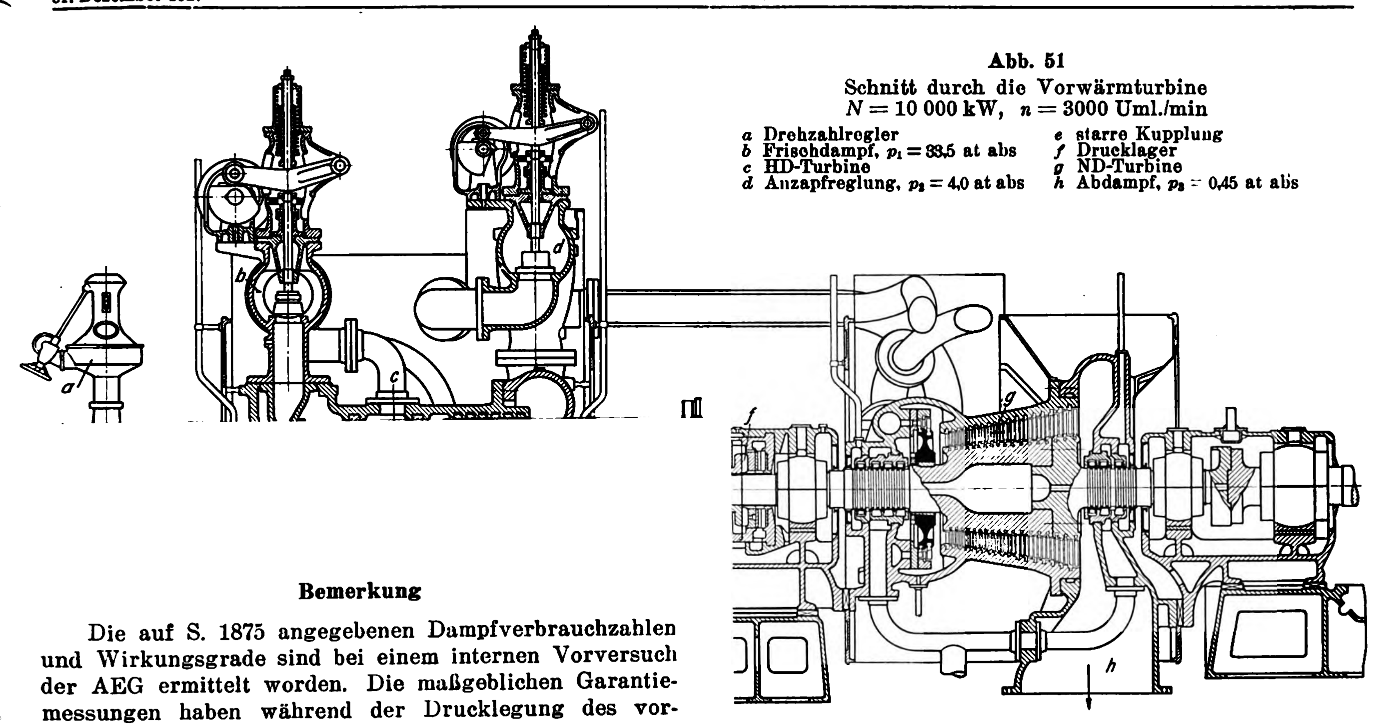


Abb. 51
Schnitt durch die Vorwärmturbine
$N = 10\,000$ kW, $n = 3000$ Uml./min

a Drehzahlregler
b Frischdampf, $p_1 = 33{,}5$ at abs
c HD-Turbine
d Anzapfreglung, $p_2 = 4{,}0$ at abs
e starre Kupplung
f Drucklager
g ND-Turbine
h Abdampf, $p_3 = 0{,}45$ at abs

Bemerkung

Die auf S. 1875 angegebenen Dampfverbrauchzahlen und Wirkungsgrade sind bei einem internen Vorversuch der AEG ermittelt worden. Die maßgeblichen Garantiemessungen haben während der Drucklegung des vorliegenden Heftes stattgefunden; die Ergebnisse werden gesondert veröffentlicht werden.

Aufnahmefähigkeit des Netzes, das waren damals nur rd. 62 000 kW, belastet. Da jedoch ihre Konstruktionsleistung noch erheblich höher ist, so dürfte sich auch der Wirkungsgrad noch entsprechend verbessern; bei den bisherigen Teillasten wurde der vorausberechnete und gewährleistete Dampfverbrauch erreicht oder um ein Geringes unterschritten. Bemerkenswert ist der außerordentlich geringe Abfall des Wirkungsgrades bei Teillasten, bei denen der Verbrauch wesentlich niedriger war, als den abgegebenen Gewährzahlen entsprach.

Abb. 44 und Abb. 45, Textbl. 36, zeigen die fertigen Maschinengruppen von der Dampfseite und von der Seite der Stromerzeuger.

Die Kondensationsanlage eines jeden Turbinensatzes besteht aus zwei quer zur Turbinenachse liegenden Oberflächenkondensatoren mit je 3300 m² Kühlfläche und zwei voneinander vollständig unabhängigen Pumpensätzen; Wasserstrahlsauger entfernen die Luft aus den Kondensatoren. Die Verbindung der Turbinen-Abdampfstutzen mit den Kondensatoren wird durch Stopfbüchsenrohre mit Gummischlauchdichtung und Wasserverschluß gedichtet, die gewisse Verschiebungen nach jeder Richtung hin aufnehmen können. Als Sperrwasser dient Kondensat aus der Druckleitung der Kondensatpumpe.

Zu jedem Kondensator gehört ein in sich geschlossener Kreiselpumpensatz, der aus einer Kühlwasserpumpe, einer Aufschlagwasserpumpe für den Wasserstrahlsauger und einer Kondensatpumpe besteht. In der Regel treibt ein Elektromotor die Kühlwasserpumpe unmittelbar und über ein Zahnradvorgelege die übrigen beiden Pumpen an; beim Anfahren sowie bei etwa eintretenden Betriebstörungen am Mo-or oder im Stromnetz dient hierzu eine Hilfsturbine mit rosselregelung, die sonst in Luftleere mitläuft. Das Umchalten von Motor- auf Dampfantrieb und umgekehrt erolgt selbsttätig. Infolge der Einschaltung des Zahnradorgeleges konnten für die Pumpen sowie für die Antriebaschinen die günstigsten Drehzahlen beibehalten werden. ie Turbine ist für 5000 Uml./min entworfen; bei dieser rehzahl war auch mit geringen Baukosten ein guter Virkungsgrad zu erzielen und auch die Radreibung im eerlauf nur klein. Der Elektromotor dagegen, ein ochspannungs-Drehstrommotor mit Kurzschlußanker in wasserdichter Ausführung, läuft wie die Kühlwasserpumpe nur mit 500 Uml./min. Als dritte Drehzahl von 1000 Uml./min kommt die der Aufschlagwasser- und der Kondensatpumpe hinzu. Es ergab sich daraus die Gesamtanordnung des ganzen Pumpensatzes, die in Abb. 46 bis 49 dargestellt ist. Die Zahnräder und den Turbinenläufer dieser Maschinengruppe zeigt Abb. 50.

Die Kondensatpumpe ist so bemessen, daß selbst bei Ausfall eines Pumpensatzes noch die gesamte Kondensatmenge von 270 t/h für die Volleistung der Hauptmaschinen gefördert werden kann. Die Wasserstrahl-Luftsauger haben außer der Düse keine dem Verschleiß unterworfenen Teile; ihre kleinen, billigen Düsen können im Notfalle leicht ausgewechselt werden. Ferner sind Wasserstrahlsauger gegen Schwankungen des Dampfdruckes unempfindlich, während Dampfstrahlsauger bei starkem Abfall des Dampfdruckes leicht abschnappen.

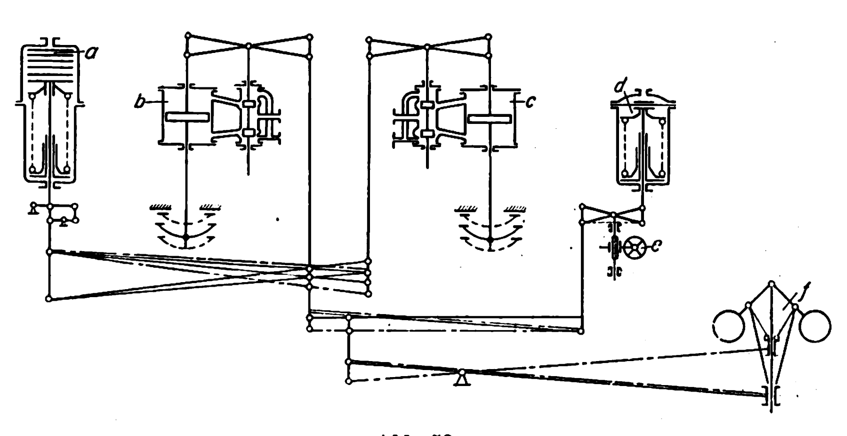


Abb. 52
Steuerschema der Vorwärmturbine

a Anzapfdruckregler
b Anzapfsteuerung
c Frischdampfsteuerung
d Gegendruckregler
e Ausschaltvorrichtung
f Drehzahlregler

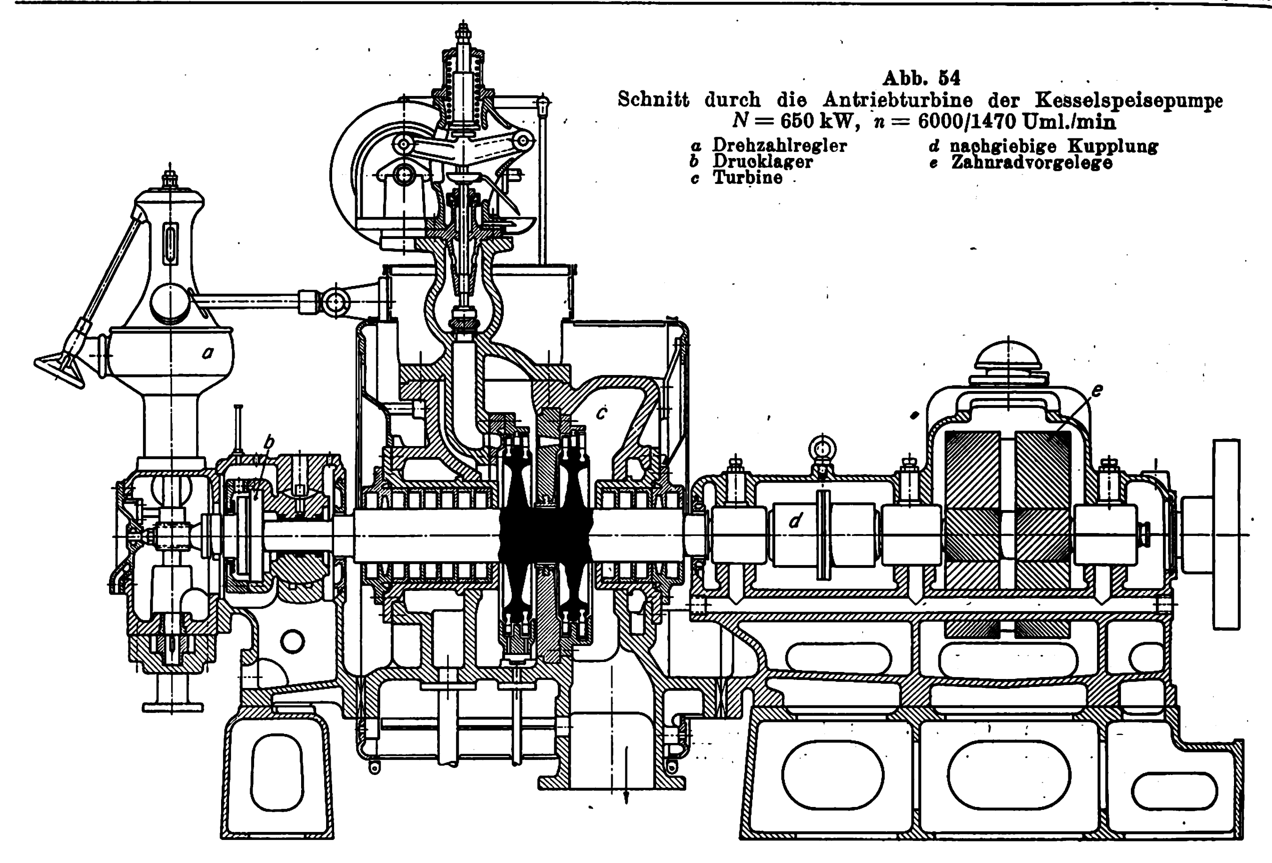


Abb. 54
Schnitt durch die Antriebturbine der Kesselspeisepumpe
$N = 650$ kW, $n = 6000/1470$ Uml./min
a Drehzahlregler
b Drucklager
c Turbine
d nachgiebige Kupplung
e Zahnradvorgelege

Die Vorwärmturbinen und die Kesselspeisepumpen

Zweistufige Speisewasservorwärmung durch Dampf von 0,45 und 4,0 at abs hatte sich beim Entwurf der Anlage als am zweckmäßigsten ergeben; der Entwurf der Vorwärmturbinen lag damit in großen Zügen fest. Sie wurden als Anzapf-Gegendruckturbinen für je 10 000 kW Leistung bei 3000 Uml./min gebaut. Da Frischdampf von 32,5 at Überdruck bei 400° aus den Kesseln zur Verfügung steht, war das Gesamtgefälle der Vorwärmturbinen so groß, daß es in jeder Beziehung vorteilhaft schien, es auf zwei Gehäuse aufzuteilen, Abb. 51. Die Anzapfung erfolgt bei einem Druck von 4,0 at abs und einer größten Entnahmemenge von 65 000 kg/h am Ende des HD-Teiles, von wo vier Überströmrohre zu den Düsengruppen der ND-Turbine führen.

Der HD-Teil ist eine reine Gleichdruckturbine mit einer einkränzigen Stufe von größerem Durchmesser, die als Regelstufe dient, 12 Scheibenstufen von 600 mm Dmr. und schließlich 6 weiteren Gleichdruckstufen von 800 mm mittlerem Stufendurchmesser. Die Zwischendeckel der ersten 12 Stufen, die noch im heißeren Dampfstrom liegen, sind wie bei der Hauptturbine in zwei besonderen Einsatzringen zusammengefaßt, die dampfdicht im Gehäuse sitzen. Der Läufer besteht aus einem einzigen Stück, die Scheiben sind mit parallelen Wänden ausgeführt, was Baulänge und Läufergewicht verringert.

Die Regelstufe des ND-Teiles ist eine zweikränzige Geschwindigkeitstufe, deren Rad auf der Turbinenwelle mittels einer kegeligen Ringbüchse befestigt ist. Die anschließende Überdrucktrommel hat einen mittleren Stufendurchmesser von 700 mm.

Die Bauart der Gehäuse, Lauf- und Drucklager, Stopfbüchsen und Kupplungen schließt sich eng an die der Hauptturbine an. Für die Frischdampfeinströmung sind besondere Düsenkästen vorgesehen; die Einströmkammern der ND-Turbine sind mit dem Gehäuse aus einem Stück gegossen, da bei dem geringen Druck und der niedrigen Temperatur des Dampfes keine schädlichen Spannungen mehr zu befürchten sind.

Bemerkenswert ist die Steuerung dieser Vorwärmturbinen, Abb. 52. Es galt, die beiden Regelungen, nämlich die Frischdampfsteuerung *c* und die Anzapfsteuerung *b*, so in Abhängigkeit von einem Drehzahlregler *f*, einem Anzapfdampf-Druckregler *a* und einem Gegendruckregler *d* zu bringen, daß alle Schwankungen der Belastung oder der Abdampfmenge im ausgeglichenen Spiel dieser drei Regler von der Turbine aufgenommen werden. Abb. 53, Textbl. 35, zeigt eine der drei Vorwärmturbinen.

Außerhalb der Kondensationsanlage, deren Maschinen durchweg wenigstens neben elektrischem auch Turbinenantrieb haben, ist noch für zwei Kesselspeisepumpen Turboantrieb gewählt worden. Zum Antrieb dieser siebenstufigen Kreiselpumpen dienen Dampfturbinen von etwa 650 kW und 6000 Uml./min, deren Drehzahl für die Pumpe durch einstufige Zahnradvorgelege auf 1470 Uml./min herabgesetzt wird. Die Turbinen geben den Dampf gegen etwa 3 at Überdruck an das Vorwärm- und Heiznetz des Kraftwerkes ab, ihre Frischdampfverhältnisse sind die gleichen wie die der Haupt- und der Vorwärmturbinen. Entsprechend ihrer kleinen Leistung bei dichtem Arbeitsdampf mußte man Teilbeaufschlagung wählen, wenn man einigermaßen günstige Schaufellängen erreichen wollte. So fand sich als vorteilhafteste Bauart die in Abb. 54 dargestellte. Das Gefälle wird in zwei zweikränzigen Geschwindigkeitstufen mit Teilbeaufschlagung verarbeitet, die als Scheiben mit der Welle aus einem Stück geschnitten sind. Damit wird die Pumpengruppe leicht bedienbar, jederzeit schnell anfahrbereit und auch gut für stark schwankende Belastung geeignet. Die Regelung erfolgt auch hier durch Düsengruppen. Das Gehäuse ist an den Wellendurchführungen mittels Kohlenstopfbüchsen abgedichtet.

Die drei Vorwärmturbinen und sämtliche Kesselspeisepumpen stehen in einer besonderen Maschinenhalle, Abb. 55, Textbl. 35, die senkrecht zum großen Gebäude der Hauptmaschinen angeordnet ist. Die drei Vorwärmturbinen sind hinten, die acht Kesselspeisepumpen vorn zu sehen. Größte Übersichtlichkeit war der leitende Gedanke für diese Anordnung, und das Bild beweist, daß dieser Gedanke verwirklicht worden ist.

Im Rahmen dieser Veröffentlichung konnten nur die wichtigsten Aufgaben besprochen werden, die dem Dampfturbinenbau durch das Großkraftwerk Klingenberg gestellt waren. Namentlich mußten alle Einzelheiten des Entwurfes der Maschinen, der Herstellung ihrer Teile und ihrer Aufstellung übergangen werden. [B 463]

Kraft: Die Turbinenanlagen im Großkraftwerk Klingenberg

Abb. 5 und 6. Die Kondensationsturbinen- und Stromerzeugeranlage; $N = 80000$ kW, $n = 1500$ Uml./min

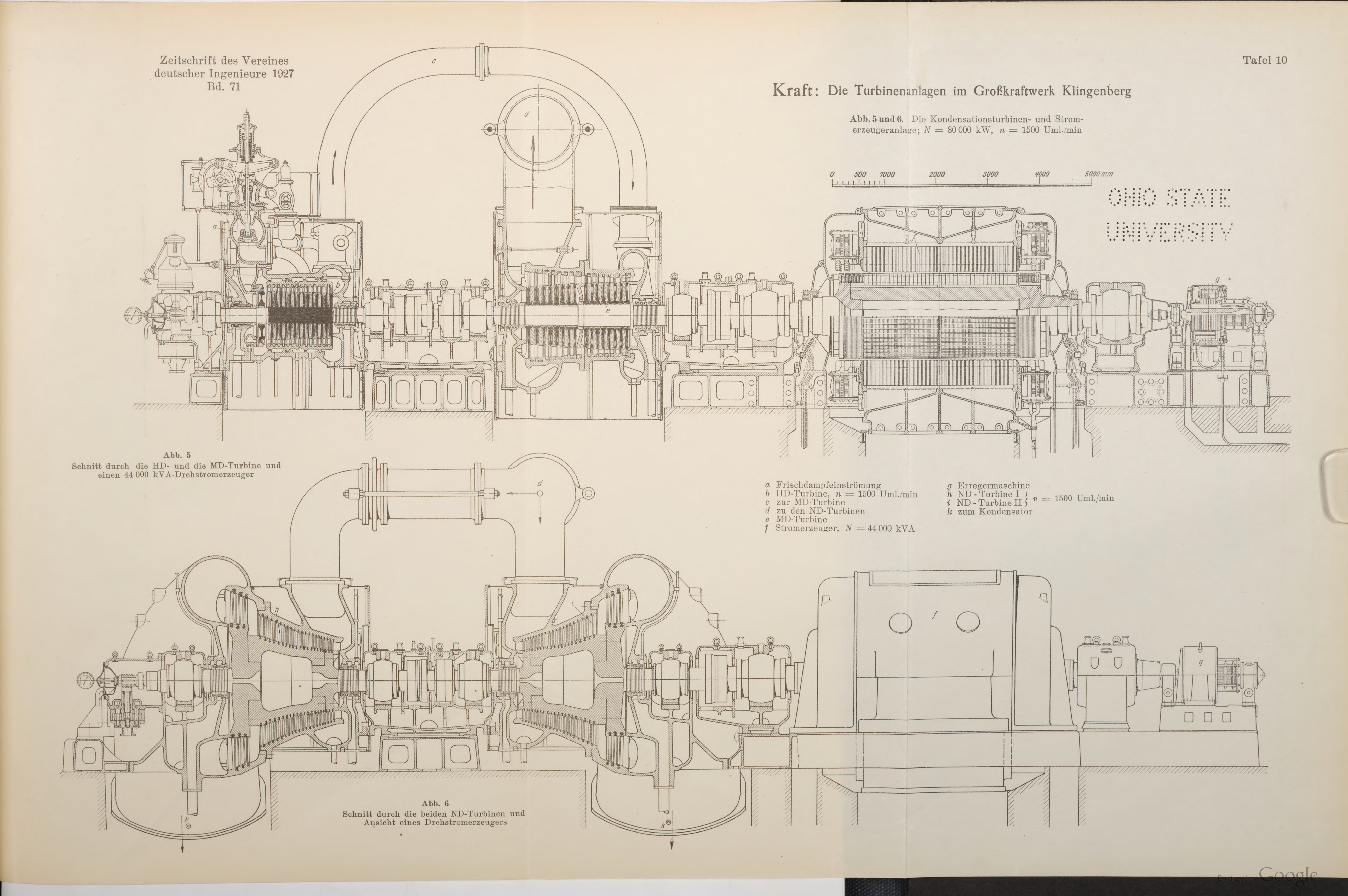


Abb. 5
Schnitt durch die HD- und die MD-Turbine und einen 44 000 kVA-Drehstromerzeuger

a Frischdampfeinströmung
b HD-Turbine, $n = 1500$ Uml./min
c zur MD-Turbine
d zu den ND-Turbinen
e MD-Turbine
f Stromerzeuger, $N = 44000$ kVA
g Erregermaschine
h ND-Turbine I } $n = 1500$ Uml./min
i ND-Turbine II }
k zum Kondensator

Abb. 6
Schnitt durch die beiden ND-Turbinen und Ansicht eines Drehstromerzeugers

Die Hilfsmaschinen des Großkraftwerkes Klingenberg

Von Heinrich Denecke, Berlin[1])

Im folgenden wird die Anordnung der Maschinen und ihrer Hilfseinrichtungen kurz erläutert. Ausführlicher sind nur diejenigen Anlageteile berücksichtigt, die beachtenswerte Neuerungen aufweisen. Hierzu gehören die Rohrleitungen, die Vorwärmung, die Brandschutzeinrichtung der Stromerzeuger und die Oelhaltung.

Für die günstige Anordnung der Maschinen eines Dampfkraftwerkes sind die Führung des Kühlwassers, die Zuführung des Frischdampfes und die Rückführung des Maschinenkondensats sowie die Fortleitung des erzeugten Stroms besonders kennzeichnend. Die in Abb. 1 bis 3 wiedergegebene Anordnung wurde nach eingehender Durcharbeitung einer größeren Anzahl von Entwürfen für den Bau des Großkraftwerkes Klingenberg gewählt. Um die Hauptmaschinen nicht durch Anzapfungen zu belasten und den Maschinenhauskeller von den damit verbundenen Rohrleitungen freizuhalten, um ferner auch bei vorübergehendem Ausfall der Vorwärmung eine einfache Betriebsführung zu ermöglichen, wurden für die Vorwärmung des Kesselspeisewassers besondere Vorwärmturbinen aufgestellt. Die Regelung des Gegendrucks dieser Vorwärmturbinen gestattet, die Speisewassertemperatur bei wirtschaftlich günstigen Verhältnissen konstant zu halten, was bei Anzapfung der Hauptmaschinen wegen der Druckschwankungen in den Stufen nicht im gleichen Maße zu erreichen wäre. Ein weiterer Vorteil liegt in der Möglichkeit, die Eigenversorgung des Werkes aus den Vorwärmturbinen von den Hauptsammelschienen zu trennen.

Während die Vorwärmturbinen zwischen den Kesselhäusern in enger Anlehnung an die Kesselspeisung und die Vorwärmbehälter aufgestellt wurden, sind die Hauptmaschinen nach der Wasserseite des Werkes hin quer zu den Kesselhäusern angeordnet. Das Kühlwasser, das durch Betonkanäle von der Spree her zufließt, wird in Kammern vor dem Maschinenhaus mittels umlaufender Siebe gereinigt. Unmittelbar hinter den Siebkammern in Höhe des Maschinenhauskellers liegen die Räume für Kondensationspumpen; hierbei sind die Hilfsmaschinen für zwei Hauptmaschinen in je einem Raum vereinigt. Diese dem Maschinenhaus vorgelagerte Anordnung der Hilfsmaschinen ermöglicht verhältnismäßig kleine Abmessungen der Hauptmaschinenhalle, glatte Führung der Leitungen und leichte Bedienung mit wenig Mannschaft. Im Keller in der Hauptmaschinenhalle verbleiben nur die Kondensatoren und Luftrückkühler, so daß dieser geräumig, hell und luftig ist. Für die Vorwärmturbinen sind keine Kondensatoren und Hilfsmaschinen erforderlich. Daher steht der gesamte Maschinenkeller des Zwischenbaues für die Führung der Anzapf- und Abdampfleitungen, sowie für die Entwicklung der Kesselspeiseleitungen zur Verfügung; er erfüllt die Aufgabe eines besonderen Rohrleitungskellers.

Von Kühlwasserpumpen wurden für jede Hauptmaschine zwei aufgestellt. Je vier Pumpen speisen eine gemeinsame Druckleitung; von dieser zweigen die Leitungen zu den Kondensatoren ab. Die Sammelleitung ermöglicht, die Kühlwasserpumpen beliebig zu schalten und löst ihre starre Zugehörigkeit zu einem bestimmten Turbinensatz, die aber durch Absperren der Sammelleitung in der Regel beibehalten werden kann.

Die Hochdruckteile der Turbinensätze sind dem Kesselhaus zugekehrt, wodurch sich die Führung des Frischdampfes aus der an der ganzen Längsseite des Maschinenhauses entlanglaufenden Doppel-Ringleitung vereinfacht. Die Aufstellung der Hauptmaschinen in der Weise, daß die Dampfteile und die Stromerzeuger je zweier Gruppen einander zugekehrt sind, macht die Führung der Dampfstränge sowie auch die Zusammenfassung der 6 kV-Schienen besonders übersichtlich. Ein begehbarer Kanal zwischen den Hauptmaschinen nimmt die Stromschienen von je vier Stromerzeugern auf, die zu den Transformatoren im Vorbau führen. Der von den Vorwärm-Stromerzeugern gelieferte Strom wird durch Kabel den entsprechenden Transformatoren zugeführt.

[1]) Herrn Schult danke ich an dieser Stelle für seine wertvolle Mitarbeit.

Frischdampfleitungen

Während sich früher beim Bau von Kraftwerken die Durchbildung der Leitungen im wesentlichen darauf beschränkte, die Anlage unter Berücksichtigung der möglichen Betriebsfälle zweckmäßig anzuordnen, hat die Steigerung der Drücke und der Temperatur des Dampfes neue Aufgaben gestellt, die bis auf den Baustoff zurückführen. Dabei sollten nicht nur befriedigende Lösungen für den gerade vorliegenden Fall, sondern allgemein gültige

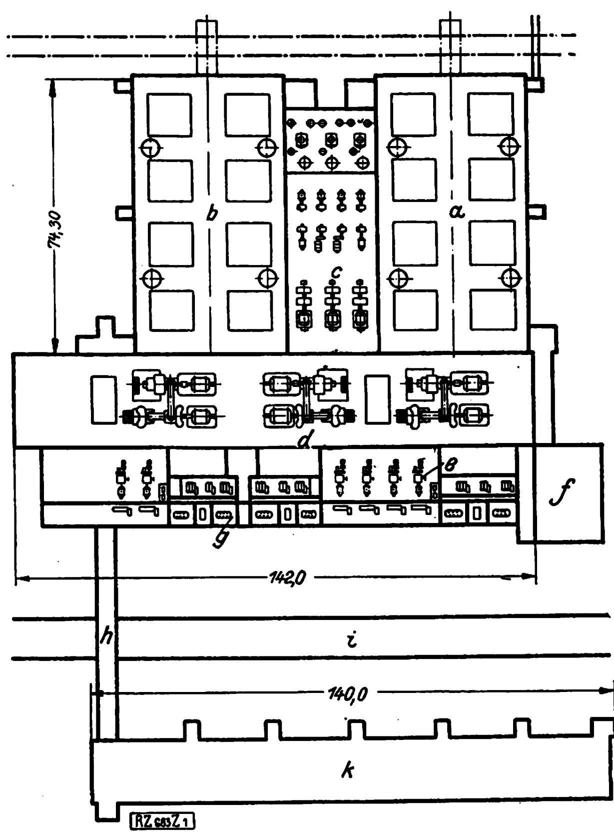


Abb. 1
Anordnung der Maschinenanlagen

a Kesselhaus A
b Kesselhaus B
c Vorwärmturbinen (10 000 kW)
d Hauptturbinen (80 000 kW)
e Kühlwasserpumpen
f Verwaltungsgebäude
g Transformatoren (44 000 kVA)
h Brücke
i Köpenicker Chaussee
k Schalthaus 30 kV

Richtlinien gefunden werden, die das Großkraftwerk Klingenberg, wie ehemals das Kraftwerk Golpa, zum Vorläufer einer neuen Entwicklung machten. Für die Ausbildung der Frischdampfleitungen war eine dreifache Aufgabe zu lösen:

die Wahl der Werkstoffe,
die bauliche Ausbildung der Einzelteile,
die Führung der Leitungen.

Werkstoffe der Frischdampfleitungen

Bei der Frage der Baustoffe bestanden Bedenken, ob die bisher für Betriebsdrücke von 16 bis 20 at und rd. 375 ° üblichen, den gesteigerten Anforderungen des Großkraftwerks Klingenberg gewachsen waren. Nach Abb. 4 nimmt bei mittelhartem Flußstahl die Bruchgrenze mit wachsender Temperatur zunächst zu, um von einem bestimmten Wert an stark abzufallen. Die Streckgrenze, die bei Raumtemperatur etwa 50 vH der Bruchgrenze beträgt, sinkt mit steigender Erwärmung und beträgt bei einer Temperatur von 425 °, die für das Werk Klingenberg

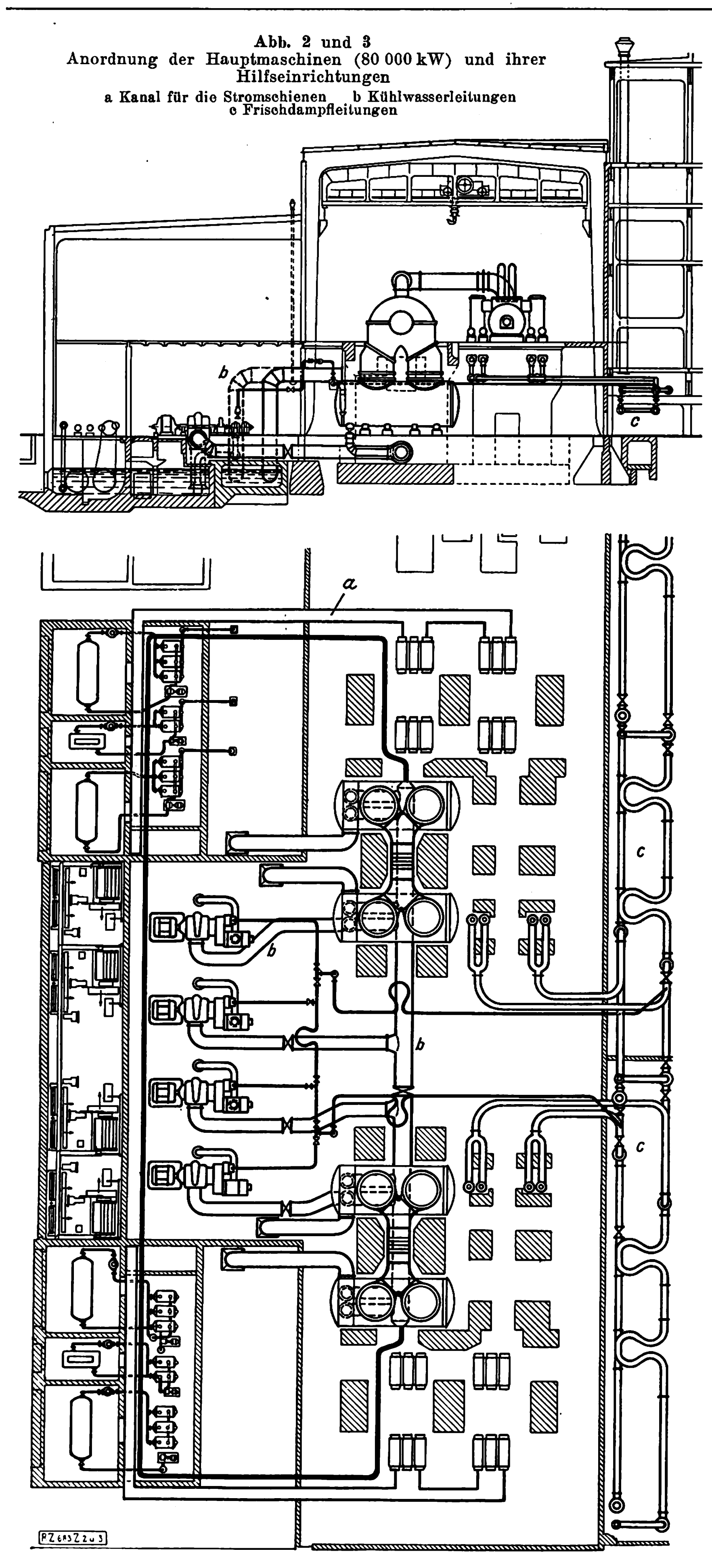


Abb. 2 und 3
Anordnung der Hauptmaschinen (80 000 kW) und ihrer Hilfseinrichtungen
a Kanal für die Stromschienen b Kühlwasserleitungen c Frischdampfleitungen

in Betracht kam, nur noch rd. 30 vH der Bruchgrenze. Unabhängig von der Höhe zeigen diese Angaben, daß die Bruchfestigkeit bei Raumtemperatur keine Gewähr für die Sicherheit einer Anlage im Betriebszustande bietet.

Zur Zeit der Vorarbeiten für das Großkraftwerk lag ein Entwurf des Deutschen Normen-Ausschusses über Normung von Rohrleitungen für hochgespannten Dampf vor, wonach 6,4fache Sicherheit, bezogen auf die Bruchgrenze bei Raumtemperatur verlangt war. Sinkt aber z. B. bei einem Werkstoff von 42 kg/mm² Bruchfestigkeit bei 15 °, die Streckgrenze bei 425 °C auf 10 kg/mm², so ist die Sicherheit im Betriebe nur noch 1,5fach, was als niedrig bezeichnet werden muß. Die im Januar dieses Jahres veröffentlichten neuen Normen erhöhen den Sicherheitsfaktor, bezogen auf die Bruchgrenze bei 15° auf 7,1. Eine hinreichende Gewähr für Betriebsicherheit scheint aber nur dann gegeben, wenn die gewählte Sicherheit auf die Streckgrenze bei Betriebstemperatur bezogen wird. In den Bedingungen für die Lieferung der Frischdampfleitungen für das Großkraftwerk wurde daher, gestützt auf ein Gutachten von Goerens, der vorgeschriebene Sicherheitsgrad auf die Streckgrenze bei 400 ° bezogen.

Die Wahl des Werkstoffs der Rohre wurde bestimmt durch die Rücksicht auf Freiheit von Lunkern und Seigerungen, sowie von inneren Spannungen, ferner durch die Unempfindlichkeit gegen Altern und Rekristallisation. Da eine unbedingte Zuverlässigkeit der Rohrleitungen erreicht werden mußte, kommt der Lunker- und Seigerungsfreiheit des Materials, deren Nichteinhaltung alle Festigkeitsvorschriften unwirksam macht, erhöhte Bedeutung zu. Es wurde deshalb vorgeschrieben, die zum Auswalzen der Rohre bestimmten Rohgußblöcke soweit abzuschneiden, daß ein auch im Kern unbedingt festes Gefüge erwartet werden durfte. Diese Restblöcke wurden dann vor dem Vorwalzen innen ausgebohrt und außen abgedreht. Durch Ausglühen der fertigen Teile auf eine Temperatur oberhalb der Umwandlungsgrenze wurde die geforderte Spannungsfreiheit erreicht. Weniger klar lagen die Verhältnisse bezüglich der auftretenden Ermüdungserscheinungen und der sich hieraus ergebenden Forderungen der Materialeigenschaften. Jedenfalls bestand kein Zweifel, daß Druck- und Temperaturschwankungen ähnlich wie bei Dampfkesseln zu einer Veränderung des Gefüges und Minderung der Festigkeit führen können und hierauf bei der Wahl der Baustoffe Rücksicht zu nehmen ist.

Zahlentafel 1

Gütevorschriften für die Frischdampfleitungen des Großkraftwerkes Klingenberg

Betriebsdruck 35 at bei 415 °C, höchster zulässiger Druck 37 at bei 425 °C

Nr.	Gegenstand	Werkstoff	Bearbeitung	Zugfestigkeit bei 15 °C kg/mm²	Streckgrenze bei 400 °C kg/mm²	Dehnung bei 15 °C, bezogen auf $l = 5\,d$ vH	Sicherheitsfaktor, bezogen auf Streckgrenze bei 400°	Probedruck bei kaltem Wasser at	Chemische Bestandteile, Eigenschaften (Grenzwerte)	Bemerkungen
1	Rohre, Faltenbogen	Flußstahl	Nahtlos gewalzt aus Gußblöcken, oberes Ende abgeschnitten, vor dem Walzen ausgebohrt und abgedreht. Ausglühen der fertigen Rohre oberhalb der Umwandlungstemperatur	42	12	24	2,35	80		Dichtung: gewellte V 2a Bleche mit Asbesteinlage oder Klingerit
2	Flanschen	Flußstahl	Aus einem Stück schmieden. Ausglühen wie unter 1	50	15	21	3	80		Flanschbefestigung s. Abb. 5 bis 8
3	Formstücke, Schieber	Elektro-Stahlguß	Ausglühen der fertigen Stücke wie unter 1	45	13	24	3	80	P + S 0,05 vH P 0,03 „ S 0,03 „	P = Phosphor S = Schwefel
4	Formstücke	SM-Stahlguß	Ausglühen der fertigen Stücke wie unter 1	45	13	24	3	80	P + S 0,1 vH P 0,06 „ S 0,06 „	
5	Schieber	Bessemer-Stahlguß	Ausglühen der fertigen Stücke wie unter 1	45	13	24	3	80	P + S 0,15 vH P 0,08 „ S 0,08 „	
6	Schrauben	Nickelstahl mit 3 vH Ni	Ausglühen wie unter 1	50	22	21	4,40			Schraubenbolzen mit abgerundeten Übergängen
7	Wasserabscheider	Nickelstahl mit 3 vH Ni	Nahtlos geschmiedet mit gekümpelten Böden. Ausglühen der fertigen Stücke wie unter 1	45	13	24	2,35	80		ohne innere Einbauteile

Die vorliegenden Erfahrungen deuten darauf hin, daß Stahlsorten mit hohen Streckgrenzen Änderungen des Gefüges am wenigsten unterworfen sind. Daraus ergab sich das Bestreben, ein Material mit möglichst hoher Streckgrenze zu wählen, womit gleichzeitig die vorgeschriebene Sicherheit bei kleinster Wanddicke erreicht werden konnte.

Diese Forderungen werden nach Untersuchungen von Goerens von Stahlsorten mit Nickelzusatz am einwandfreiesten erfüllt. Daneben stand harter Flußstahl mit hohem Kohlenstoffgehalt und mindestens 12 kg/mm² Streckgrenze bei Betriebstemperatur zur Erörterung. Die Kosten der Leitungen hätten aber bei Verwendung von Nickelstahl das Zwei- bis Dreifache betragen; daher wurden Rohre aus hartem Flußstahl der oben geschilderten Herstellungsart gewählt. Die Gütevorschriften für diese Frischdampfleitungen gehen im einzelnen aus Zahlentafel 1 hervor.

Die später angegebenen Versuchsergebnisse beweisen, daß diese Entscheidung grundsätzlich richtig war und die gewählte Stahlsorte den Anforderungen genügt. Um bezüglich der Alterung verschiedener Werkstoffe nach einigen Betriebsjahren Vergleiche zu ermöglichen, wurden auf Veranlassung der BEWAG einige Bogenstücke der Hauptdampfleitung aus Nickelstahl eingebaut.

Auch für die Flanschen der Rohrleitungen wurde Flußstahl gewählt. Damit beim Arbeiten der Rohre die aufgezogenen Flanschen stets innig mit den Rohren verbunden bleiben, ist für sie ein härterer Stahl vorgeschrieben. Mit Rücksicht auf die auftretenden Biegebeanspruchungen der Flanschringe wurde auch der Sicherheitsfaktor gegenüber dem der Rohre erhöht.

Auls Baustoffe für die Gußstücke standen Elektrostahl und Siemens-Martin-Stahl zur Erörterung. Während die Festigkeitseigenschaften von Siemens-Martin-Stahl denen des Elektrostahles bei neuen Gußstücken nichts nachgeben, sogar mit einer höheren Streckgrenze bei Betriebstemperatur gerechnet werden konnte, waren die Ansichten über den Einfluß des erhöhten Phosphor- und Schwefelgehaltes auf die Alterung geteilt. Es verdient hervorgehoben zu werden, daß sich die BEWAG auch hier bereitfand, Pionierdienste zu leisten und Gußstücke aus beiden Arten von Werkstoffen zuzulassen. Ob die Art der Herstellung nennenswerten Einfluß auf die Alterungserscheinungen der Werkstoffe ausübt, muß die Betriebserfahrung zeigen.

Für die Schrauben der Flanschverbindungen wurde Stahl mit 3 vH Nickelzusatz gewählt. Mit Rücksicht auf die mögliche ungleichmäßige Beanspruchung der einzelnen Bolzen schien die Erhöhung des Sicherheitsfaktors auf 4,4 geboten. Auch für die wenigen vorhan-

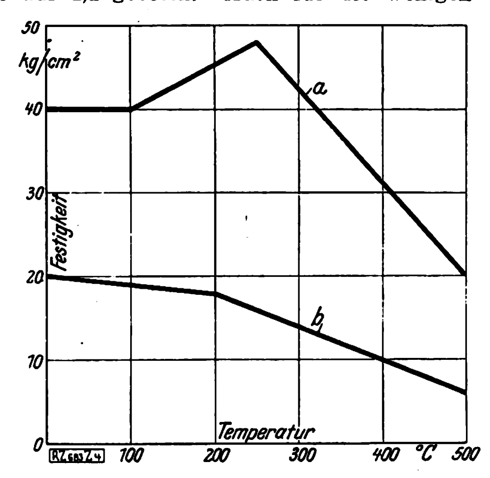


Abb. 4
Verlauf der Festigkeit von mittelhartem Flußstahl in Abhängigkeit von der Temperatur
a Bruchgrenze *b* Streckgrenze

Zahlentafel 2. Ergebnisse der Werkstoffprüfungen für die
Betriebsdruck 35 at bei 415 °C, höchst-

Nr.	Werkstoff	Gegenstand	Zerreißversuche bei 15 °C: Zugfestigkeit: Anzahl der Proben	Zugfestigkeit: Mittelwert kg/mm²	Zugfestigkeit: Mindestwert kg/mm²	Zugfestigkeit: gefordert kg/mm²	Streckgrenze: Anzahl der Proben	Streckgrenze: Mittelwert kg/mm²	Streckgrenze: Mindestwert kg/mm²	Bleibende Dehnung: Anzahl der Proben	Bleibende Dehnung: Mittelwert vH	Bleibende Dehnung: Mindestwert vH	Bleibende Dehnung: gefordert vH
1	Flußstahl	Rohre, Faltenbogen	25	45,7	42,0	42,0	25	32,4	29,5	25	30,1	28,0	24,0
2	„	Flanschen	4	50,0	49,1	50,0	4	30,0	26,5	4	26,7	21,0	21,0
3	Elektro-Stahlguß	Formstücke	41	48,8	44,6	45,0	41	25,7	21,6	41	24,9	20,0	24,0
		Schieber	6	42,2	41,1	45,0	6	24,1	21,0	6	32,9	29,4	24,0
4	SM-Stahlguß	Formstücke	5	49,2	46.9	45,0	5	29,8	25,2	5	32,2	28,4	24,0
5	Bessemer-Stahlguß	Schieber	6	50,5	47,6	45,0	6	29,9	27,7	6	29,9	27,0	24,0
6	3 vH-Nickelstahl	Schrauben	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	„	Wasserabscheider	10	48,1	47,2	45,0	10	33,4	31,3	10	32,4	26,3	24,0

denen Wasserabscheider war die Rücksicht auf den Preis im Vergleich zu den Kosten der ganzen Frischdampfleitung unwesentlich, so daß auch hierfür eine besondere Art von Nickelstahl verwandt werden konnte. Wie für die Rohre, so wurde auch für alle Guß- und Schmiedestücke das Ausglühen der fertigen Teile vorgeschrieben, so daß praktisch mit Freiheit von innern Spannungen gerechnet werden kann.

Zum Vergleich mit den Gütevorschriften in Zahlentafel 1 sind in Zahlentafel 2 einige Ergebnisse der Werkstoff-Untersuchungen wiedergegeben. Wie ersichtlich, wurden die verlangten Festigkeitseigenschaften durchweg überschritten. Wo die Prüfungen bei den aus Elektrostahl hergestellten Gußstücken etwas geringere Werte ergaben, wurde die fehlende Zugfestigkeit durch geringere bleibende Dehnung zum Teil ausgeglichen. Allgemein bestätigt das Ergebnis der Werkstoffprüfungen, daß die aufgestellten Gütevorschriften durchaus erreichbare Forderungen darstellen.

Bauliche Merkmale der Frischdampfleitungen

Die Wandstärke der Rohre war durch den vorgeschriebenen Sicherheitsgrad von 2,35, bezogen auf die Streckgrenze bei Betriebstemperatur und durch die Festigkeit des Werkstoffs gegeben. Von dem vorliegenden Entwurf der Normen sollte insofern abgewichen werden, als die dort angegebenen Wandstärken Mindestwerte darstellen und nicht, entsprechend den Normen, Abweichungen bis zu — 10 vH gestatten sollten. Unter Berücksichtigung dieser Vorschrift zeigte sich, daß die gewählten Wandstärken mit den Normen praktisch übereinstimmen, vergl. Zahlentafel 3.

Die Ausbildung der Flanschbefestigungen war Gegenstand eingehender Prüfungen, als deren Ergebnis die in Abb. 5 bis 8 wiedergegebenen Ausführungen zum Einbau zugelassen wurden. Der aufgezogene

Zahlentafel 3

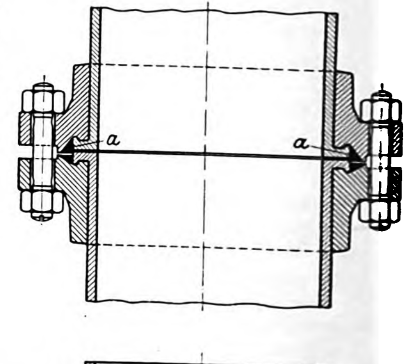
Wanddicken der Frischdampfleitungen für Großkraftwerk Klingenberg

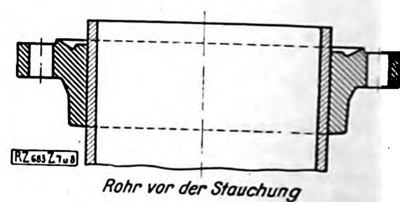
Betriebsdruck 35 at bei 415 °C
Höchster zulässiger Betriebsdruck 37 at bei 425° C

Nr.	Nenndurchmesser mm	Vorgeschriebener Mindestwert mm	Nach Normenvorschlag mit ± 10 vH Toleranz mm
1	150	6	7
2	225	9	10
3	250	10	11
4	275	11	12
5	325	13	14

Flansch nach Abb. 5 (Allgemeine Rohrleitungs-A.-G., Düsseldorf,) ist mittels einer doppelten Reihe versetzter Gewindebolzen auf dem Rohrende festgeschraubt. Um absolute Dichtheit zu erzielen, wurden die Gewindebolzen außen verschweißt. Ebenso wurde der Kragen an den beiden Enden mit dem Rohr stark verschweißt. Die Flanschverbindung nach Abb. 6 (A. Borsig, Berlin-Tegel,) zeigt zwei Reihen gegeneinander versetzter Eindrückungen und eine zusätzliche Verschweißung von Rohrende und Flanschkragen.

Bei der Ausführung nach Abb. 7 und 8 (F. Seiffert & Co., A.-G., Berlin - Eberswalde,) wird das überstehende Rohrende aufgestaucht und mit dem Flansch verschweißt





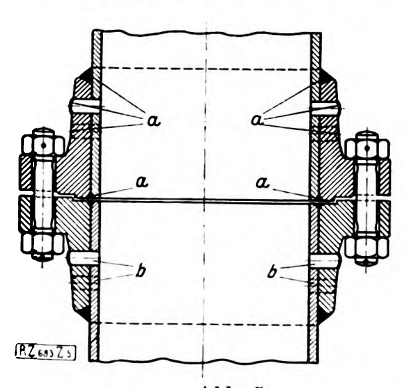


Abb. 5
Flanschverbindung für Frischdampfleitungen
(Allgem. Rohrleitungs-A.-G.)
a verschweißt *b* Gewindebolzen

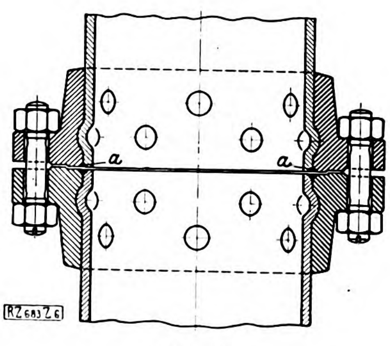


Abb. 6
Flanschverbindung für Frischdampfleitungen
(A. Borsig G.m.b.H.)
a Schweißung

Abb. 7 und 8
Flanschverbindung für Frischdampfleitungen
(F. Seiffert & Co., A.-G.)
a Schweißung
Abb. 8. Rohr vor der Stauchung

Frischdampfleitungen des Großkraftwerkes Klingenberg
zulässiger Druck 37 at bei 425 °C

Zerreißversuche bei 400 °C										Chemische Zusammensetzung						Bemerkungen
Zugfestigkeit			Streckgrenze				Bleibende Dehnung			P + S		P		S		
Anzahl der Proben	Mittelwert kg/mm²	Mindestwert kg/mm²	Anzahl der Proben	Mittelwert kg/mm²	Mindestwert kg/mm²	gefordert kg/mm²	Anzahl der Proben	Mittelwert vH	Mindestwert vH	ermittelt vH	gefordert vH	ermittelt vH	gefordert vH	ermittelt vH	gefordert vH	
20	27,0	21,3	20	15,4	12,6	12,0	20	30,2	25,6	—	—	—	—	—	—	
4	48,4	46,9	4	18,2	16,3	15,0	4	26,8	21,4	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,045	0,05	0,015	0,03	0,03	0,03	Formstücke (4 Proben)
6	41,0	38,3	6	14,7	12,7	13,0	6	21,9	18,4	0,02	0,05	Spur	0,03	0,01	0,03	Schieber (6 Proben) entstammen verschiedenen Stahlwerken
5	41,7	38,5	5	17,7	16,4	13,0	5	34,7	25,7	0,063	0,10	0,036	0,06	0,027	0,06	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,14	0,15	0,07	0,08	0,07	0,08	
4	66,0	54,6	4	43,0	33,5	22,0	4	26,6	24,7	—	—	—	—	—	—	ermittelt bei 350 °C
5	38,7	36,8	5	18,8	17,0	13,0	5	42,7	38,4	—	—	—	—	—	—	ermittelt bei 425 °C

Die Wasserabscheider bestehen aus nahtlos geschmiedeten Trommeln mit angekümpelten Böden. Die bei den bisherigen Ausführungsarten üblichen inneren Einbauteile kamen in Fortfall, da sie nicht ständig überwacht und infolge der hohen Beanspruchung schon nach kurzer Betriebzeit zerstört werden können. Abgesehen hiervon wird bei der hohen Überhitzung des Dampfes infolge der Wasserabscheidung an den Kesseln bereits eine genügende Dampftrocknung erreicht; die Abscheider in der Dampfleitung wurden nur aus Vorsorge für außergewöhnliche Vorkommnisse angeordnet.

Bei den Kompensatoren für die Frischdampfleitungen mußte glatten Rohrbogen und Faltenrohrbogen, je nach der Lage der Ausgleichstelle und der aufzunehmenden Längenänderungen, die größte Zuverlässigkeit zugesprochen werden. Sie haben aber gegenüber den Gleitkompensatoren die Nachteile, daß sie mehr Platz brauchen und stärkeren Druckabfall hervorrufen. Da der Druckabfall die Wirtschaftlichkeit nicht unwesentlich beeinflußt, entschloß sich die BEWAG, neben Bogenrohren, die in der Hauptsache angewandt wurden, auch Gleitkompensatoren einzubauen und den Erfahrungen des Betriebes die Entscheidung zu überlassen.

Als Absperrschieber für die Dampfleitungen wurden durchweg Parallelschieber mit zwangläufiger Führung der Abschlußdeckel verwendet, deren Innenteil beim Schließen zunächst in den Dampfstrom geschoben wird, ohne daß sich die Dichtflächen berühren. Hierbei tritt bereits eine starke Drosselung ein. Erst in der richtigen Lage des Innenteiles beginnen die Schieberteller sich gegen die Sitze hin zu spreizen und damit den Schieber völlig zu schließen.

Alle weiteren Bauteile der Frischdampfleitungen zeigen, abgesehen von der Wahl der Baustoffe, keine wesentlichen Neuerungen.

Anlage der Rohrleitungen

Der Plan der Dampfleitungen, sowie die Querschnitte und die Führung der einzelnen Rohrstränge werden allgemein durch zwei Rücksichten bestimmt: durch die Wirtschaftlichkeit, die in dem zugelassenen Druckabfall zum Ausdruck kommt, und durch die Sicherheit für die Aufrechterhaltung des Betriebes bei Ausfall einzelner Abschnitte. Der zugelassene Druckabfall von den Kesseln bis zu den Turbinen bedeutet eine Minderung des den Maschinen zur Verfügung stehenden Gefälles und eine entsprechende Erhöhung des Dampf- oder Kohlenverbrauches.

Sieht man von dem Wärmeverlust der Frischdampfleitungen, der durch die Isolierung nahezu ausgeglichen werden kann, sowie von der unbedeutenden Vergrößerung der Kesselleistung ab, so ergibt sich der zulässige Druckabfall aus dem Vergleich der Brennstoffkosten für die Erhöhung der Dampfmenge und des Kapitalaufwandes für die Herabsetzung der Druckverluste. Die genaue Erfassung aller Größen, die das Endergebnis beeinflussen, geht über den Rahmen dieser Veröffentlichung hinaus. Hier sei nur grundsätzlich der Weg gezeigt, der auch beim Bau des Großkraftwerkes Klingenberg zur Bemessung der Frischdampfleitungen führte.

Während bei 16 at Betriebsdruck ein Druckabfall von 1 at einen Verlust von rd. 2,3 kcal/kg an Wärmegefälle bedeutet, beträgt er bei 35 at nur noch rd. 1 kcal/kg. Bezogen auf 250 kcal/kg nutzbares Wärmegefälle in den Turbinen bei 16 at und auf 280 kcal/kg bei 35 at, sowie bei Annahme eines thermodynamischen Wirkungsgrades der Maschinen von 80 vH folgt hieraus für je 1 at Druckverlust bei Vollast ein Mehrverbrauch von 1,1 bzw. 0,45 vH. Läßt man also für beide Anfangsdrücke verhältnismäßig den gleichen Mehrverbrauch zu, so rechtfertigt es sich, im Kraftwerk mit 35 at Anfangsdruck einen 2,5mal größeren Druckabfall zuzulassen, als in der 16 at-Anlage.

Genauere Rechnungen zeigen, daß dieser Wert zu hoch ist und daß es wirtschaftliche Vorteile bietet, den Druckverlust auf Kosten einer Verteuerung der Rohrleitung zu vermindern. Diese Rechnung setzt voraus, daß man die Steigerung des Verbrauches infolge des Druckabfalles nicht auf die höchste Belastung, sondern auf das Jahresmittel der Belastung bezieht, das sich mit dem Belastungsfaktor der Anlage ändert. Da der Druckabfall in den Rohrleitungen vom Quadrat der Belastung abhängt, so ist der Verlustfaktor des Druckabfalls verhältnismäßig kleiner als der Belastungsfaktor.

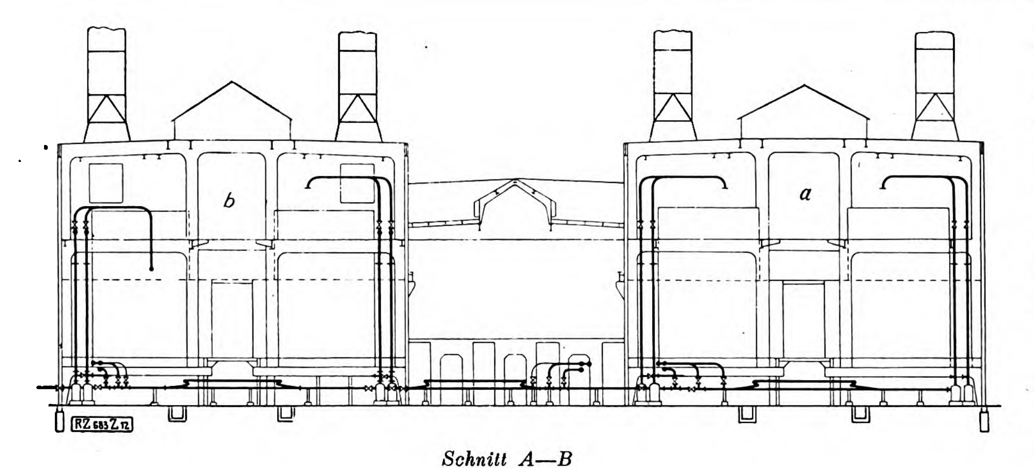
An der Hand der sogenannten „rangierten" Belastungskurven von Tröger[2]) wurden folgende Verlustzahlen infolge des Druckabfalls in Frischdampfleitungen ermittelt:

Belastungsfaktor	Druckverlustfaktor
1,0	1,0
0,9	0,82
0,8	0,64
0,7	0,50
0,6	0,38
0,5	0,29
0,4	0,22
0,3	0,17

Beim Belastungsfaktor von 0,5 oder bei einer Verlustzahl von 0,29 infolge des Druckabfalls beträgt somit der mittlere Mehraufwand für je 1 at Druckabfall $0{,}45 \times 0{,}29 = 0{,}13$ vH des Vollastverbrauches. Für das Großkraftwerk Klingenberg bedeutet dies im ersten Ausbau etwa 30 000 ℳ jährliche Mehrausgabe für Kohlen, die bei 15 vH Zinsen und Abschreibungen einen Mehraufwand von 200 000 ℳ für die Frischdampfleitung rechtfertigen. Solange bei einem Mehraufwand von 200 000 ℳ für die Frischdampfleitungen der Gewinn an Druckgefälle bei Vollast über 1 at beträgt, wird der Kapitaldienst durch die Ersparnis an Brennstoff gedeckt.

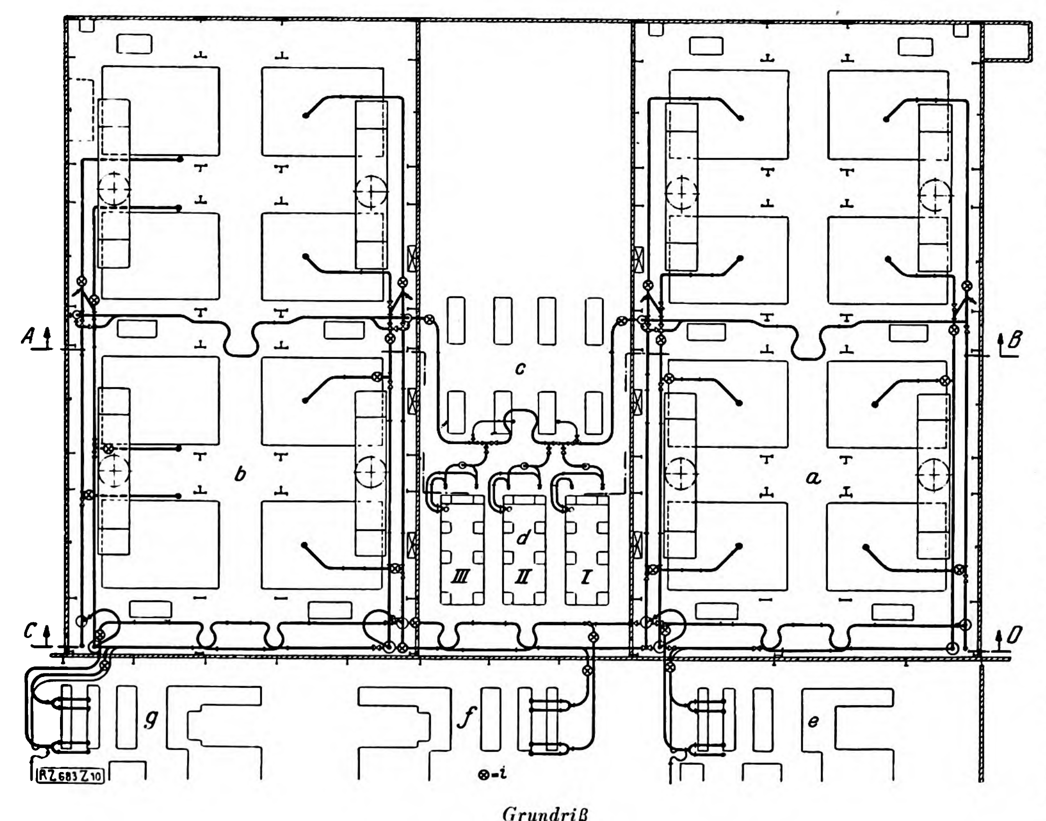
Bei der Wahl der endgültigen Abmessungen sind noch weitere Einflüsse zu berücksichtigen, z. B. die Erhöhung der Gewichte der Rohre, die den Ausbau und die Instand-

[2]) Vergl. Klingenberg, Bau großer Elektrizitätswerke; 1924, S. 29.



Schnitt A—B

Schnitt C—D



Grundriß

Abb. 9 bis 11
Anordnung der Frischdampfleitungen

a Kesselhaus A *b* Kesselhaus B *c* Kesselspeisepumpen *d* Vorwärmturbinen *e* bis *g* Haupturbinen

haltung erschwert. Bei vorübergehendem Ausfall eines Teils der Leitungen treten ferner größere Druckabsenkungen ein, die je nach ihrer Häufigkeit die wirtschaftliche Berechnung beeinflussen können. Die genauen Ermittlungen ergaben, daß man für den vorliegenden Bau bei Vollast und voller Betriebsbereitschaft der Rohranlage 2 at Spannungsabfall wirtschaftlich zulassen kann. Dieser Druckabfall wurde der Berechnung der Querschnitte zugrunde gelegt.

Die **Führung der Rohrleitungen** ist vom Standpunkt der Betriebsicherheit je nach dem besonderen Fall verschieden zu bewerten. Mit wachsender Größe der Kessel und Maschinen berührt der Ausfall eines Teils der Anlage die Betriebsleitung empfindlicher; um so wichtiger ist es dann, die Leitungen so zu führen, daß die volle Dampflieferung auch bei Teilstörungen im Rohrnetz gewährleistet bleibt.

Unter diesem Gesichtspunkt wurde der in Abb. 11 wiedergegebene Plan gewählt, wonach zwei geschlossene Ringleitungen den Dampf von je vier Kesseln den Haupt-Sammelleitungen zuführen; diese sind ebenfalls doppelt verlegt und an den Enden ringförmig zusammengeschlossen. Von den Hauptsträngen führen zu den Turbinen Doppelrohre, deren Querschnitte so bemessen sind, daß jedes imstande ist, bei Vollast der Maschine die gesamte Dampfmenge zu fördern. Querverbindungen zwischen den Seitensträngen der Kesselreihen und der Kesselhäuser erleichtern den Ausgleich der Belastungen. Sie versorgen zugleich die Vorwärmturbinen und die Dampfturbinen der Kesselspeisepumpen.

Einzelheiten der Anordnung der Kesselhaus-Sammelleitungen und der Hauptdampfleitungen sind aus Abb. 9 bis 11 ersichtlich. Die Hauptleitungen sind in den Kesselhäusern hinter den Kesseln oberhalb der Hauptbedienungsbühnen angeordnet, so daß man ihre Absperrteile von dort aus bedienen kann. An den Stirnwänden der

Kesselhäuser zum Maschinenhaus hin sind die Frischdampfleitungen bis auf die Höhe des Maschinenhauskellers geführt und über Wasserabscheider an die längs des Maschinenhauses liegenden Hauptrohrstränge angeschlossen.

Die nicht unbedeutenden Gewichte der Einzelteile, insbesondere der Absperrschieber und der Wasserabscheider, zwangen dazu, bei der Führung der Leitungen auch auf den leichten Ausbau Rücksicht zu nehmen. Trotzdem konnten die Leitungen so verlegt werden, daß auf der ganzen Länge des Maschinenhauses der Durchgang zwischen den Kesselhäusern und dem Maschinenhauskeller frei bleibt.

Störungen in den Frischdampfleitungen lassen sich durch Schnellschluß-Schieber eingrenzen. Jeder Kessel ist mittels eines solchen Schnellschluß-Schiebers mit elektrischem Antrieb in 30 s vom Frischdampfnetz absperrbar. Die Betätigung erfolgt mittels Druckknopfes von den Kesseltafeln und von den Nottreppen außerhalb der Kesselhäuser. Die Gruppen-Schnellschluß-Schieber in den Hauptleitungen sowie in den Abzweigen zu den Turbinen haben Fallgewichte als Kraftspeicher. Diese können mit der Hand durch Gestänge und elektromagnetisch ausgelöst werden. Der Strom für die Magnete wird einer Batterie entnommen, die Schalter sind auf den Schreibpulten der Maschinisten neben den Hauptturbinen angebracht. Die Schlußzeit dieser Schieber beträgt rd. 3 s.

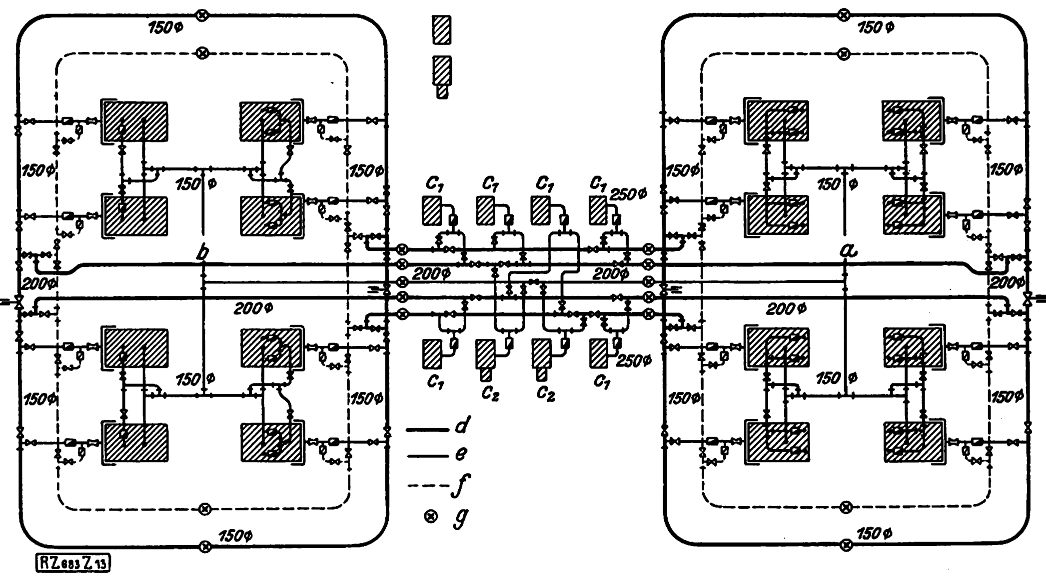


Abb. 12
Plan der Kesselspeiseleitungen

a Kesselhaus A
b „ B
c_1 Kesselspeisepumpen, elektrisch betrieben
c_2 „ mit Dampfantrieb

besonders gekennzeichnet:
d Hauptspeiseleitung
e Notspeiseleitung
f vorläufig nicht ausgeführt
g ferngesteuerte Schnellschlußschieber

Die Kesselspeiseleitungen

Für die Kesselspeiseleitungen gelten die gleichen grundsätzlichen Überlegungen wie für die Frischdampfleitungen. Sie wurden sinngemäß auf die Vorschriften für Herstellung und Festigkeit der Kessel-Speiseleitungen angewandt. Hierbei wurde, wie bei den Frischdampfleitungen, der Sicherheitsfaktor auf die Streckgrenze bei Betriebstemperatur bezogen, was hier allerdings weniger von Bedeutung ist, da sich der Einfluß einer Temperatur von 140 bis 170 ° auf die Materialeigenschaften nicht wesentlich bemerkbar macht.

Der Plan der Kesselspeiseleitungen ist in Abb. 12 wiedergegeben. Während die Leitungen so verlegt wurden, daß auch bei Ausfall einzelner Abschnitte die Speisung unter allen Umständen gesichert bleibt, ergaben sich die Rohrquerschnitte aus den zulässigen Wassergeschwindigkeiten. Hier galt es, festzustellen, ob die bisher üblichen Werte von rd. 2 m/s eingehalten werden müssen, oder ob zur Verringerung der Anlagekosten höhere Geschwindigkeit zulässig war.

Bei der in Frage kommenden Förderhöhe der Speisepumpen von rd. 400 m spielte der Druckabfall in den Leitungen nur eine untergeordnete Rolle. Entscheidend für die Wahl der Geschwindigkeit war vielmehr die Drucksteigerung bei plötzlichem Abschluß einer Leitung, wobei die lebendige Kraft der vor der Absperrstelle in Bewegung befindlichen Wassermengen vernichtet werden muß.

Die Höhe dieses Druckanstieges hängt u. a. von der Art des Schließvorganges, vom Weg und von der Zeit des Schließens ab. Die Absperrteile sind daher so auszubilden, daß gegen Ende des Schließvorganges auf die Einheit des Hubes eine geringere Verminderung des Querschnitts entfällt, das heißt im letzten Teil nur allmählich geschlossen wird. Bei den Verhältnissen im Großkraftwerk Klingenberg ergab eine Schließzeit von rd. 10 s Drucksteigerungen in erträglichen Grenzen.

Weiter zeigte sich aber, daß dabei die Ausgangsgeschwindigkeit der Wasserförderung von untergeordneter Bedeutung ist. So wurde für ein bestimmtes Beispiel bei einer Schließzeit von 10 s eine größte Drucksteigerung von 20 at bei 2 m/s und von 20,3 at bei 4 m/s Wassergeschwindigkeit berechnet. Hinzu kommt, daß eine Speiseleitung in der Regel gerade dann schnell geschlossen werden soll, wenn eine Störung aufgetreten ist und die betriebsmäßige Wassergeschwindigkeit ohnehin weit überschritten ist. Damit wird dio Begrenzung der Wassergeschwindigkeit oder der Drucksteigerung beim Schließvorgang durch die Wahl der Querschnitte unwirksam.

Diese Überlegungen führten zu dem Entschluß, zur Verminderung der Anlagekosten eine Wassergeschwindigkeit von 4 m/s zuzulassen. Dabei ergaben sich für das Großkraftwerk, unter Berücksichtigung des Umstandes, daß einzelne Teile der Leitung vorübergehend für die Kesselspeisung ausfallen, die in Abb. 12 angegebenen Querschnitte.

Die Führung der Leitungen entwickelt sich fast zwangläufig aus der örtlichen Lage der Speisepumpen und der Kessel. Die acht Kesselspeisepumpen fördern in Doppel-Sammelleitungen, an die beiderseits die Ringleitungen der Kesselhäuser angeschlossen sind. Diese sind zunächst einfach mit Querverbindungen ausgeführt, jedoch so angeordnet, daß man sie später ohne Änderungen zu Doppelleitungen erweitern kann.

Ein zweites Rohrnetz, das als Notspeisung bezeichnet wurde und von den Pumpensätzen mit Dampfturbinen-Antrieb gespeist wird, ist als Kreuzleitung verlegt. Es dient vor allem dazu, bei Störungen in der Zuführung vorgewärmten Wassers eine Speisung mit kaltem Wasser zu ermöglichen, wofür mit Rücksicht auf eine Verdampfungsgefahr in den Pumpen und Saugleitungen getrennte Aggregate zur Verfügung stehen sollten. Um auch im Netz der Speiseleitungen Fehlerstellen schnell eingrenzen zu können, sind in den Hauptleitungen zu den beiden Kesselhäusern, sowie in den Ringleitungen elektrisch angetriebene Schnellschlußschieber mit Fernsteuerung eingebaut.

Kesselspeisepumpen

Gesetzlich ist allgemein vorgeschrieben, daß die Gesamtleistung der Speisepumpen das Vierfache der Dampferzeugung aller vorhandenen Kessel betragen soll. Für



das Großkraftwerk Klingenberg hätte sich hiernach infolge der begrenzten Leistung der Einzelpumpen eine verhältnismäßig große Anzahl von Pumpen ergeben. Da auch bei Zugrundelegung der dreifachen Dampferzeugung die Betriebsicherheit noch hinreichend gewährleistet erschien, ließen die zuständigen Behörden eine entsprechende Herabsetzung der Pumpenleistung zu. Die Gesamtleistung wurde auf acht Pumpen verteilt, wovon sechs Betriebspumpen von 6 kV-Synchronmotoren und zwei Reservepumpen von Dampfturbinen angetrieben werden. Jede Pumpe fördert 435 m³/h gegen 415 m bei 1500 Uml./min.

Infolge der flach verlaufenden Kennlinien ändern sich die Drücke in den Speiseleitungen bei schwankender Leistung in engen Grenzen. Um die Arbeitsweise der Wasserstandregler an den Kesseln durch Drosselarbeit nicht zu beeinträchtigen, wurden für den Druckausgleich zwischen den Kesseln und den Kesselspeisepumpen besondere Differenz-Druckregler eingebaut, die den Druck vor den Kesseln um ein gleichbleibendes Maß über dem Kesseldruck einstellen.

Die Pumpen sind für 140 bis höchstens 170 ° Wassertemperatur gebaut. Dabei müssen sie vorübergehend auch kaltes Wasser fördern können, ohne daß Laufräder und Dichtungen Schaden nehmen. Der Betrieb bei so hohen Temperaturen und so starken Temperaturwechseln stellte an die Stopfbüchsenpackungen hohe Anforderungen, die aber trotz anfänglicher Schwierigkeiten einwandfrei erfüllt wurden.

Der bei mehrstufigen Kreiselpumpen unvermeidliche axiale Schub nach der Saugseite hin ist durch hydraulische Entlastungen in den Druckstücken ausgeglichen. Mit Rücksicht auf den hohen Druck und die Wärmedehnungen beim Fördern von heißem Wasser sind die Pumpenkörper in Stahlguß ausgeführt. Die Wellen aus Siemens-Martin-Stahl sind so stark bemessen, daß ihre kritische Drehzahl oberhalb der Betriebsdrehzahl liegt. Sie sind innerhalb des Pumpenkörpers mit Bronzebüchsen verkleidet. Die Lager haben Ringschmierung und Wasserkühlung, wobei ihre Temperaturen unter 50 ° bleiben. Laufräder und Leitkränze sind aus Phosphorbronze, Gehäusebüchsen und Laufringe der Laufräder aus Kruppschem V2a-Stahl hergestellt.

Die der Stufenzahl entsprechend geteilten Gehäuse werden mit den Deckeln durch kräftige Ankerschrauben verbunden. Diese Ausführung ermöglicht, die Pumpenräder ohne Abbau der Rohrleitungen oder der Antriebmaschinen auszubauen.

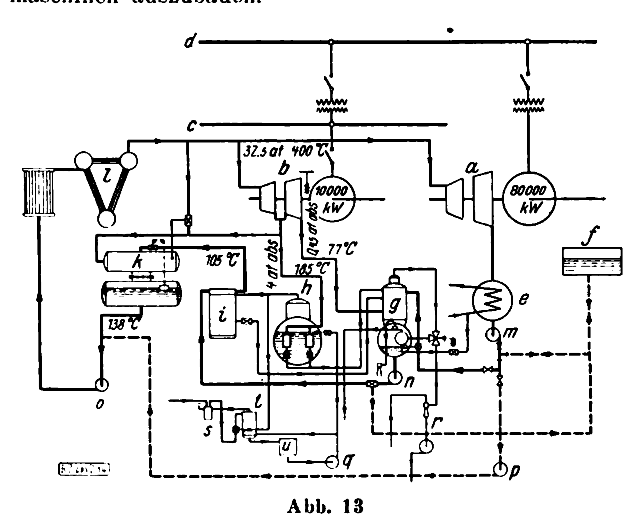


Abb. 13
Rohrplan und Arbeitsweise der Vorwärmung und Speisewasser-Aufbereitungsanlage

a Hauptturbine
b Vorwärmturbine
c Haussammelschiene
d Hauptsammelschiene
e Kondensator
f Ausgleichbehälter
g Abdampfwärmer (Entlüfter)
h Verdampfer
i Brüdenkondensator
k Anzapfdampfwärmer
l Kessel 4
m Kondensatpumpe
n Vorwärmpumpe
o Speisepumpe
p Reservepumpe
q Verdampfer-Speisepumpe
r Wasserstrahlapparat
s Entlüfter
t Vorwärmer des Zusatzwassers
u Filter

Während die Entlastung der fünfstufigen Pumpen mit Motorantrieb als Kolben ausgebildet ist, haben die beiden siebenstufigen Pumpen mit Dampfturbinenantrieb Entlastungsscheiben aus Phosphorbronze. Die zugehörigen Gegenscheiben bestehen aus Kruppschem V 2 a-Stahl.

Vorwärmung und Aufbereitung des Kesselspeisewassers

Theoretisch nimmt bei Vorwärmung des Speisewassers durch Anzapfdampf mit steigender Stufenzahl der Wärmewirkungsgrad zu. Die Zunahme nimmt aber mit der Vermehrung der Stufen verhältnismäßig stark ab und nähert sich schnell einem Grenzwert. Beträgt der wärmewirtschaftliche Gewinn der einstufigen Vorwärmung bei Vollast und Gegendruckregelung 100, so ergibt die zweistufige Vorwärmung als Gewinn rd. 125, die dreistufige rd. 137. Die durch weitere Erhöhung der Stufenzahl bedingte Verwicklung der Anlage, die den Betrieb erschwert, ferner der erforderliche Mehraufwand an Kapital rechtfertigen die geringen wirtschaftlichen Vorteile nicht.

Hinzu kommt, daß mit steigender Stufenzahl die günstigste Ausnutzung eine höhere Vorwärmtemperatur bedingt, was die Ausnutzung der Kesselabgase erschwert und den Druck in der Vorwärmanlage steigert; z. B. beträgt die günstigste Vorwärmtemperatur bei zweistufiger Vorwärmung rd. 140 °, bei dreistufiger Vorwärmung bereits rd. 170 °. Die zugehörigen Sattdampfdrücke von 4,0 und 10,5 at abs zeigen, in welchem Maße die Anforderungen an die Festigkeit der Vorwärmer steigt.

Aus diesen Erwägungen erscheint es bei Gegendruck-Regelung angebracht, sich auf zweistufige Vorwärmung zu beschränken. Wird damit eine Verdampferanlage für Zusatz-Speisewasser verbunden, so kann man durch Kondensation des Brüdendampfes eine weitere Vorwärmstufe gewinnen.

Art der Vorwärmung

Hier kommen grundsätzlich zwei Arten der Ausführung in Frage, deren Vor- und Nachteile von Fall zu Fall gegeneinander abzuwägen sind: die offene Vorwärmung mit Mischbehältern und die geschlossene Vorwärmung mit Oberflächen-Vorwärmern. Während man bei geschlossenen Vorwärmern, die wie Kondensatoren gebaut sind, Pumpen zwischen den Stufen entbehren und die Regelung der Durchflußmenge in der üblichen Weise den Speisewasser-Reglern der Kessel überlassen kann, bieten die Mischvorwärmer eine sichere Gewähr für eine gute Entlüftung des Kondensates.

Die Betriebserfahrungen der letzten Jahre haben gezeigt, daß die sorgfältige Entlüftung des gesamten Kesselspeisewassers, des anfallenden Maschinenkondensates sowie des Zusatzwassers für die Erhaltung der Kessel von hoher Bedeutung ist. Bei Anlagen mit geschlossenen Vorwärmern kann ferner wegen des Überdruckes in der Vorwärmanlage durch eine Leckstelle Kondensat in die Turbinen eindringen, wogegen man die Anlage nur schwer ganz zuverlässig schützen kann. Während bei Anwendung von Mischvorwärmern das Kondensat praktisch bis auf die Sattdampftemperatur des Heizdampfes vorgewärmt werden kann, erfordert die Oberflächenvorwärmung ein bestimmtes Temperaturgefälle, so daß der Gesamtwirkungsgrad geringer ist.

Ohne daß über die Zweckmäßigkeit der beiden Bauarten grundsätzlich entschieden werden sollte, wurde für das Großkraftwerk Klingenberg die Verwendung zweistufiger Mischvorwärmung beschlossen. Zwischen die beiden Stufen ist für die Reinigung des Zusatzwassers eine Verdampferanlage gelegt, deren Heizdampf aus der ersten Anzapfstelle kommt. Außerdem ist vor die Verdampfer eine Permutitanlage geschaltet, worin das Rohwasser vorbehandelt wird.

Rohrplan und Arbeitsweise der Vorwärm-Anlage, die in gemeinsamer Arbeit mit den ausführenden Firmen (Atlaswerke, Bremen, und Balcke A.-G., Bochum) entstanden sind, zeigt Abb. 13. Hauptturbine und Vorwärmturbine bilden gewissermaßen eine Einheit, wobei das Kondensat der Hauptturbine als Kühlwasser für die Kondensation der Vorwärmturbine dient.

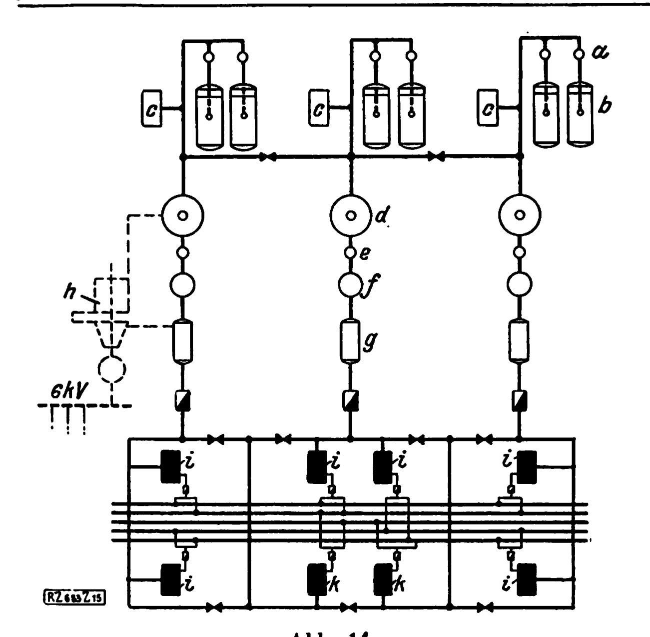


Abb. 14
Parallelbetrieb mehrerer Vorwärmanlagen

a Kondensatpumpe
b Kondensator
c Ausgleichbehälter
d Abdampfvorwärmer
e Vorwärmpumpe
f Brüdenkondensator
g Anzapfdampf-Vorwärmer
h Vorwärmturbine
i Elektrospeisepumpe
k Dampfspeisepumpe

Das Kondensat der Hauptturbine wird von der Kondensatpumpe in den Abdampfvorwärmer gedrückt und hier mit dem Abdampf der Vorwärmturbine von 0,45 at abs auf rd. 75° erwärmt. Zwischen Pumpe und Abdampfvorwärmer sind Ausgleichbehälter eingeschaltet, die etwaige Schwankungen zwischen Kesselspeisung und Kondensatmenge aufnehmen. Das erwärmte Kondensat wird von der Vorwärmpumpe durch den als Oberflächenvorwärmer ausgebildeten Brüdenkondensator in den Anzapfdampf-Vorwärmer gedrückt und hier mit Anzapfdampf von 4 at abs auf rd. 140° vorgewärmt.

Das Zusatzwasser wird ebenfalls durch Anzapfdampf verdampft, wobei die Brüden durch das auf 75° erwärmte Maschinenkondensat niedergeschlagen werden. Alle Kondensate, d. h. das Destillat aus dem Brüdenkondensator und das Heizdampfkondensat des Verdampfers werden dem Abdampfvorwärmer zugeführt und hier zusammen mit dem Maschinenkondensat entlüftet. Da das Kondensat im Abdampfvorwärmer bis nahe an die Sattdampftemperatur vorgewärmt wird, läßt sich durch Feinrieselung des Wassers in dem unter Luftleere arbeitenden Mischvorwärmer eine wirksame Entgasung erreichen.

Um bei Störungen in der Vorwärmanlage die Kesselspeisung unter allen Umständen sicherzustellen, ist eine Umgehungsleitung vorhanden, die das Turbinenkondensat unmittelbar den Kesselspeisepumpen zuführt. Weiter wurde an jedem Abdampfvorwärmer ein Hilfskondensator angebaut, der bei Ausfall des Kondensates der Hauptturbine selbsttätig das Niederschlagen des Abdampfes der Vorwärmturbine übernimmt. Diese Einrichtung ist besonders wertvoll, weil sie bei Störungen der Hauptstromlieferung die Eigenversorgung des Kraftwerkes aus den Sammelschienen der Vorwärmturbine sichert.

Erwähnt sei, daß bei der gewählten Schaltung den Vorwärmpumpen die Bedeutung von Kesselspeisepumpen zukommt, da ihr Ausfall die Verbindung zwischen den Kondensatpumpen und den Speisepumpen stört. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, die Arbeitsweise der Vorwärmpumpen in der gleichen Weise wie die der Kondensat- und der Kesselspeisepumpen zu sichern.

Regelung der Vorwärmung

Die gewählte Schaltung bedingt eine sorgfältige Durchbildung der R e g e l u n g, die allen möglichen Betriebsfällen angepaßt werden mußte. Da mehrere parallel arbeitende Anlagen vorhanden sind, umfaßte die Aufgabe einmal die Tiefenregelung, d. h. die Regelung der in sich geschlossenen Vorwärmanlage, sowie die Seitenregelung, d. h. die Verteilung der Last auf die einzelnen Anlagen. Betrachtet man zunächst eine einzelne Anlage nach dem Plan in Abb. 13, so ergibt sich für die Regelung folgender Gedankengang:

Die Leistung der Hauptturbine ist durch die Belastung des Netzes bestimmt. Da das Kondensat der Hauptturbine auf eine gleichbleibende Temperatur vorgewärmt werden soll, so war die Vorwärmturbine mit einer Druckregelung zu versehen, die als Anzapf-Gegendrucksteuerung ausgebildet wurde. Die Leistung der Vorwärmturbine wird nur durch ihre Abdampf- und Anzapfdampfmenge bestimmt, die wiederum durch die Kondensatmenge der Hauptturbine gegeben ist.

Die Drehzahl der Vorwärmturbine ist dabei zwangläufig durch den Synchronismus des Netzes gehalten. Da die Kondensatmenge für die Leistung der Vorwärmturbine maßgebend ist, so stehen die Leistungen der Haupt- und der Vorwärmturbine stets in einem bestimmten Verhältnis zueinander.

Infolge der zweistufigen Mischvorwärmung erforderte die Kondensatförderung eine zweifache Regelung. Wie in Abb. 13 angedeutet, haben Abdampfvorwärmer und Anzapfdampf-Vorwärmer Schwimmerregler, die den Kondensatzufluß auf einen bestimmten Wasserstand drosseln. Die in jeden Behälter geförderte Kondensatmenge erleidet beim Fließen durch die Rieseleinbauten eine Verzögerung. Es war daher nötig, die Wasserräume der Abdampf- und Anzapfdampf-Vorwärmer als Speicherräume auszubilden. Da die Ausgleichbehälter unmittelbar hinter der Hauptturbine liegen, pflanzen sich Änderungen in der Speisewassermenge vom Kessel bis zum Abdampfvorwärmer rückwärts fort. Die dabei auftretenden Schwankungen im Kondensatdurchfluß werden durch die Wasserstandregler der Vorwärmanlage fast vollkommen abgedämpft. Dies wurde dadurch erreicht, daß diese Schwimmerregler zwischen den Förderungen null und Vollast Unterschiede im Wasserstand von rd. 0,5 m einstellen.

Geht man weiter auf den P a r a l l e l b e t r i e b m e h r e r e r V o r w ä r m a n l a g e n über, Abb. 14, so ergibt sich aus den vorstehenden Überlegungen folgende Arbeitsweise:

Die Kesselspeisepumpen entnehmen den Anzapfdampf-Vorwärmern Wassermengen, die sich je nach den inneren Widerständen der Saugleitungen oder den Druckunterschieden der Anzapfdampf-Vorwärmer auf die einzelnen Anlagen verteilen. Entsprechend verteilt sich die Belastung auf die Vorwärmturbinen nach den Wassermengen, die den einzelnen Vorwärmanlagen entnommen werden, unabhängig davon, ob sie mit der Belastung der zugehörigen Hauptturbine übereinstimmen.

Aus dieser Erkenntnis ergab sich die Notwendigkeit, zwischen die Behälter eine Verbindung zu legen, so daß bei Betrieb mehrerer Anlagen das feste Verhältnis zwischen den Leistungen von Haupt- und Vorwärmturbine einer Gruppe gelöst wird. Es bleibt dann nur die Forderung, daß die Gesamtleistung der Vorwärmturbinen zur Gesamtleistung der Hauptturbinen in bestimmtem Verhältnis steht.

Bleibt die Wassermenge, die durch die Vorwärmanlagen fließt, ungeregelt, so stellt sich die Belastung der einzelnen Vorwärmturbinen unabhängig von der Belastung der zugehörigen Hauptturbinen nach den Leitungswiderständen ein; sie läßt sich aber auch durch Verändern dieser Widerstände, im vorliegenden Fall durch Drosseln hinter den Anzapfdampf-Vorwärmern, beliebig verteilen. Der Betrieb hat mithin auch die Verteilung der Last auf die Vorwärmturbinen völlig in der Hand und kann, z. B. mit einer der Vorwärmmaschinen, getrennt auf das Netz der Hausversorgung fahren.

Die räumliche A n o r d n u n g d e r V o r w ä r m- u n d V e r d a m p f e r - A n l a g e und der zugehörigen Leitungen zeigen Abb. 15 und 16. Um die Überwachung des Betriebes dieser mehrstöckigen Anlage zu vereinfachen, werden die maßgeblichen Temperaturen und Mengen elektrisch auf eine Tafel in der Maschinenhalle der Vorwärmturbinen und Kesselspeisepumpen übertragen.

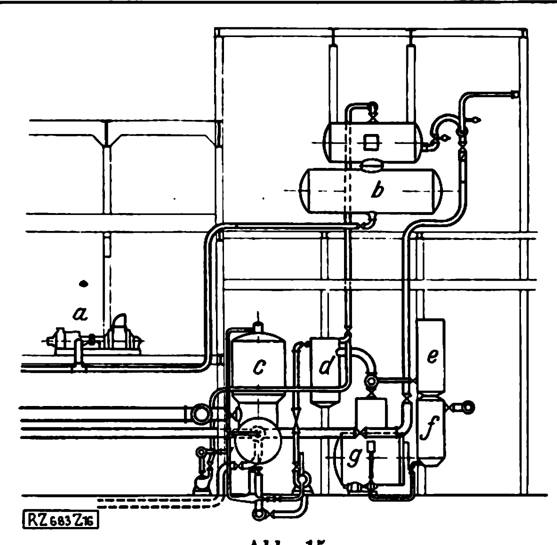


Abb. 15
Anordnung der Vorwärmanlage. Längsschnitt.
a Kesselspeisepumpe
b Anzapfdampf-Vorwärmer
c Abdampfvorwärmer
d Brüdenkondensator
e Vorwärmer des Zusatzwassers
f Filter
g Verdampfer

Hierdurch bleibt auch für die Bedienung und Überwachung der für den Betrieb wichtige Zusammenhang zwischen den Vorwärmturbinen, der Aufbereitung und Vorwärmung des Kesselspeisewassers und der Kesselspeisung gewahrt.

Brandschutzeinrichtungen für die Maschinen

Für die Schutzeinrichtungen gegen Wicklungsbrände bei Kurzschluß oder sonstigen Störungen war einmal das Löschmittel und dann das Verfahren zu wählen, das die größte Wirksamkeit versprach. Als Löschmittel standen Frischdampf, Stickstoff und Kohlensäure zur Erörterung. Frischdampf sollte wegen des bei der Löschung möglichen Feuchtwerdens der Wicklungen ausscheiden; auch ließ sich die Dampflöschung kaum selbsttätig einrichten.

Da Stickstoff nicht flüssig bereitgestellt werden kann, hätte dieses Löschmittel selbst bei Zulassung sehr hoher Drücke große Behälter bedingt. Abgesehen hiervon bringt die hohe Spannung Schwierigkeiten in der Fortleitung des Gases mit sich. Infolgedessen dürfte Kohlensäure, die flüssig gelagert werden kann, und nach umfangreichen Versuchen keine schädlichen Einflüsse auf die Wicklungen der Maschinen ausübt, als das geeignetste Löschmittel angesehen werden.

Für das Großkraftwerk Klingenberg kam die Aufstellung von Sammelbehältern und die Fortleitung der Kohlensäure durch ein Netz von Rohrleitungen zu den einzelnen zu schützenden Maschinen in Frage. Hierfür standen grundsätzlich zwei Ausführungsarten zur Wahl: nach der einen wird die Kohlensäure in Rohren von gleichbleibendem Querschnitt flüssig bis zur Austrittstelle geleitet, nach der andern verdampft sie bereits in der Rohrleitung und wird als Gas mit stetigem Druckgefälle der Verbrauchstelle zugeführt.

Während bei der ersten Bauart die Kohlensäure die für die Expansion erforderliche Wärme der zu schützenden Maschine oder ihrer unmittelbaren Umgebung entzieht, nimmt sie bei der zweiten Bauart die Wärme zum größten Teil in den Rohrleitungen auf. Die gesamte Verdampfungswärme ist aber so gering, daß sie auf die Brandlöschung keinen Einfluß ausübt. Dagegen könnte die schnelle Verdampfung an den Maschinen zu Feuchtigkeitsniederschlägen an den Wicklungen führen.

Entscheidend für die Wahl der Bauart war ferner die Überlegung, daß bei abnehmendem Druck in den Rohrleitungen die Verteilanlage und die Absperrteile der Abzweige weniger beansprucht werden.

Die nach vorstehenden Gesichtspunkten durchgebildete Brandschutzanlage, Abb. 17, wurde von Walther & Co., Köln-Dellbrück, ausgeführt. In dem Löschraum

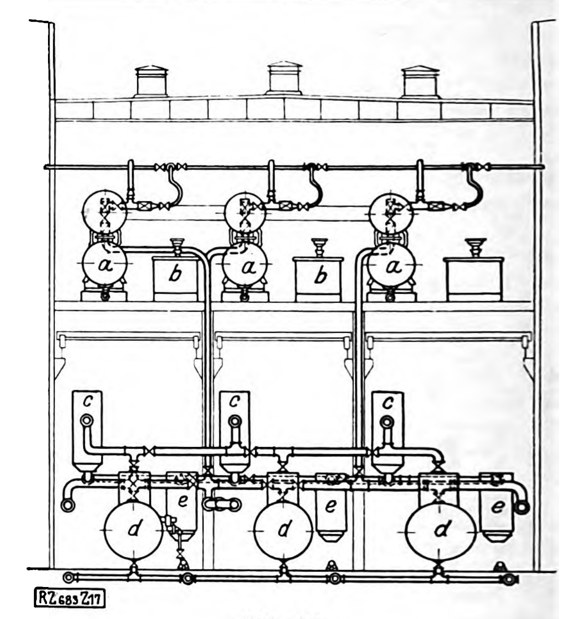


Abb. 16
Anordnung der Vorwärmanlage. Querschnitt.
a Anzapfvorwärmer
b Ausgleichbehälter
c Vorwärmer des Zusatzwassers
d Verdampfer
e Filter

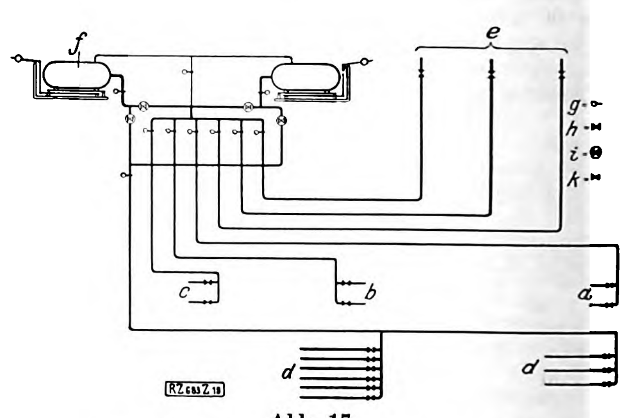


Abb. 17
Plan der Kohlensäure-Löscheinrichtung
a, *b*, *c* zu den Hauptmaschinen
d zu den Transformatoren
e zu den Vorwärme-Stromerzeugern
f CO_2-Behälter
Ventilarten:
g Fernsteuerventile
h Standventil
i Umschaltventil
k Schutzventil

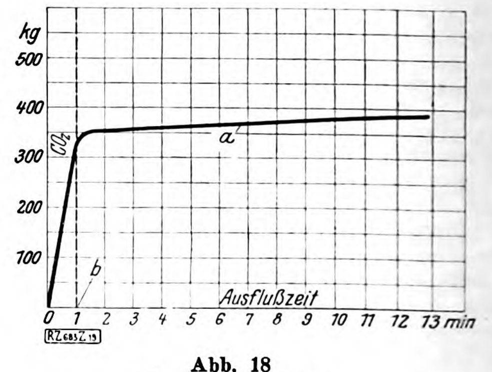


Abb. 18
CO_2-Löschvorgang
a CO_2-Menge
b Schließen des Hauptventils, Beginn des Nachblasens

sind zwei Kohlensäurekessel für je 550 kg aufgestellt, die über Ventile Leitungen zu den einzelnen Schutzstellen speisen. Dabei bildet einer der beiden Kessel eine stän-



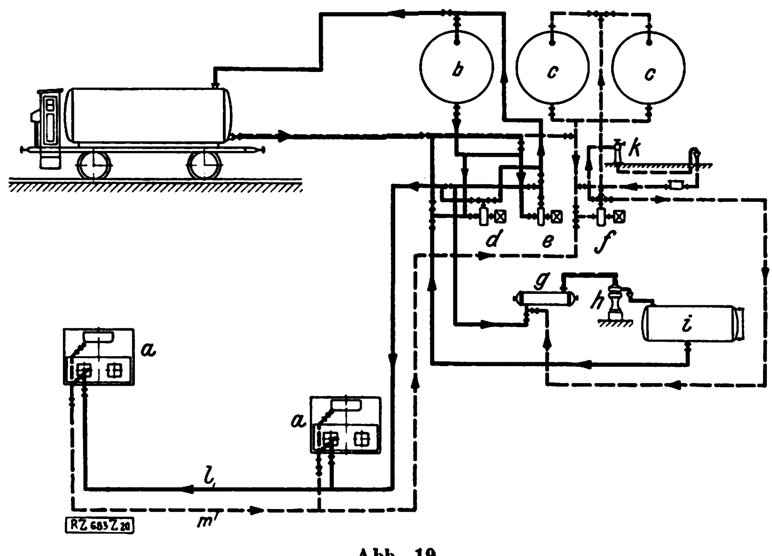


Abb. 19
Plan der Turbinenölhaltung

a Turbinenölbehälter
b Frischölbehälter
c Schmutzölbehälter
d Reinölpumpe
e Tankpumpe
f Schmutzölpumpe
g Gegenstromvorwärmer
h Oelschleuder
i Reinölbehälter
k Druckluftejektor
l Frischöl
m Schmutzöl

dige Reserve, da der Inhalt eines Behälters genügt, die zu schützenden Räume für eine Zeit von 20 bis 30 min mit rd. 50 vH Kohlensäure gefüllt zu halten.

An die Hauptleitung sind die Luft-Rückkühlräume der Haupt- und Vorwärm-Stromerzeuger und die Transformatorenzellen des Kraftwerks angeschlossen. Während die Brandschutzeinrichtung der Stromerzeuger, außer durch Druckknöpfe von verschiedenen Stellen des Kraftwerks aus, selbsttätig beim Ansprechen des Differentialschutzes ausgelöst wird, sind für das Einleiten des Löschens der Transformatoren nur Druckknöpfe vorhanden. Das Löschen vollzieht sich bei den Stromerzeugern in zwei Stufen; während des ersten, bei weitem kürzeren Zeitabschnitts werden ⅔ des Vorrates der zu schützenden Maschine zugeleitet; der Rest strömt in 20 bis 30 min, entsprechend etwa der Auslaufzeit der Maschinen langsam nach und soll durch Deckung der Undichtigkeitsverluste zum völligen Ersticken etwa glimmender Teile dienen.

Diese Arbeitsweise ist notwendig, weil etwa glühend gewordene Metallteile sonst zum Wiederbeginn des Brandes Anlaß geben könnten. Das Umschalten der Anlage vom ersten auf den zweiten Abschnitt erfolgt selbsttätig durch eine Wiegevorrichtung, auf der die Kohlensäurekessel aufgestellt sind und an der man zugleich ständig den Behälterinhalt nachprüfen kann. Beim Ansprechen der Löscheinrichtung wird der Kohlensäure der volle Querschnitt der Rohrleitung freigegeben, nach dem Umschalten strömt der Rest durch eine engere Umgehungsleitung, deren Querschnitt der festgelegten Ausflußzeit angepaßt ist. Das Ergebnis eines Versuches an der Anlage zeigt Abb. 18.

Ölhaltung des Kraftwerkes

Die großen Ölmengen für die Maschinen, Transformatoren und Schaltanlagen und die Bedeutung der richtigen Behandlung und Reinigung dieser Öle zwangen dazu, eine besondere Anlage für die Aufbereitung des Öles zu schaffen, wo die notwendigen Ölmengen vorrätig gehalten und vor dem Abfüllen in die Maschinen und Transformatoren getrocknet werden. Die Anlage dient auch dazu, die im Gebrauch befindlichen Ölmengen ständig zu reinigen. Mit Rücksicht auf die möglichen Auswirkungen eines Brandes wurde die Anlage abseits vom Hauptwerk am Lagergebäude errichtet. Von dort führt ein ausgedehntes Leitungsnetz zu den einzelnen Hauptverbrauchern.

Die Unterschiede in der Beschaffenheit und der Behandlung der Öle für Maschinen und für Transformatoren und Schalter verlangen eine völlige Trennung der Reinigungsanlagen und Leitungen. Abb. 19 zeigt die Anlage für die Behandlung des Turbinenöles. Getrennte Rohrleitungen für Reinöl und Schmutzöl führen von hier zu jeder der Haupt- und Vorwärmturbinen. Für die Reinigung des Öles ist eine Schleuder aufgestellt, vor die ein Gegenstrom-Vorwärmer geschaltet ist. Um Vermischen oder Verschmutzen des gereinigten Öles zu vermeiden, wurden auch die Pumpen für Reinöl und für Schmutzöl getrennt. Die Schaltung ist so gewählt, daß das Öl auch während des Betriebes in langsamem Kreislauf gereinigt werden kann.

Abb. 20 zeigt den Plan der Anlage für das Transformatorenöl, die nach den gleichen Gesichtspunkten aufgebaut ist. Während die Transformatoren der Haupt- und Vorwärm-Stromerzeuger durch Rein- und Schmutzölleitungen unmittelbar mit der Aufbereitungsanlage verbunden sind, hat man im 30 kV-Schalthaus mehrere Zapfstellen zum Füllen der Ölschalter angeordnet. Zum Reinigen des Öles dienen eine Filterpresse und ein Vakuum-Kochkessel. Da das gebrauchte Öl der Schalter in der Regel stärker verschmutzt ist als das Öl der Transformatoren, wurden für diese Ölsorten getrennte Behälter aufgestellt. Alle nicht im Betrieb befindlichen Leitungen können frei von Öl erhalten werden. [B 684]

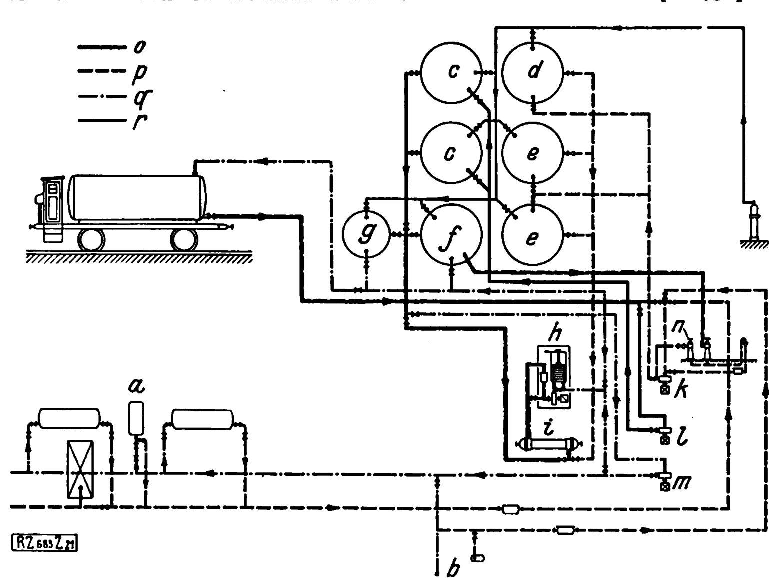


Abb. 20
Plan der Transformatorenölhaltung

a Transformatorengruppe
b zum 30 kV-Schalthaus
c Frischölbehälter
d Behälter für Schalterschmutzöl
e Behälter für Transformatorenschmutzöl
f Vakuum-Kochkessel
g Behälter f. Schalterreinöl
h Filterpresse
i Vorwärmer
k Schmutzölpumpen
l Tankpumpe
m Reinölpumpe
n Druckluftejektoren

Art der Leitungen:
o Frischöl (vom Behälterwagen)
p Schmutzöl
q Reinöl, gefiltert und getrocknet
r Stickstoff

Die Stromerzeuger des Großkraftwerkes Klingenberg

Von Dr.-Ing. Pohl, Berlin

Anordnung und Gestaltung der 44 000 kVA-Drehstromerzeuger für die Hauptturbinensätze und der 12 500 kVA-Stromerzeuger der Vorwärmturbinen

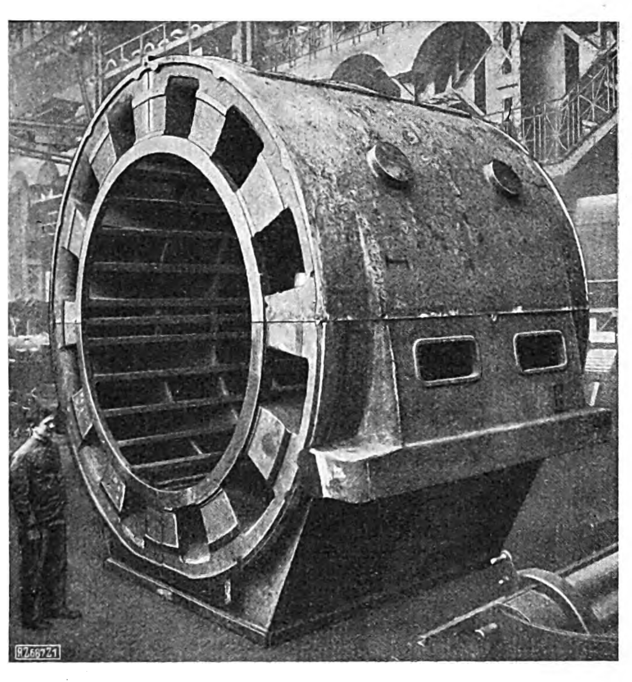


Abb. 1
Gußgehäuse eines 44 000 kVA-Stromerzeugers. Im Inneren Kammern für den Eintritt, die Verteilung und den Austritt der Kühlluft.

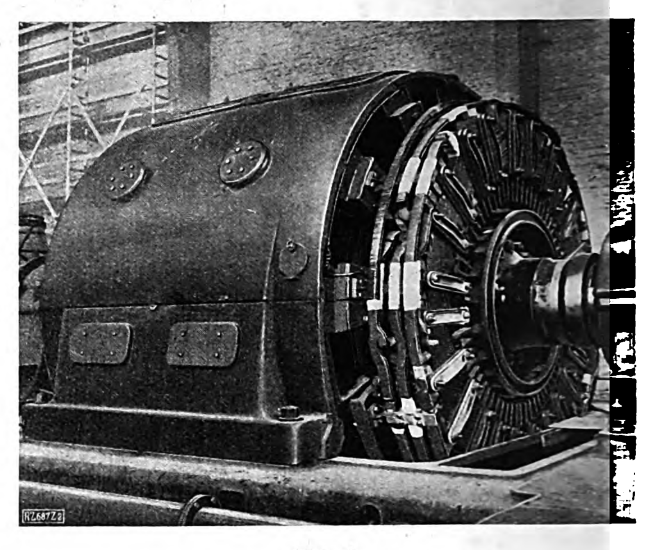


Abb. 2
Ruhender Anker eines 44 000 kVA-Stromerzeugers. Wicklungsköpfe mit Evolventenbügeln und Versteifungsstücken bei abgenommener Schutzkappe.

Der Zweiwellenanordnung der Turbinen entsprechend sind für jeden Turbinensatz von 80 000 kW Leistung zwei Drehstromerzeuger von je 44 000 kVA bei 1500 Uml./min vorhanden. Ihre Spannung ist zwischen 6000 und 6600 V regelbar und wird durch je einen zugehörigen Transformator gleicher Leistung auf 30 000 V heraufgesetzt. Zwischen Stromerzeuger und Transformator, die als eine Einheit aufgefaßt werden, befinden sich keine Schaltorgane. Jeder Stromerzeuger ist mit einer zugehörigen Erregerdynamo von 220 V Betriebspannung ausgerüstet, so daß auch bei kurzgeschlossenem Magnetregler jede Maschine getrennt regelbar ist. Da der Niederdruckteil der Turbine beim Anfahren zunächst nur ein geringes Drehmoment entwickelt, so haben die beiden Stromerzeuger einer Hauptturbine für das synchrone Hochfahren Fremderregung erhalten. Hierzu dienen Drehstrom-Gleichstrom-Umformer, die gleichzeitig eine Erregerreserve bilden.

Der Vorgang des Hochfahrens gestaltet sich elektrisch so, daß zunächst beide Stromerzeuger fremd erregt werden, so daß beide Wellen vom Stillstand an im Synchronismus bleiben. Nach Erreichen der vollen Drehzahl werden die Erregermaschinen mit der Fremderregung parallel und sodann wird die Fremderregung abgeschaltet, worauf die Erregerkreise beider Stromerzeuger voneinander getrennt arbeiten. Die zum Hochziehen des Niederdruckteils von der Hochdruckseite gelieferten Ströme verlaufen über die beiden Transformatoren. Jedoch ist auch die Möglichkeit vorgesehen, die 6000 V-Schienen der beiden Seiten durch Trennstücke unmittelbar miteinander zu verbinden.

Die konstruktive Durchbildung der Stromerzeuger ist aus Abb. 1 bis 4 und aus Abb. 5 auf Tafel 10 zu ersehen. Abb. 45, Textblatt 35, zeigt das Gesamtbild. Als Maschinen von 1500 Uml./min haben die Stromerzeuger im ruhenden Anker eine vierpolige Wicklung; diese ist als

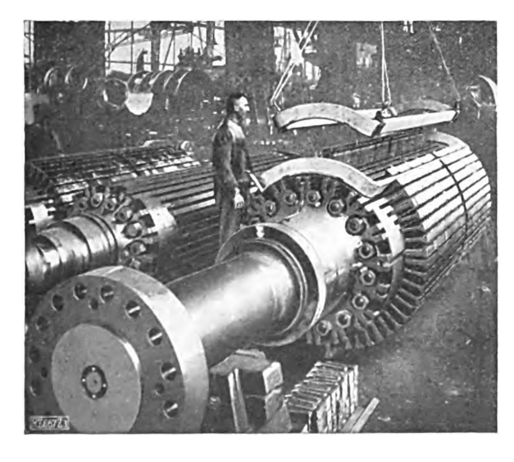


Abb. 3
Einlegen der fertig gewickelten Spulen in die Läufernuten; links Läufer ohne geblätterte Zähne.

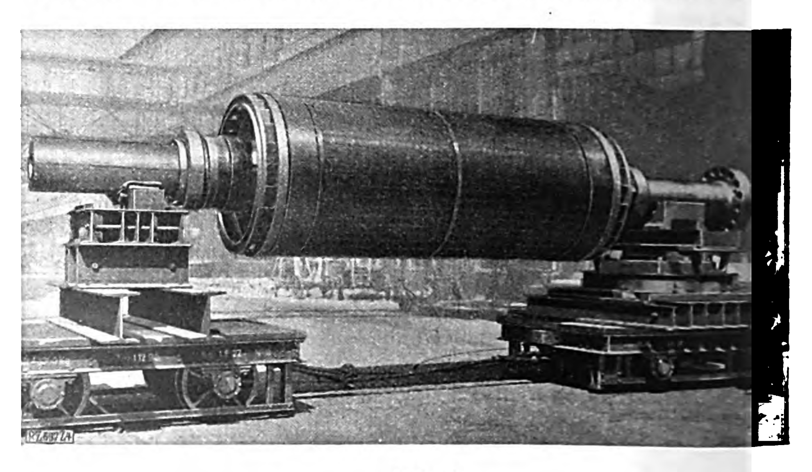


Abb. 4
Fertiger Läufer eines 44 000 kVA-Drehstromerzeugers

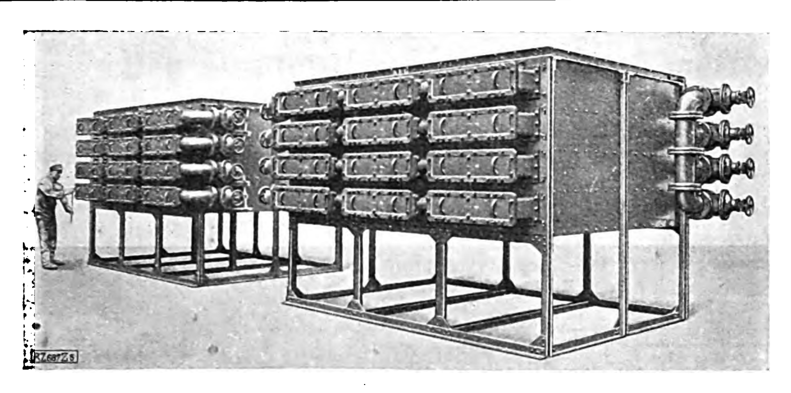


Abb. 5. Luftkühler für die 44 000 kVA-Stromerzeuger mit einzeln ausziehbaren Teilkühlern

Einstabwicklung mit unterteilten und verschränkten Leitern der AEG-Bauart und Evolventenbügeln ausgeführt. Eine große Zahl massiver Versteifungsstücke gewährleistet Kurzschlußsicherheit. Die Kühlluft tritt am Rücken durch mehrere axiale Kammern ein und kehrt nach radialem Durchströmen der Schlitze im Blechkörper zu Austrittsräumen zwischen den Kammern zurück, von wo sie dem Kühler zuströmt.

Der Läufer (Magnetrad) hat eingesetzte geblätterte Zähne und vor dem Einbau fertig gewickelte und hart gepreßte Spulen, Abb. 3. Der Läuferkern besteht aus einer Trommel mit beiderseits eingeschrumpften Wellenstümpfen. Die Schleifringe sitzen symmetrisch an beiden Enden des Läufers, wobei auf gute Zugänglichkeit besonderer Wert gelegt ist, Abb. 4.

Die Erregermaschine ist nicht freitragend, sondern mit zwei Lagern ausgeführt und mit der Hauptmaschinenwelle durch eine schwach elastische Zahnkupplung verbunden, damit der Kommutator mechanisch möglichst ruhig läuft. Auch hier ist auf leichte Zugänglichkeit der Bürsten und Bürstenhalter geachtet worden.

Die Verlustwärme der Drehstromerzeuger wird nach dem Kreislauf-Kühlverfahren abgeführt. Jede Maschine hat zwei voneinander unabhängige Kühler, die die erwärmte Luft im Parallelstrom empfangen und ihre Temperatur auf die festgesetzte Eintrittstemperatur herabsetzen. Bei der Konstruktion ist auf leichte Reinigungsmöglichkeit und Auswechselbarkeit der Teilkühler besonderer Wert gelegt, Abb. 5. Zum Kühlen benutzt man hier nicht das Kondensat, sondern ausschließlich Kaltwasser; infolgedessen ergab sich ein vereinfachter Kühler und die Anzahl der übereinander liegenden Kühlerglieder blieb auf vier beschränkt. Auch nach Fortnahme eines der Glieder zum Reinigen kann die volle Maschinenleistung ohne unzulässige Erwärmung aufrecht erhalten werden. Die Ventilanordnung ist aus Abb. 5 ersichtlich und wegen ihrer Einfachheit und leichten Zugänglichkeit bemerkenswert.

Für die Temperaturüberwachung der Drehstromerzeuger dienen Thermoelemente, die in die Wicklung des Ankers eingebaut sind, sowie ein in der Magnetradwicklung vorhandenes, auf der Widerstandzunahme der Magnetwicklung beruhendes Meßgerät. Ferner werden auch an der Überwachungstafel des Kühlers die Warmluft- und die Kaltlufttemperaturen sowie die Temperatur des Kühlwassers angezeigt.

Zu jedem 80 000 kW-Turbinensatz gehört eine 10 000 kW-Vorwärmturbine, die mit einem Drehstromerzeuger dieser Leistung für 3000 Uml./min bei $\cos\varphi =$ 0,8, d. h. für 12 500 kVA, gekuppelt ist. Abb. 6 und 7 zeigen die Ausbildung dieser Maschinen mit leicht abnehmbarem Blechmantel und liegend angeordnetem Erregeranker. Auch diese Stromerzeuger sind mit Kreislaufkühlung und Luftkühlern der gleichen Bauart, wie in Abb. 5, ausgestattet. [B 687]

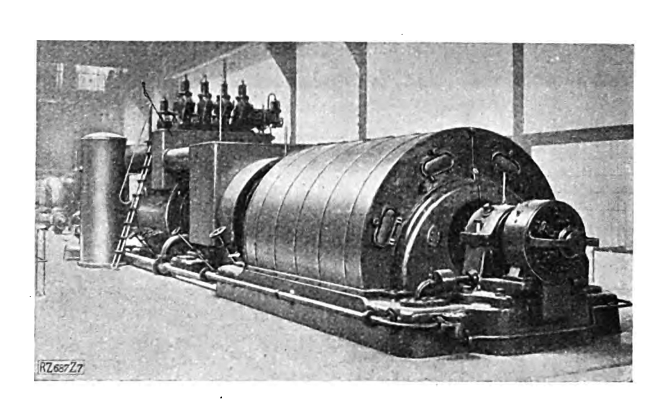


Abb. 7
Drehstromerzeuger für 12 500 kVA

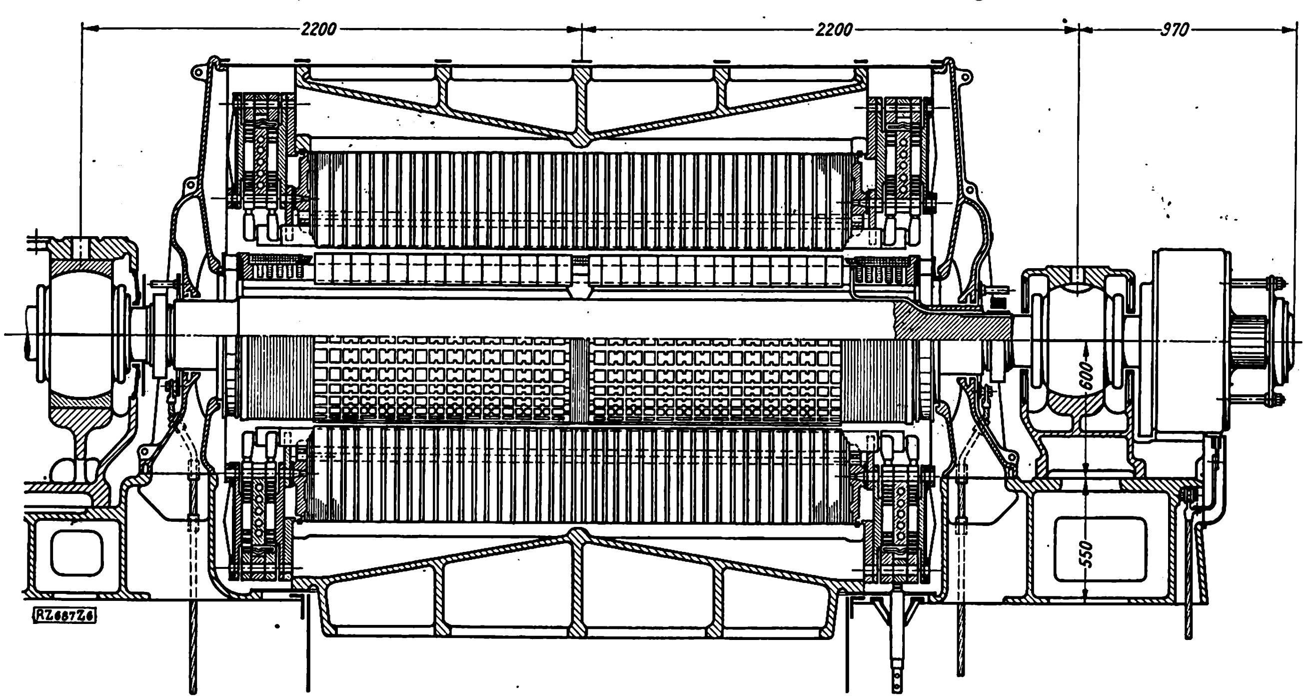


Abb. 6. Drehstromerzeuger für 12 500 kVA bei 3000 Uml./min, gekuppelt mit der Vorwärmturbine

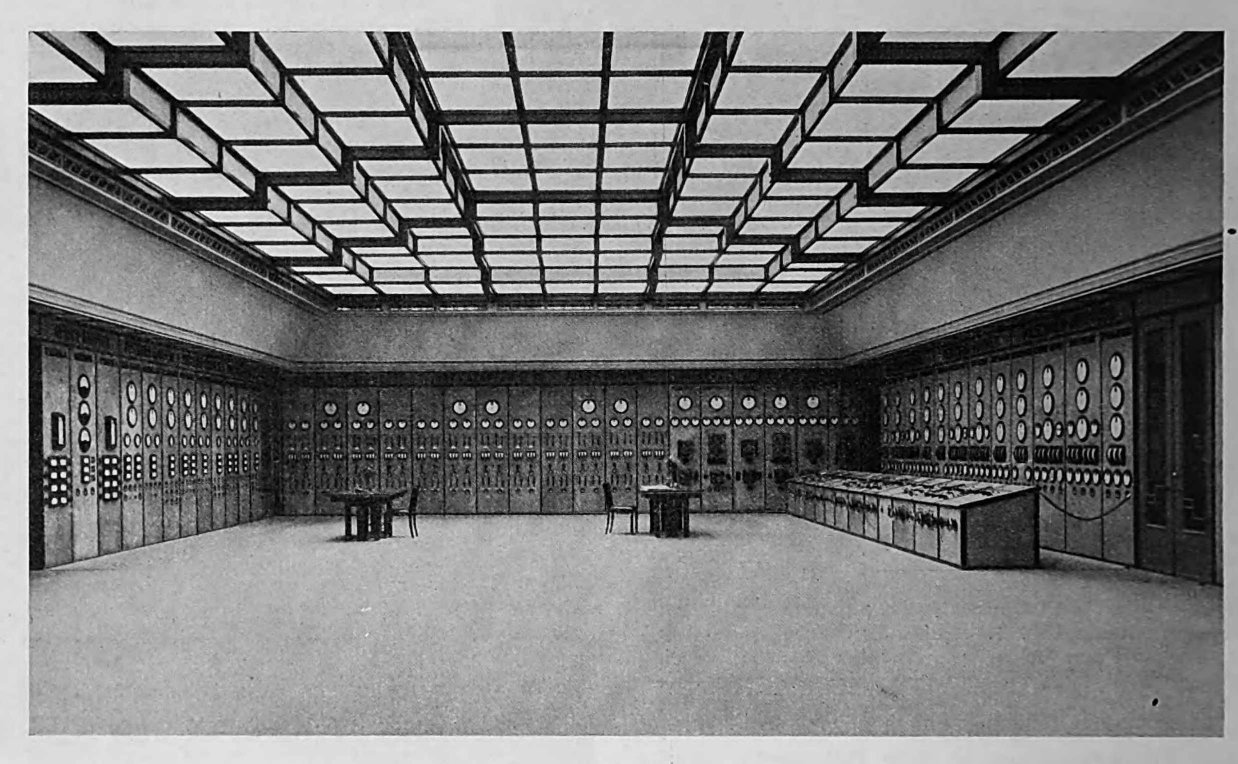


Abb. 10
Die Warte

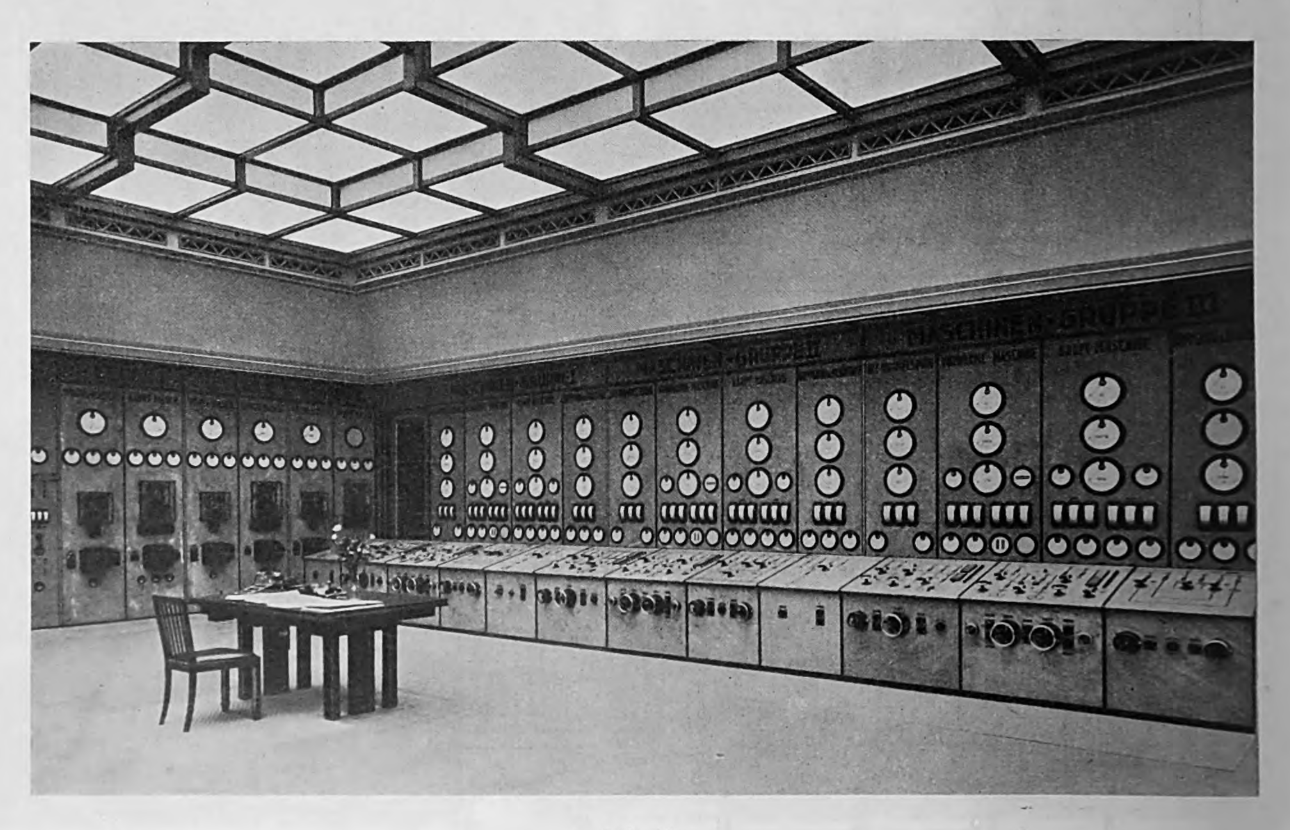


Abb. 11
Tafeln für die drei Maschinengruppen des ersten Ausbaues in der Warte nebst Schaltpulten

Der elektrische Teil des Großkraftwerkes „Klingenberg“

Von H. Probst, Berlin

(Hierzu Textblätter 37 und 38)

Gesamtanordnung der Schaltanlagen — 30 kV-Schaltanlage — Die Warte — 6 kV-Schaltanlage für Eigenbedarf — Gleichstromanlage — Schutzvorrichtungen

Gesamtanordnung der Schaltanlagen

Die große elektrische Energiemenge, die im Großkraftwerk Klingenberg mit einer Spannung von 6 kV erzeugt und mit 30 kV durch unterirdisch verlegte Drehstromkabel in das Netz der Stadt Berlin weitergeleitet wird, erfordert naturgemäß schon im Kraftwerk selbst die Verlegung zahlreicher elektrischer Starkstromleitungen. Beim Entwurf der elektrischen Schalteinrichtungen haben wir daher von vornherein danach gestrebt, die Starkstromleitungen nicht allein übersichtlich und betriebsicher zu verlegen, sondern auch den kürzesten Weg dafür zu finden. Dieses Ziel wird im allgemeinen am besten erreicht, wenn die Schalteinrichtungen an der Längsseite des Maschinen-

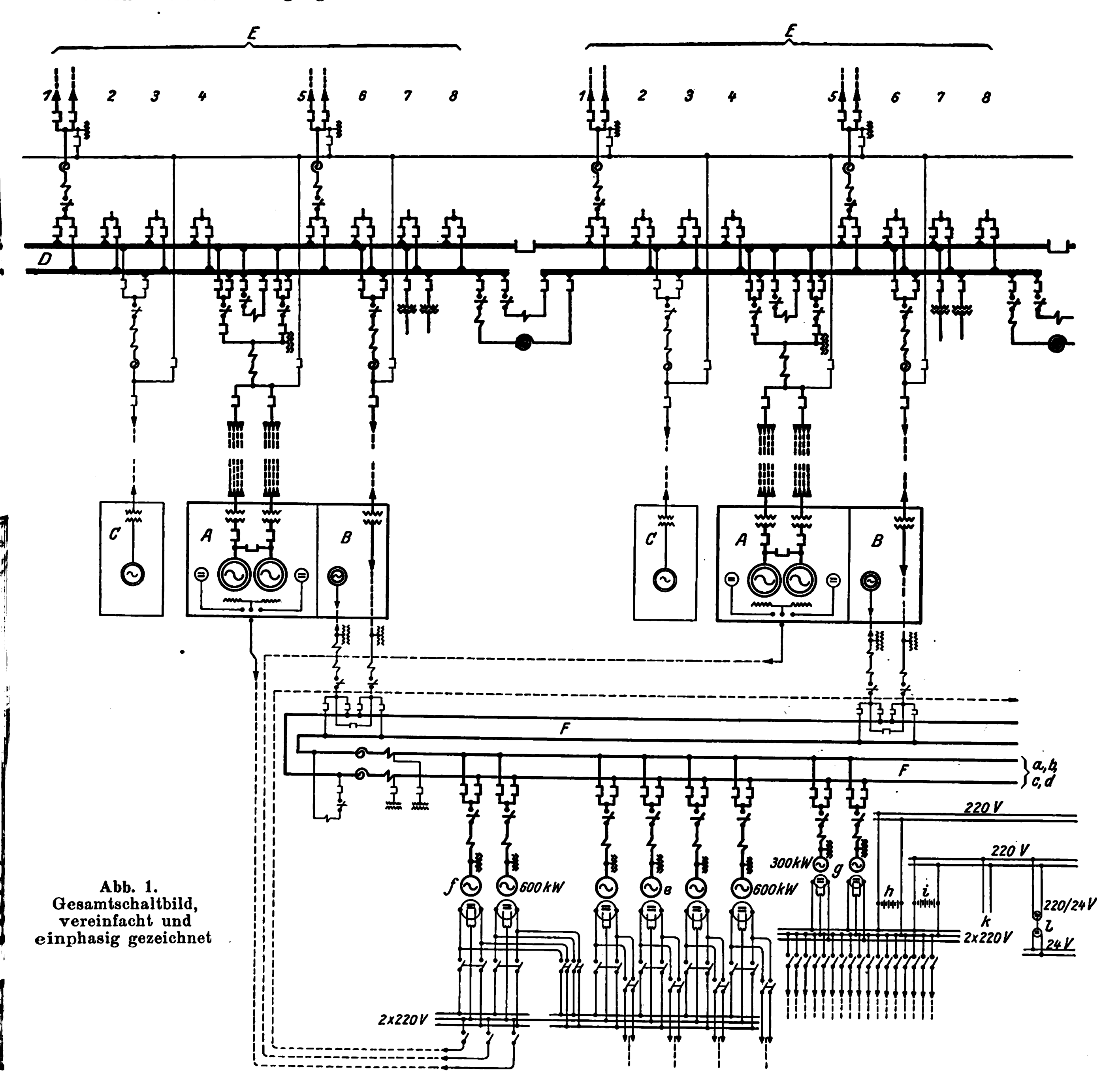


Abb. 1. Gesamtschaltbild, vereinfacht und einphasig gezeichnet

Von den drei Hauptmaschinengruppen sind nur zwei angedeutet; die umfangreichen Abzweige für die Speisung der Kühlwasserpumpen (*a*), Speisewasserpumpen (*b*), Transformatoren für 6000/380 V (*c*) und nach dem Kraftwerk Alt-Rummelsburg (*d*) sind fortgelassen.

A Hauptmaschine 88 000 kVA
B Vorwärmmaschine 12 500 kVA
C Maschine Alt-Rummelsburg 20 000 kVA
D Doppelsammelschienen 30 kV
E 30 kV-Kabelgruppen
F Doppelsammelschienen 6 kV für Eigenbedarf

a 6 Abzweige für Kühlwasserpumpen
b 6 „ „ Speisewasserpumpen
c 2 „ „ Transformatoren 6000/380 V
d 2 „ „ Alt-Rummelsburg
e Umformer für Kraftbedarf

f Umformer für Hilfserregung und Kraftreserve
g „ „ Lichtbedarf
h Lichtbatterie
i Betätigungsbatterie
k Abzweige für Betätigung der Schaltgeräte
l Umformer für Signalstrom

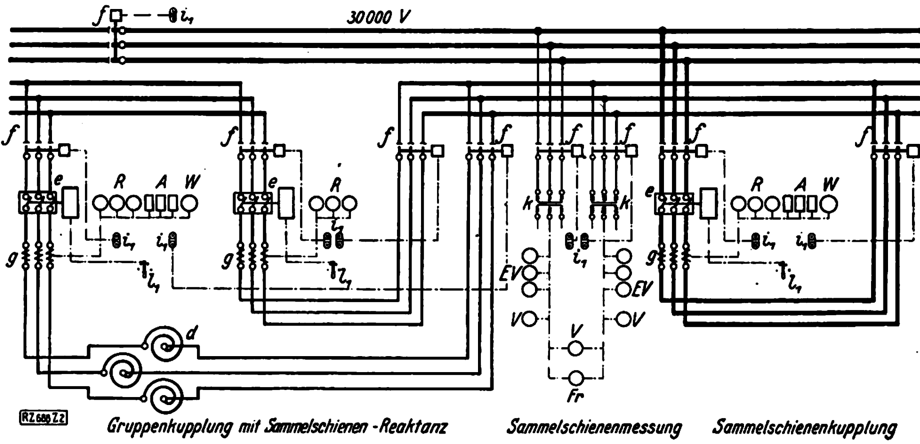


Abb. 2. Kupplung der Sammelschienen
Die Zeichenerklärung s. Abb. 24 auf S. 1899

Die letztgenannte Maschine steht im alten Kraftwerk Rummelsburg und soll ebenfalls von der Warte des Großkraftwerkes Klingenberg aus gesteuert werden. Auf die drei Sammelschienenabschnitte sind demnach je drei Maschinen mit rd. 120 000 kVA Gesamtleistung geschaltet.

Die beiden Stromerzeuger eines Hauptmaschinensatzes sind unmittelbar mit je einem Transformator von 44 000 kVA durch blanke auf Isolatoren verlegte Kupferschienen verbunden, die unterhalb des Maschinenhausbodens in einem begehbaren Raum liegen. Einige in den Kupferschienen vorgesehene Trennstellen gestatten die Verbindung der beiden Stromerzeuger mit nur einem Transformator. Sollte also einmal einer von den beiden Transformatoren eines Hauptturbinensatzes schadhaft werden, so besteht die Möglichkeit, die Maschine über den andern Transformator, also mit halber Last, weiterarbeiten zu lassen.

Die sechs 44 000 kVA-Drehstrom-Transformatoren von 6/30 kV für die drei Hauptmaschinen sind nach der von der AEG eingeführten Fünfschenkelbauart ausgeführt. Die Wicklung ist doppelt konzentrisch angeordnet, derart, daß die Unterspannungswicklung zwischen zwei in Reihe geschalteten Oberspannungsspulen liegt. Bei dieser Anordnung konnte man auch für die Oberspannung die bei diesen Transformatoren zuerst benutzte Wendelwicklung anwenden, weil nur durch diese Anordnung die erforderliche Windungszahl innerhalb der axialen Spulenhöhe unterzubringen war.

Die neue Wicklung hat Ähnlichkeit mit einer Scheibenwicklung, jedoch mit dem Unterschiede, daß die radial übereinander liegenden Flachdrähte parallel geschaltet sind; dabei bildet jede Scheibenspule eine Windung, und die ganze Spule gleicht einer Schraubenlinie mit ebenso vielen Gängen, wie Windungen vorhanden sind. Um zu vermeiden, daß die einzelnen parallelen Drähte in verschiedenen Streufeldern liegen und deshalb ungleiche Stromverteilung und zusätzliche Verluste auftreten, wird die Wicklung in geeigneter Weise verschränkt.

Die Wicklung wurde in Dreieck-Stern-Schaltung ausgeführt, und es ergaben sich hierbei sehr günstige Verhältnisse. Die Unterspannungsspule erhielt 88 Windungen mit acht parallelen Drähten, die beiden Oberspannungsspulen je 127 Windungen mit sechs parallelen Drähten. Abb. 3 zeigt den Eisenkörper mit zwei inneren Oberspannungsspulen, Abb. 4 den fertigen Transformator ohne Ölkasten mit den außenliegenden Oberspannungsspulen.

Der Ölkasten ist ohne die überstehenden Armaturteile rd. 5340 mm lang, 1690 mm breit und 3350 mm hoch. Das Gewicht des Transformators einschließlich Ölfüllung beträgt rd. 75 t, davon entfallen auf den Transformator ohne Ölkasten gemäß Abb. 4 rd. 48 t, auf den Kasten 12 t und auf das Öl 15 t. Zum Kühlen der Transformatoren dient umlaufendes, mit Wasser gekühltes Öl.

Auf der 30 kV-Seite werden die beiden Transformatoren eines Hauptmaschinensatzes parallel geschaltet; sie arbeiten dann als eine Einheit über zwei Ölschalter auf die 30 kV-Doppelsammelschienen. Der eine von diesen Ölschaltern dient nur als Aushilfe, damit vermieden wird, daß wegen der Nachprüfung eines Ölschalters der große Maschinensatz stillgesetzt werden muß. Die Transformatoren sind mit den im 30 kV-Schalthaus stehenden Ölschaltern durch Einphasenkabel verbunden, die, wie erwähnt, unterhalb der Köpenicker Chaussee in einem begehbaren Kanal liegen.

Das 30 kV-Schalthaus[1]) hat außer dem Keller vier übereinanderliegende Räume. Im Erdgeschoß befinden sich die Kabeltrennschalter und Stromwandler, die für die beiden Kabel einer Kabelzelle erforderlich sind. Im

hauses untergebracht sind. Dies ließ sich aber erst durchführen, als die Berliner Städtischen Elektrizitätswerke A.-G. das an der andern Seite der Köpenicker Chaussee gelegene Spreegrundstück, das ursprünglich nicht bebaut werden sollte, später doch noch käuflich erwerben konnte. Durch diesen Kauf war es möglich, das 30 kV-Schalthaus parallel dem Maschinenhaus, und zwar auf der andern Seite der Köpenicker Chaussee, zu errichten (vergl. den Lageplan auf S. 1831). In dem auf der einen Längsseite von der Köpenicker Chaussee begrenzten Maschinenhaus reichte der Platz nur dazu aus, die Haupttransformatoren unterzubringen, die auf der 6 kV-Seite durch blanke Kupferschienen mit den Stromerzeugern unmittelbar verbunden wurden.

Für die 30 kV-Schalteinrichtungen kam nur ein mehrstöckiger Aufbau in Frage, weil bei dem Verkauf des Spreegrundstückes gefordert worden war, das Schalthaus so schmal wie möglich auszuführen. Damit man nun von den Straßenarbeiten vollständig unabhängig war, wurden die von den Haupttransformatoren zum Schalthaus führenden 30 kV-Kabel in gemauerten und begehbaren Kanälen unterhalb der Straße verlegt.

Beim Aufbau der Hochspannungsanlage wurde die von der Bewag gegebene Vorschrift berücksichtigt, nach der zu vermeiden war, daß das Betriebspersonal zur Überwachung eines Ölschalters hinter einem andern unter Spannung stehenden Ölschalter entlanggehen muß. Diese Forderung ließ sich bei den von der AEG vorgeschlagenen Ausführungsarten der Hochspannungs-Schaltanlagen zwanglos erfüllen. Eine weitere Forderung der Bewag bestand darin, daß im 30 kV-Schalthaus zwei Drehstromkabel an einen Kabelölschalter angeschlossen werden sollten. Die Anzahl der Ölschalterzellen verringerte sich dadurch auf die Hälfte, und die Leistung des Abzweiges stieg von 7500 auf 15 000 kVA.

Die für den Eigenbedarf des Kraftwerkes erforderliche 6 kV-Schaltanlage, die Gleichstrom-Schaltanlage für die Drehstrom-Gleichstrom-Umformer und die Kommandoanlage, die „Warte", brachte man in Räumen unter, die unmittelbar an der Längsseite des Maschinenhauses liegen. Auf der Nordostseite der Köpenicker Chaussee stehen demnach die 30 kV-Haupttransformatoren und die gesamte Schaltanlage, die für den Eigenbedarf erforderlich ist, auf der andern Seite der Straße das 30 kV-Schalthaus, von dem aus durch Drehstromkabel der im Großkraftwerk und im Kraftwerk Alt-Rummelsburg erzeugte Strom in das 30 kV-Netz der Stadt weitergeleitet wird.

Die 30 kV-Schaltanlage

des ersten Ausbaues ist entsprechend dem einphasig gezeichneten Schaltbild, Abb. 1, in drei Abschnitte zerlegt, die über Ölschalter und Reaktanzspulen (Drosselspulen) miteinander verbunden werden können, Abb. 2. In jedem Abschnitt arbeitet eine Maschinengruppe, bestehend aus

einem Hauptmaschinensatz von 88 000 kVA,
einer Vorwärmemaschine von 12 500 kVA, und
einer Maschine von 20 000 kVA.

[1]) s. Tafel 7, VII.

Probst: Der elektrische Teil des Großkraftwerkes Klingenberg

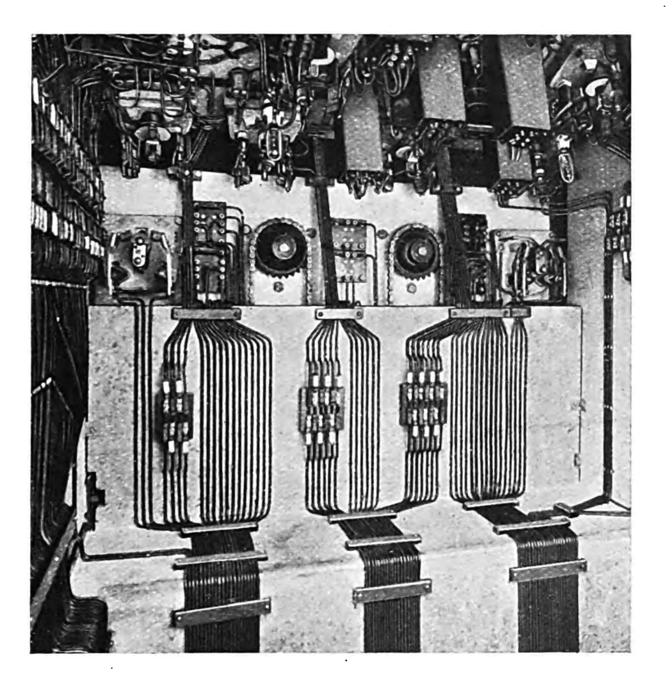


Abb. 13
Das Innere eines Schaltpultes

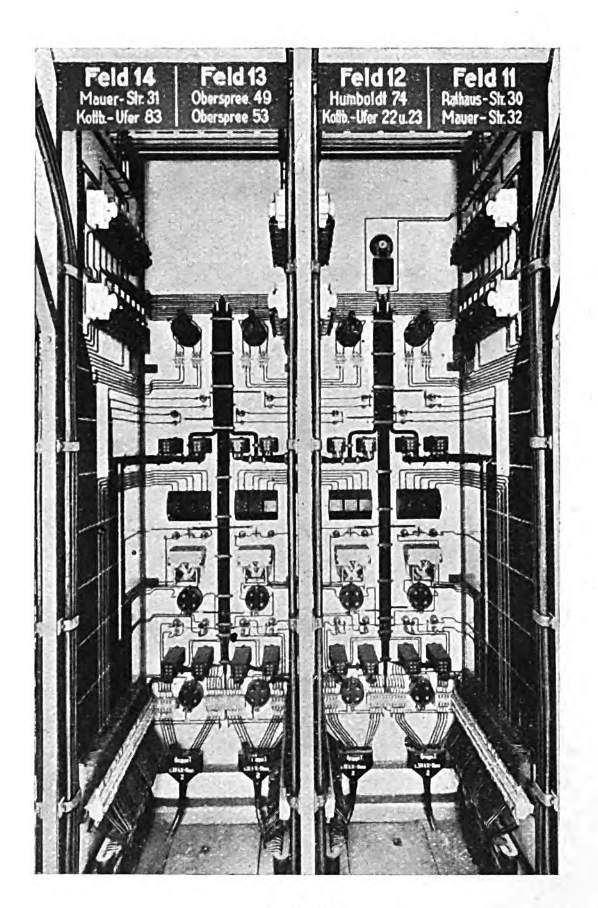


Abb. 14
Verlegung der Meß- und Betätigungsleitungen auf der Rückseite einer Verteiltafel

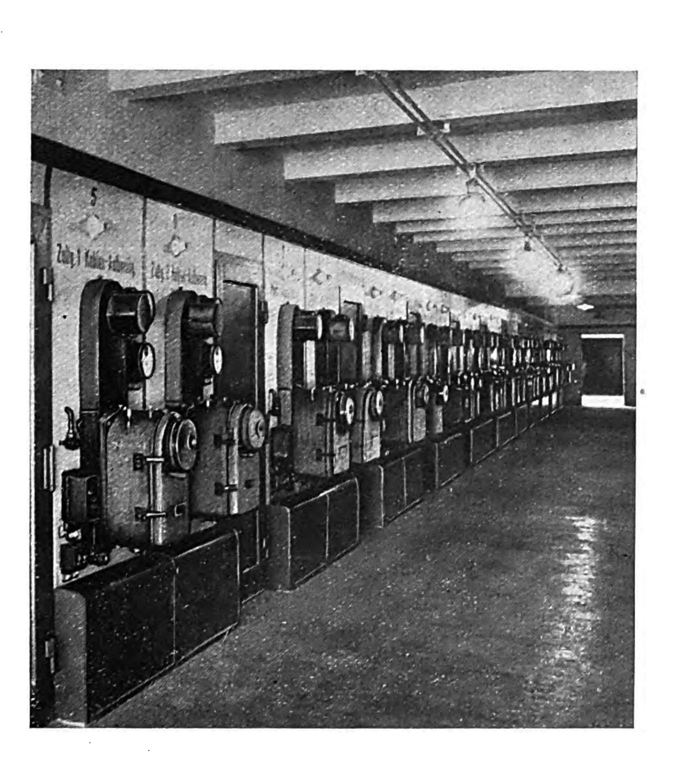


Abb. 16
Ölschalterantriebe, Meßgeräte, Relais und Zähler im Ölschalterbedienungsgang der 6 kV-Schaltanlage

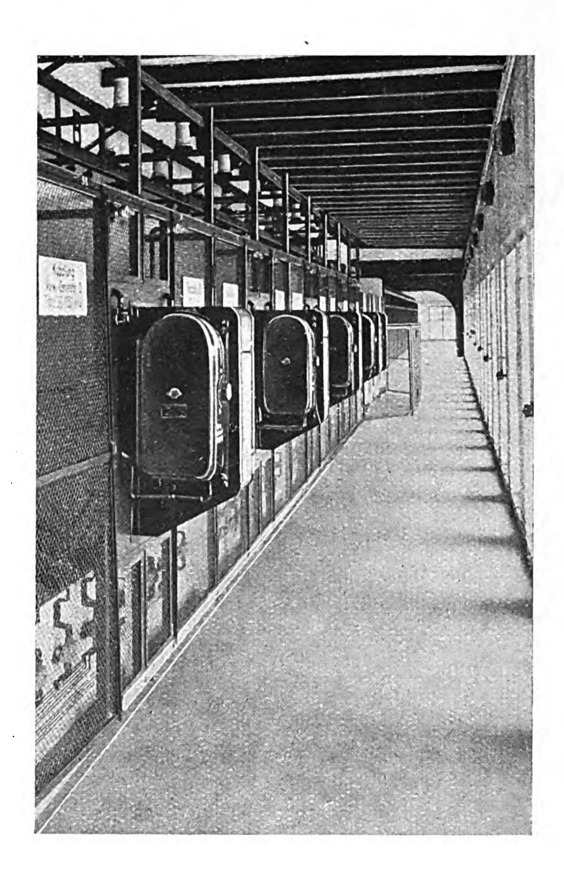


Abb. 17
Trennschalterantriebe und 6 kV-Sammelschienen



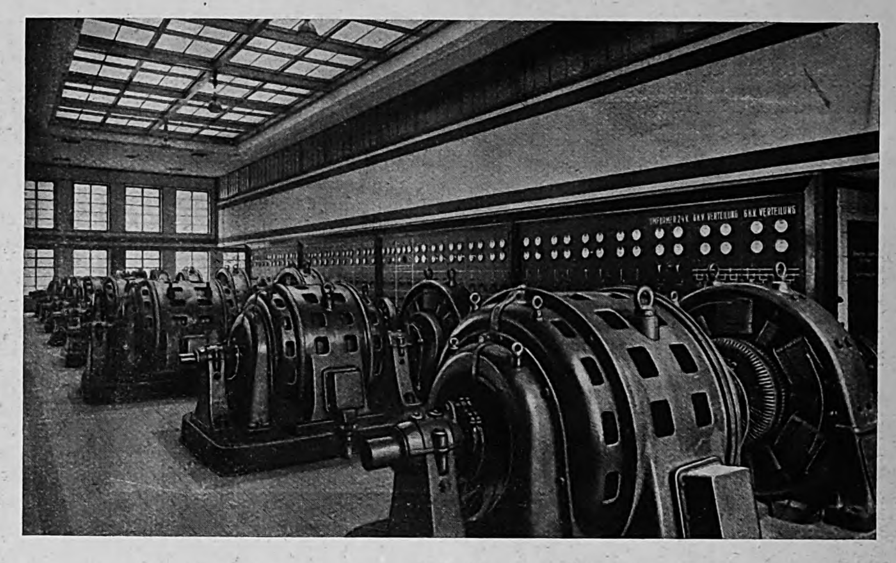


Abb. 21
Synchronmotor-Umformer für 2 × 220 V nebst Schalttafel für die 6 kV- und die Gleichstromanlage



Abb. 18
Reaktanzspulen für die 380 V-Abzweige

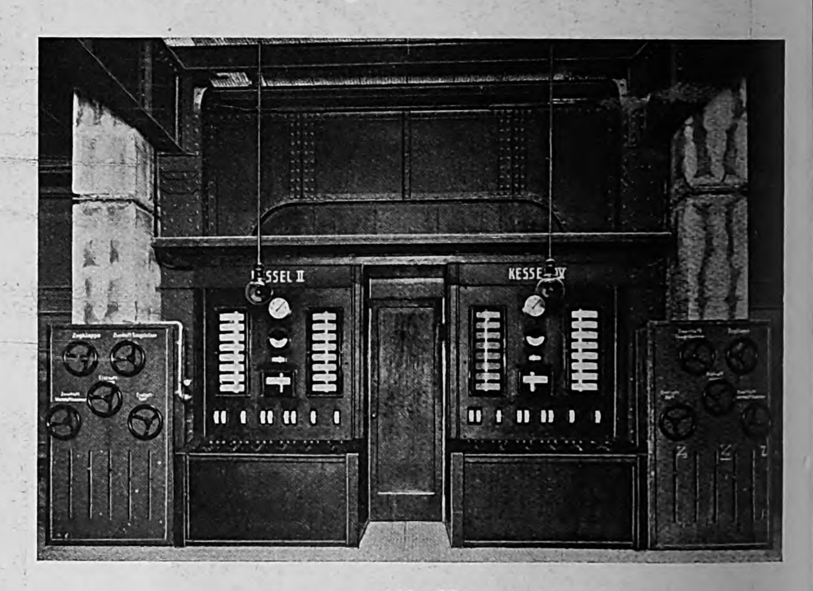
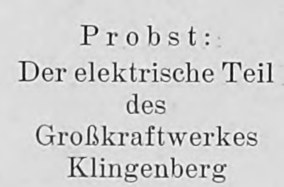


Abb. 23
Überwachungs- und Schalttafeln für zwei Kessel


Probst:
Der elektrische Teil
des
Großkraftwerkes
Klingenberg

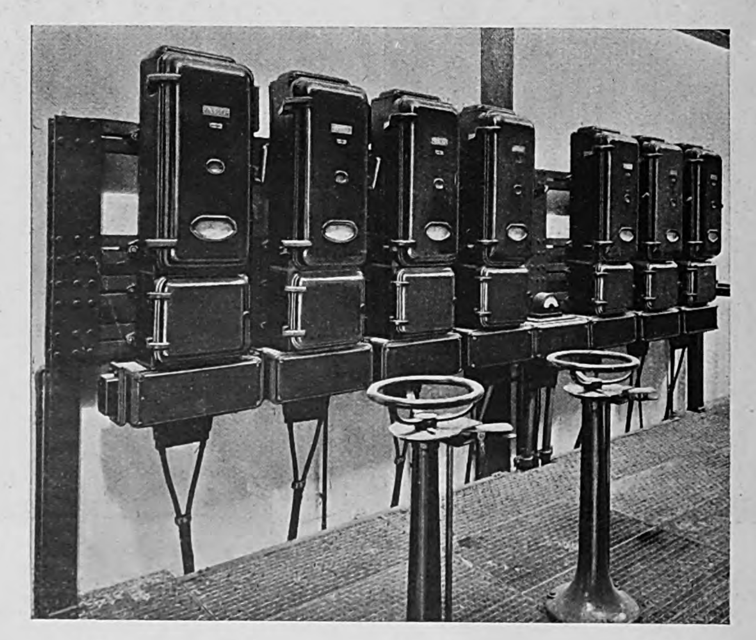


Abb. 22 (links)
Eisengekapselte Schaltgeräte für die Kesselmotoren

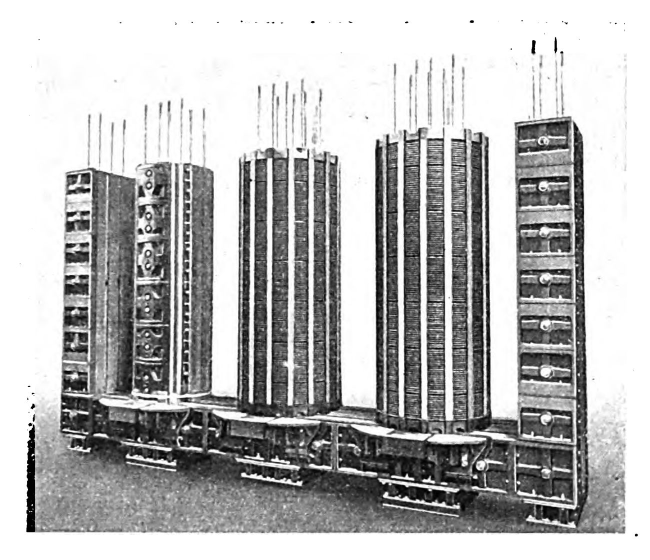


Abb. 3
Eisenkörper eines 44 000 kVA-Transformators (Fünfschenkelbauart) mit inneren Oberspannungsspulen

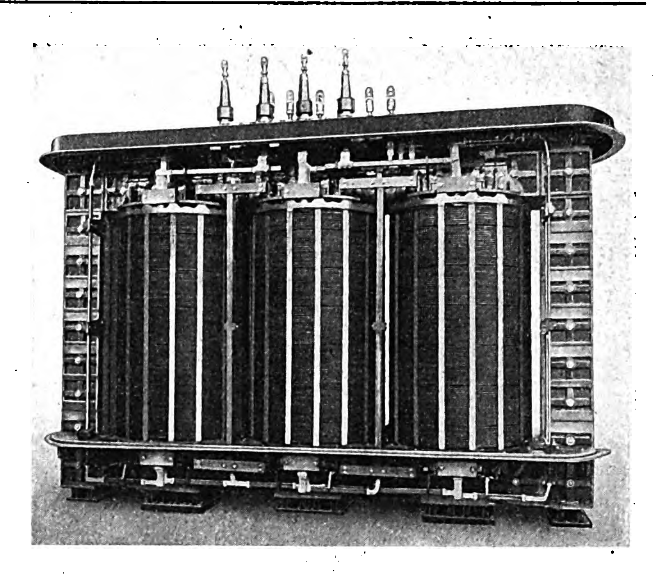


Abb. 4
Fertiger 44 000 kVA-Transformator ohne Ölkasten

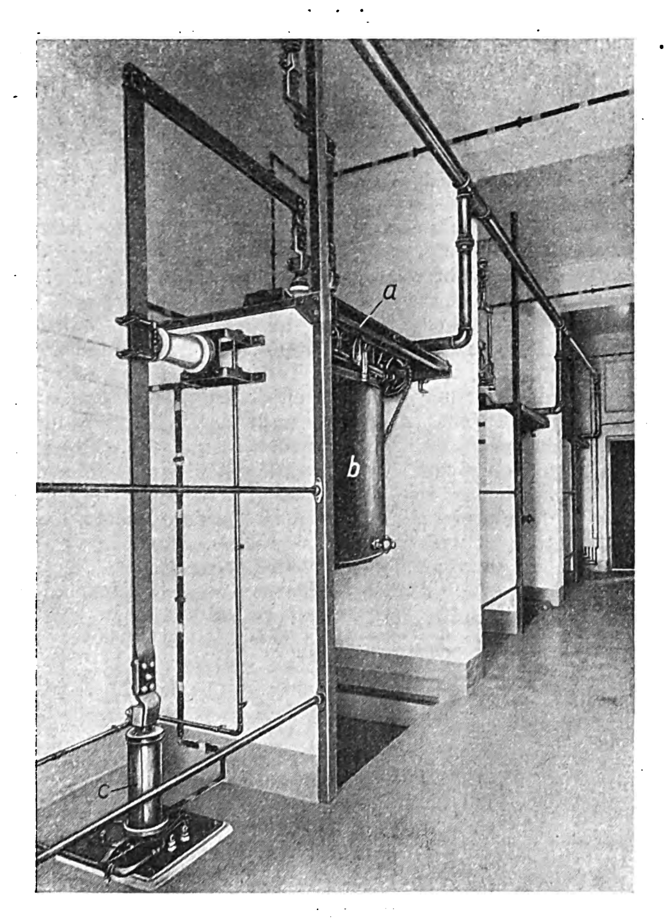


Abb. 5
Die drei Ölschalter für die 30 kV-Sammelschienen stehen h i n t e r e i n a n d e r.
a fester Ölschalter *c* Durchführungs-Stromwandler
b senkbares Gehäuse

ersten Obergeschoß stehen die Reaktanzspulen und die Meßtransformatoren. Außerdem ist hier noch eine Sammelschiene zum Prüfen der Kabel mit den zugehörigen Trennschaltern eingebaut. Im zweiten Obergeschoß stehen die Ölschalter mit ihren Antrieben und im dritten Obergeschoß sind die Doppelsammelschienen mit den zugehörigen Trennschaltern untergebracht.

Das Schalthaus ist dem Schaltbild, Abb. 1, entsprechend in drei G r u p p e n unterteilt. Infolge der vorgesehenen Treppenhäuser findet man sich trotz der großen Längenausdehnung sehr leicht zurecht. Ein Betreten der Schalträume beim Umschalten der Maschinen und der Abzweige auf den einen oder andern der beiden Sammelschienensysteme ist nicht erforderlich, weil nicht nur die Ölschalter, sondern auch die Trennschalter von der Warte aus elektrisch gesteuert werden.

Bestimmend für die G r u n d f l ä c h e der 30 kV-Schaltanlage sind die Reaktanzspulen für die Kabel und Sammelschienen. Diese Reaktanzspulen beanspruchen bei der bisher üblichen Anordnung der Ölschalter nebeneinander eine weit größere Grundfläche als die Ölschalter selbst. Um im vorliegenden Fall eine günstige Leitungsführung zu erzielen und die bei einem Kurzschluß entstehenden dynamischen Kräfte nach Möglichkeit herabzusetzen, hat man eine vollständig neue Anordnung geschaffen.

Man ersieht, aus den Querschnitten VII, Tafel 7, daß die Leitungen und Apparate der drei verschiedenen Phasen in den verschiedenen Stockwerken auf einer senkrechten Linie liegen. Es handelt sich aber bei diesem Aufbau nicht um eine Phasentrennung, wie man sie bei den amerikanischen Großkraftwerken in den letzten Jahren angewendet hat. Im Schalthaus des Großkraftwerkes Klingenberg sind die drei einphasigen Ö l s c h a l t e r, Abb. 5, eines Stromkreises nicht, wie bisher allgemein in Deutschland üblich, neben-, sondern hintereinander aufgestellt. Dadurch, daß die Ölschalterelemente mit ihrer schmalen Seite an der Wand sitzen, ist jeder Ölschalterkontakt leicht zugänglich.

Die drei Ölschalterglieder sind mechanisch gekuppelt und werden durch einen Kraftspeicherantrieb mit Gleichstrom von 220 V elektrisch ein- und ausgeschaltet. Ein Kurzschluß zwischen zwei Phasen ist bei der Gruppierung der Schaltgeräte im 30 kV-Schalthaus nicht möglich. Dagegen ist der Fall nicht ganz von der Hand zu weisen, daß Überschläge an Durchführungs-Isolatoren der Ölschalter in zwei verschiedenen Phasen gleichzeitig erfolgen könnten. Die Praxis hat bereits gezeigt, daß derartige Fälle, wenn auch selten, eintreten. Bei einem solchen doppelten Überschlag besteht die Möglichkeit, daß der volle Kurzschlußstrom des Kraftwerkes von dem einen Ölschalterdeckel durch das Antriebgestänge zum andern Ölschalter geht. Um dies zu verhindern, sind die Ölschalterdeckel der verschiedenen Phasen durch Kupferschienen verbunden und geerdet. Die Erdleitungen bestehen aus so stark bemessenem Flachkupfer, daß der auftretende Kurzschlußstrom keine Zerstörung der Erdleitung hervorrufen kann.

Sämtliche Ö l s c h a l t e r a n t r i e b e, Abb. 6, liegen im Gegensatz zu den amerikanischen Ausführungsarten auf dem gleichen Flur wie die Ölschalter, aber von diesen durch eine feuerfeste Wand getrennt. Der Bedienungs-

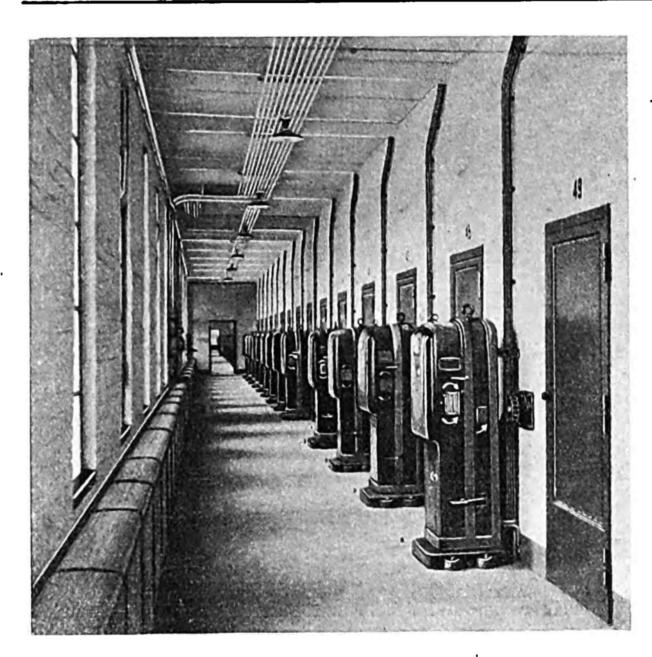


Abb. 6.
30 kV-Ölschalterantriebe, von den Schaltern durch eine feuerfeste Wand getrennt

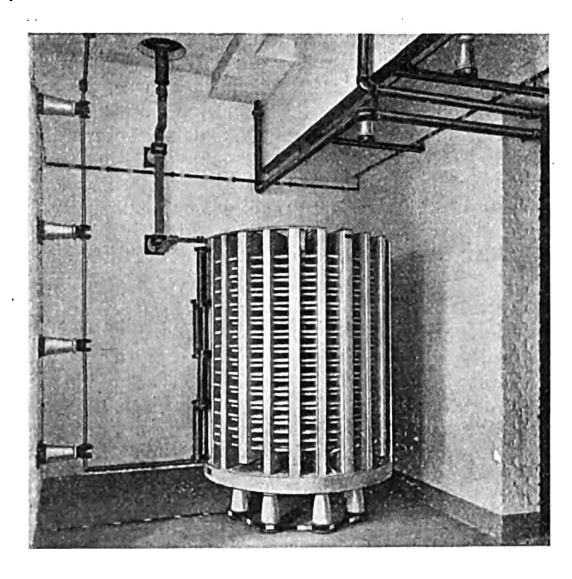


Abb. 8. Sammelschienen-Reaktanzspule für 30 kV, 44 000 kVA Durchgangleistung

gang für die Ölschalterantriebe liegt an der Seite der Köpenicker Chaussee. Der für die Entqualmung vorgesehene Gang liegt auf der entgegengesetzten, also der Spreeseite. In diesen Gang münden auch die Abzugrohre, durch welche die sich beim Abschalten der Ölschalter unter Kurzschlüssen bildenden Gase entweichen können.

Der elektrische Antrieb der Trennschalter ist so ausgeführt, daß Erdschlüsse in den Betätigungsleitungen keine ungewollten Ein- oder Ausschaltungen hervorrufen können. Die einpoligen Schalter werden nach den Angaben Klingenbergs durch Seilzug mechanisch gekuppelt, s. Abb. 7.

Die im 30 kV-Schalthaus eingebauten Reaktanzspulen für die abgehenden Kabel haben 5 vH Reaktanzspannung bei 15 000 kVA Durchgangleistung, die Sammelschienen-Reaktanzen, Abb. 8, 10 vH Reaktanzspannung bei 44 000 kVA Durchgangleistung. Die einzelnen Drähte der Reaktanzspulen sind mit Asbest isoliert und in Betonstützen eingegossen.

An den Sammelschienenabschnitt einer Maschinengruppe sind acht Kabelölschalter angeschlossen,

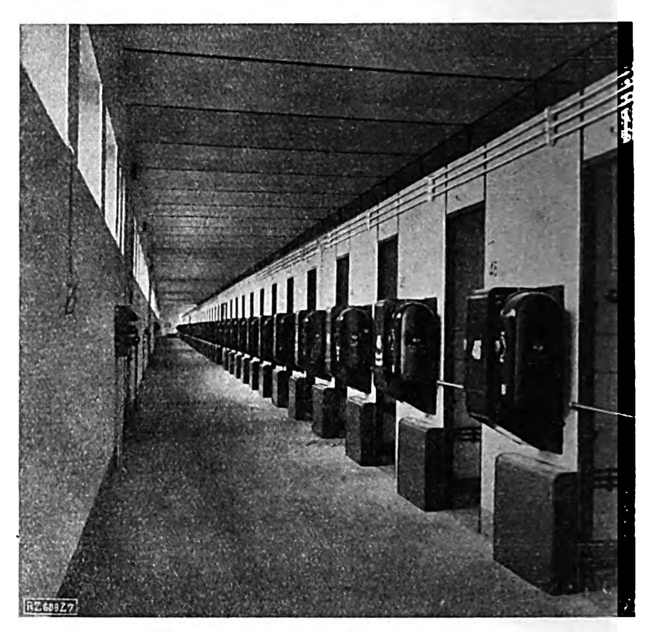


Abb. 7
Antriebe der Trennschalter im 30 kV-Schalthaus

und hinter jedem Kabeltrennschalter zweigen die Einphasenkabel ab, Abb. 9, die sich in einer in der Erde verlegten Muffe zu einem Dreiphasenkabel vereinen.

Die Warte

oder der Kommandoraum, Abb. 10, S. 1890, liegt im Vorbau des Maschinenhauses in der Nähe der Hauptmaschine 3, befindet sich also beim vollen Ausbau des Kraftwerkes in der Mitte des Vorbaues VI, Tafel 7. Der Fußboden liegt 2,5 m über dem Maschinenflur und ist durch eine Brücke, die über die Köpenicker Chaussee führt, mit dem Bedienungsraum der 30 kV-Ölschalter verbunden. In dem unteren Teil dieser Brücke liegen die zahlreichen Betätigungskabel, die von der Warte zum Schalthaus führen. Als Meß- und Betätigungsleitungen sind eisendrahtbewehrte Bleikabel benutzt, die 10 und 20 Adern von 6 mm² Querschnitt enthalten. Trotz der großen Zahl der Betätigungskabel ist jedes einzelne Kabel von dem einen Endverschluß bis zum andern übersichtlich verlegt und leicht zu verfolgen, Abb. 15.

Für den Aufbau der Warte war der Grundsatz von Wichtigkeit, daß die Schaltgeräte der Eigenbedarfs-

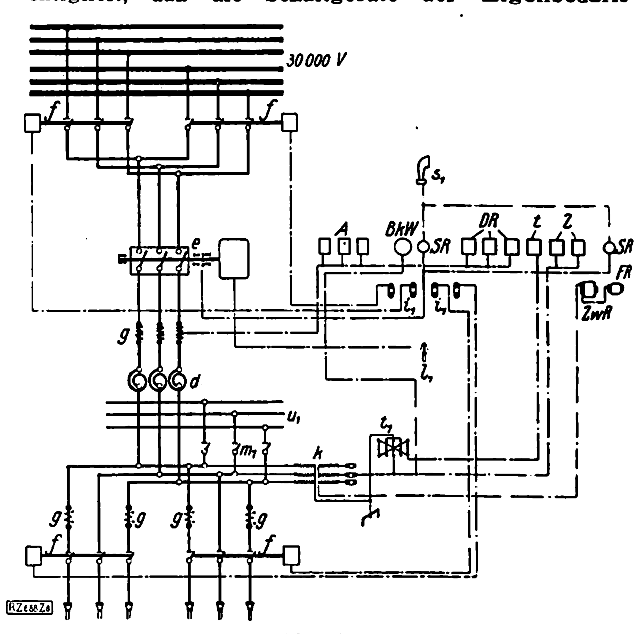


Abb. 9
Schaltbild für einen 30 kV-Doppelkabelabzweig, Zeichenerklärung s. Abb. 24 auf S. 1899





Abb. 12
Überwachungstafel für Turbinen, Kessel und Vorwärmung in der Warte

anlage und der Umformer nicht von der Warte aus bedient werden sollten. Demnach waren in der Warte in erster Linie die Meß- und Betätigungsgeräte für die Haupt- und Vorwärmmaschinen und die Instrumente für die Überwachung der 30 kV-Abzweige unterzubringen. Ferner sollten von der Warte aus die größeren Maschinen des alten Kraftwerks Rummelsburg bedient werden und in ihr auch die Geräte für die Überwachung des dampftechnischen Teiles des Großkraftwerkes ihren Platz finden.

Wie aus Abb. 10 und 11 hervorgeht, sind in der Warte alle Teile vermieden, die eine ruhige und klare Wirkung beeinträchtigen könnten. Die übliche Beleuchtungsart hat man durch eine mittelbare Beleuchtung ersetzt und alle drehbaren Wandarme vermieden, die man sonst für Synchronisierzwecke usw. benutzt.

Auf der einen Längsseite der Warte, nach dem 30 kV-Schalthaus zu, stehen die Meßgerätetafeln zum Regeln der Stromerzeuger und auf der entgegengesetzten Seite die Tafeln zum Überwachen des dampftechnischen Teiles. Auf der schmaleren Seite stehen die Felder mit den Schnell- und Stromreglern für die Maschinen und den Geräten zum Überwachen und Schalten der 30 kV-Abzweige.

Abb. 11 zeigt die Tafeln für die drei Gruppen des ersten Ausbaues. Jede Gruppe besteht aus vier Feldern, und zwar sitzen im ersten Felde links die Meßgeräte für einen der im Kraftwerk Alt-Rummelsburg stehenden 20 000 kVA-Stromerzeuger. Im zweiten Feld befinden sich die Meßgeräte für den Stromerzeuger der Vorwärmturbine und seinen Transformator. Das dritte Feld ist dem 88 000 kVA-Maschinensatz zugeordnet, und das vierte enthält die Meßgeräte für die Kupplung der Sammelschienen und deren Reaktanz. Die Instrumententafel baut sich also in derselben Weise auf wie das einphasige Schaltbild.

Bei der Ausbildung der S c h a l t t a f e l f e l d e r für die Hauptstromerzeuger war folgendes zu beachten: Die drei Phasen einer 44 000 kVA-Maschine sollten durch je einen Strommesser überwacht werden; da jeder Hauptmaschinensatz aus zwei Stromerzeugern besteht, waren also sechs Strommesser für jedes Feld eines Hauptmaschinensatzes einzubauen, d. h. an Strommessern allein so viel Instrumente, wie sonst ein normales Feld im ganzen an Meßgeräten erfordert. Da außer der Gesamtmessung noch jeder Stromerzeuger einen Leistungsmesser erhalten sollte, waren außer den sechs Strommessern noch drei Wattmeter unterzubringen. Hierzu kamen, weil jeder Stromerzeuger auch eine eigene Erregermaschine hat, vier Erregerinstrumente, abgesehen von den üblichen Blindleistungs- und Spannungsmessern. Jedes Feld der Hauptgruppe mußte also statt der sonst üblichen sechs in diesem Falle fünfzehn Meßinstrumente erhalten.

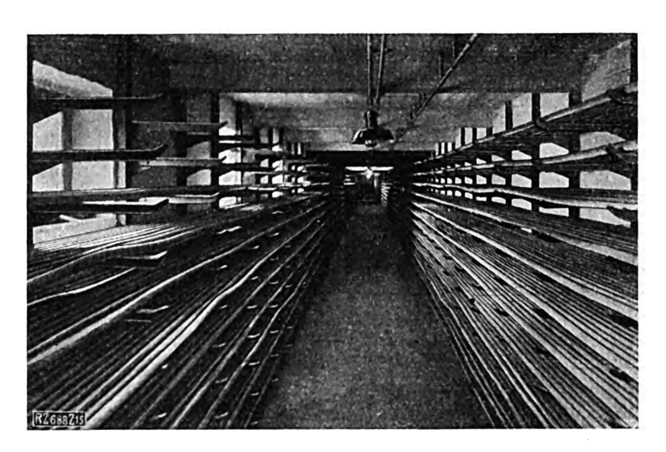


Abb. 15
Kabelgang mit Meß- und Betätigungskabeln in der Verbindungsbrücke zum 30 kV-Schalthaus

Die gewählte Gruppierung der Instrumente zeigt Abb. 11. Hiernach befinden sich in der untersten Reihe vier runde Instrumente für die beiden Erregermaschinen. In der darüber liegenden Reihe sitzen sechs Strommesser in Profilform für die beiden Stromerzeuger. In der dritten, also mittleren Reihe befinden sich drei Leistungsmesser, von denen das große Instrument die Gesamtlast beider Stromerzeuger, die beiden kleineren die Einzelleistungen anzeigen. Die beiden oberen Geräte sind Blindleistungsanzeiger und Spannungsmesser. Diese Art der Einstellung erstreckt sich über die ganze Anlage, soweit die Maschinen- und Kupplungsfelder in Betracht kommen. Trotz der zahlreichen Instrumente ist es gelungen, sie so anzuordnen, daß sich die Instrumente gleicher Art in einer wagerechten Reihe befinden.

Vor den Instrumententafeln für die Maschinengruppen stehen die S c h a l t p u l t e, auf denen das Schaltbild und die für die Bedienung der Maschinen und Schalter erforderlichen Apparate angeordnet sind. Auf den Schaltpulten selbst sitzen keine Instrumente. Die R e l a i s, Z ä h l e r und s e l b s t s c h r e i b e n d e n G e r ä t e sind auf Marmortafeln untergebracht, die hinter der Meßgerätetafel und in einem darüberliegenden Raum stehen.

Mit Rücksicht auf die zu übertragende große Leistung erhielten die 30 kV-K a b e l a b z w e i g e außer den üblichen

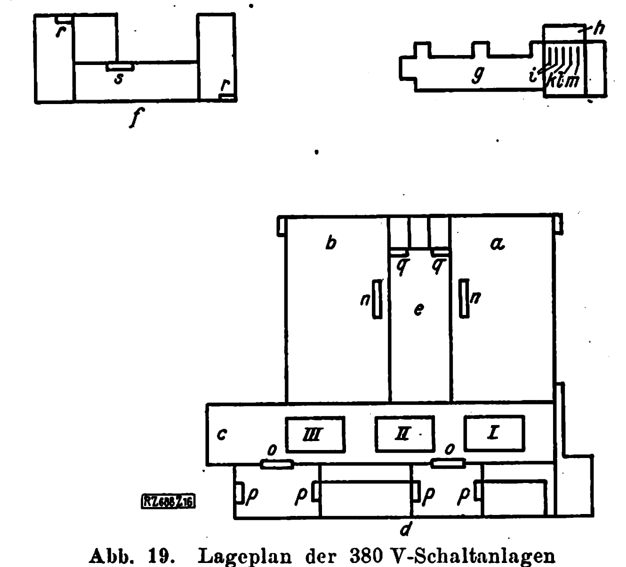


Abb. 19. Lageplan der 380 V-Schaltanlagen

a Kesselhaus A
b „ B
c Maschinenhaus mit den Hauptturbinen I, II, III
d Maschinenhaus-Vorbau
e Vorwärmanlage
f Werkstatt und Lager
g Kohlenaufbereitsanlage
h Vorbau für 5 Transformatoren 6000/380 V, gespeist von den Eigenbedarfsammelschienen
i 380 V-Hauptverteilung für Kohlenaufbereitung
k 380 V-Hauptverteilung für Kohlenstaubförderung und Brecheranlage
l 380 V-Hauptverteilung für Kohlenförderung
m 380 V-Hauptverteilung für den übrigen Eigenbedarf
n Verteilung für Kesselhaus
o „ „ Maschinenhaus
p „ „ Pumpenhaus
q „ „ Vorwärmanlage
r „ „ Werkstatt
s „ „ Lager und Ölhaltung

Schutzeinrichtungen in jeder Phase einen Strommesser. Auf den Feldern für die aus je acht Abzweigen bestehenden drei Kabelgruppen, von denen jede der Leistung einer Sammelschienengruppe entspricht, vergl. Abb. 10 und 12, Mitte links, sitzen oben die Spannungsmesser als große und die Leistungsanzeiger als kleine Instrumente. Darunter sind die nachgebildeten 30 kV-Sammelschienen mit den Signallampen angebracht. Dann folgen die Kontaktgeber für die an den Sammelschienen sitzenden Trennschalter, die drei Strommesser in Profilform für jeden Abzweig, die Kommandogeber für die Ölschalter, die Signalrelais und die Kontaktgeber für die Kabeltrennschalter. Alle diese Teile sind in der Form eines Schaltbildes übersichtlich gruppiert. Schauzeichen sind nicht verwendet.

Die Signallampen liegen an 24 V Spannung. Ein- und Ausschaltlampen haben verschiedene Farben und sind in zwei wagerechten Reihen angeordnet, so daß die Übersicht gegenüber der bisher üblichen Anordnung wesentlich erhöht wird. Außerdem haben die Einschaltlampen einen größeren Durchmesser als die Ausschaltlampen, so daß auch farbenblinde Wärter die Signalzeichen nicht verwechseln können und man auf die verschiedenen Farben der Lampen verzichten könnte.

Die in der Warte eingebauten vielen Meßgeräte, Kommandogeber, Signallampen brauchen auch eine entsprechend große Zahl von Meß- und Betätigungsleitungen. Für das Feld eines Hauptmaschinensatzes z. B. mußten 25 Endverschlüsse mit je 10 Adern vollkommen übersichtlich verlegt und gruppiert werden. Abb. 13 zeigt das Innere eines Schaltpultes und Abb. 14 die Leitungsverlegung auf der Rückseite einer Tafel für die 30 kV-Kabelabzweige, s. Textbl. 37. Abb. 15 gibt ein Bild von der Verlegung der Meß- und Betätigungskabel in der Verbindungsbrücke zum 30 kV-Schalthaus.

Die 6 kV-Schaltanlage für den Eigenbedarf

erhält in erster Linie ihren Strom von den Stromerzeugern der drei Vorwärmmaschinen, die je 12 500 kVA leisten. Diese Maschinen arbeiten unmittelbar auf die 6 kV-Doppelsammelschienen, können aber auch im Bedarfsfall über je einen Transformator gleicher Leistung auf die 30 kV-Hauptsammelschienen geschaltet werden (s. Hauptschaltbild Abb. 1), wenn die Vorwärmturbinen infolge der Dampfzufuhr eine größere Leistung hergeben können, als dem Kraftbedarf der Eigenanlage entspricht.

Im normalen Fall arbeitet nur eine Vorwärmmaschine auf die 6 kV-Sammelschienen, und diese sind durch den zugehörigen Transformator mit den 30 kV-Sammelschienen verbunden. Der Transformator dient dann zum Lastausgleich und auch als Aushilfe für den Eigenbedarf, falls die Vorwärmmaschine aus irgendeinem Grund abgeschaltet würde. Sollte dagegen bei diesem Zusammenarbeiten die Spannung auf der 30 kV-Seite bei einem Kurzschluß im Netz stark sinken und die Motoren des Eigenbedarfs dadurch in Mitleidenschaft gezogen werden, dann schaltet sich der Transformator selbsttätig ab und die Vorwärmmaschine arbeitet allein auf das 6 kV-Netz. Um eine Vorwärmmaschine von der 6 kV-Seite über den zugehörigen Transformator leichter auf die 30 kV Seite umschalten zu können, werden die Trennschalter von der Bedienungsschalttafel aus elektrisch gesteuert.

Beim Entwurf haben wir auch damit gerechnet, daß zwei oder drei Vorwärmmaschinen gleichzeitig auf die Sammelschienen für den Eigenbedarf arbeiten können. Damit durch die Verbindung der 6 kV- und 30 kV-Sammelschienen über den Transformator einer Vorwärmmaschine die Kurzschlußströme auf der 6 kV-Seite keinen zu hohen Wert annehmen, hat jeder Transformator von 12 500 kVA eine Eigenreaktanz von 10 vH und eine äußere Reaktanz von 5 vH erhalten.

Der Aufbau der 6 kV-Schaltanlage ist zweistöckig. In dem unteren Raume sind die Ölschalter, Strom- und Spannungs-Transformatoren und die Kabelendverschlüsse untergebracht. Neben den Ölschalterantrieben im Ölschalter-Bedienungsgang sind Meßgeräte, Relais und Zähler in der üblichen Anordnung angebracht, Abb. 16; je zwei Ölschalter sind durch einen Zwischenraum getrennt, der vom Ölschalter-Bedienungsgang zugänglich ist und die Nachprüfung eines Ölschalters ohne Gefährdung ermöglicht. Oberhalb des Ölschalterraumes liegen die Trennschalter und die Doppelsammelschienen, Abb. 17.

Die Ölschalter der 6 kV-Anlage sind Einkesselschalter mit Löschkammern für 300 000 kVA Ausschaltleistung. Dagegen sind die Ölschalter für die von den 6 kV-Sammelschienen abgehenden Kabel nur für 150 000 kVA Ausschaltleistung bemessen, weil die Kabel durch Reaktanzspulen geschützt werden. Die Kabelölschalter werden entweder von der Schalttafel im Umformerraum aus, s. Abb. 21, Textbl. 38, oder von jenen Stellen aus gesteuert, an denen sich die zugehörigen Motoren befinden. In der Nähe der Motoren steht also kein Hochspannungs-Ölschalter oder -Anlasser.

Die Reaktanzspulen, die die Sammelschienen der Kabelabzweige mit den Sammelschienen der Vorwärmturbinen verbinden, haben 10 000 kVA-Durchgangleistung bei 10 vH Reaktanzspannung.

Die 380 V-Anlage

Die Motoren der Kühlwasserpumpen, Kesselspeisepumpen und Drehstrom-Gleichstrom-Umformer liegen an 6 kV Spannung, die Motoren zum Regeln der Kessel an Gleichstrom von 440 V. Gleichstrom von 2×220 V und 220 V ist für die Hilfserregung der Hauptstromerzeuger, für die Beleuchtung des Kraftwerks und für einige kleinere Motoren vorgesehen. Alle übrigen Motoren des Kraftwerks sind an Drehstrom von 380 V angeschlossen.

Die für die 380 V-Anlage erforderlichen Umspanner für 6000/380 V und Schaltapparate sind in einem Anbau der Kohlenmahlanlage untergebracht, s. Tafel 7 und 8. Der Aufbau der 6 kV-Schaltanlage für die Umspanner entspricht dem Aufbau der 6 kV-Schaltanlage an der Längsseite des Maschinenhauses, d. h. es handelt sich auch hier um den üblichen zweistöckigen Aufbau. In den beiden oberen Räumen des Anbaues steht die 380 V-Hauptschaltanlage. Im Dachgeschoß liegen die Sammelschienen mit den Trennschaltern und Reaktanzspulen, Abb. 18, Textbl. 38, und in dem Raum darunter die selbsttätigen Ausschalter, Stromwandler und Meßgeräte.

Von dieser 380 V-Hauptschaltanlage führen Kabel zu den Unterschalttafeln, die im Kraftwerk an den wichtig-



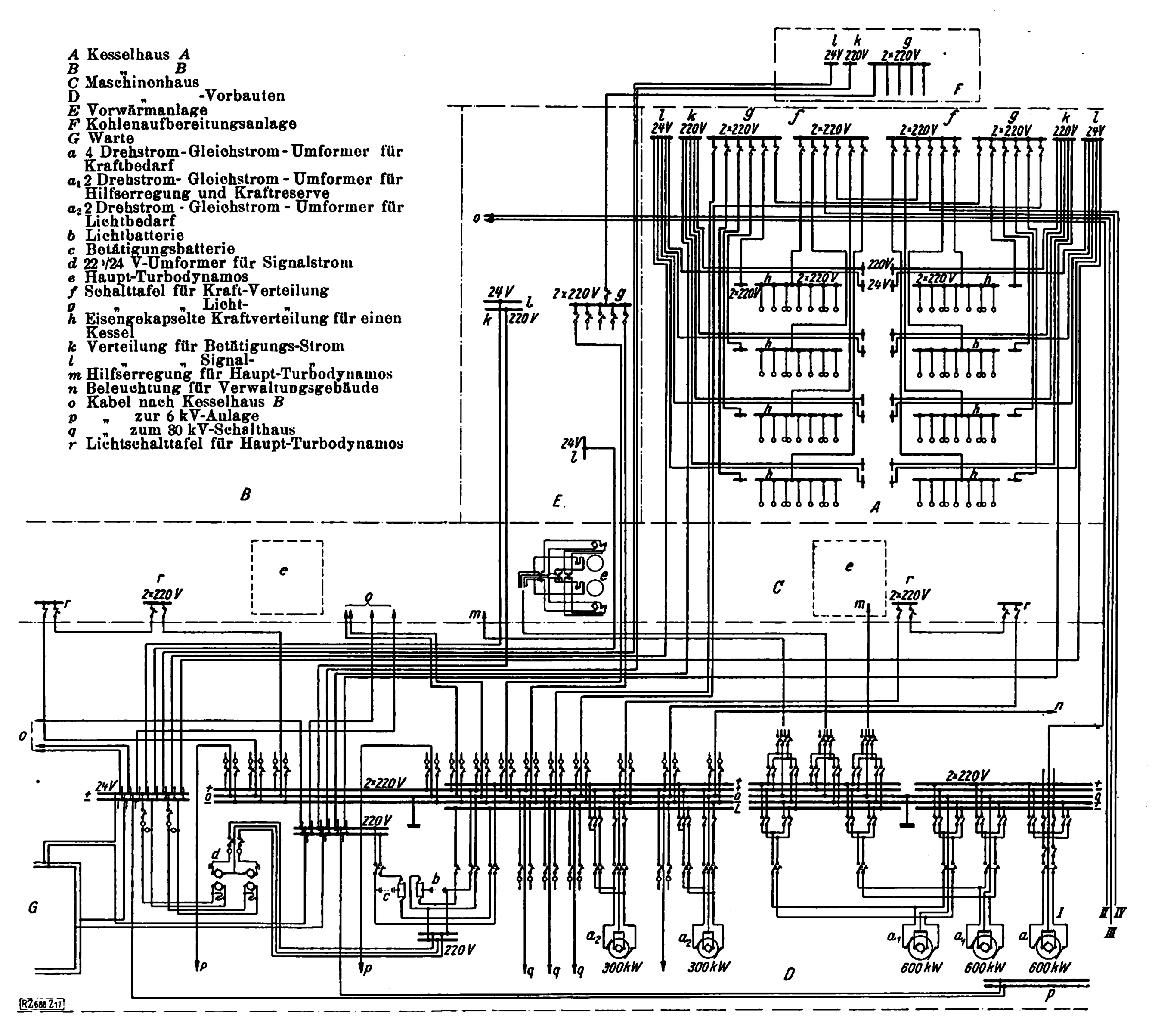


Abb. 20. Gesamtschaltbild der Gleichstromanlage

sten Verteilpunkten aufgestellt wurden, Abb. 19. Sämtliche Niederspannungsabzweige sind nur durch selbsttätige Ausschalter geschützt; Schmelzsicherungen sind also nicht eingebaut.

Gleichstromanlage

Die Drehstrom-Gleichstrom-Umformeranlage im Vorbau gegenüber den Hauptmaschinen 1 und 2 (Tafel 8) umfaßt vier Synchron-Motorgeneratoren für 2 × 220 V zu je 600 kW Gleichstromleistung für den Kraftbedarf der Kesselhäuser und zwei gleiche Umformersätze für Erzeugung des Erregerstroms, der zum synchronen Anfahren beider Wellen eines Hauptmaschinensatzes und bei Ausfall einer Erregermaschine erforderlich ist. Zwei weitere mit Synchronmotoren angetriebene Umformer für 2 × 220 V von je 300 kW Gleichstromleistung dienen für den gesamten Lichtbedarf des Kraftwerks mit Ausnahme der Kohlenmahlanlage und der Werkstatt, die außer einigen Gleichstrom-Notbeleuchtungskreisen Wechselstrombeleuchtung mit 220 V erhalten haben. Die beiden Umformer für Erregung sind so geschaltet, daß sie auch als Aushilfe für die Kraftumformer herangezogen werden können. Die Schaltung der Gleichstromanlage zeigt Abb. 20.

Die Synchronmotoren der Umformer werden drehstromseitig asynchron über Anlaßtransformatoren mit Hilfe von Anlaßschaltern angelassen, die unterhalb der Umformer in feuersicher gegeneinander und gegen die Nachbarräume abgeschlossenen Kammern stehen. Dabei befinden sich die Antriebe der ferngesteuerten Anlaßschalter außerhalb der Hochspannungsanlage, sind also zur Überwachung und gegebenenfalls erforderlichen Bedienung mit der Hand ohne Gefahr für das Personal zugänglich.

Ebenfalls unter den Umformern, an der Wand nach dem Maschinenhaus, sind die Spannungsteiler für die Kraft-, Erreger- und Lichtumformer aufgestellt. Die zu den Kraftverteilanlagen in den Kesselhäusern führenden Nullpunktkabel sind hier von den Spannungsteilern unmittelbar abgenommen.

An der Längsseite des Umformerraumes steht die Hauptschalttafel mit den Feldern für die Meßgeräte und die Betätigungsapparate der Gleichstrom- und der 6 kV-Schaltanlage. Die Schaltfelder sind aus Blechplatten hergestellt und passen sich dem Raum gut an, Abb. 21, Textbl. 38.

Die Gleichstrom-Hauptschaltgeräte sind hinter den Umformer-Schalttafeln in zwei Geschossen untergebracht, so daß auch hier die räumliche Anordnung die denkbar günstigste Leitungsführung und Ersparnis an Leitungsmaterial gestattete. Im oberen Geschoß der Gleichstromanlagen, in gleicher Höhe mit den 6 kV-Sammelschienen für den Eigenbedarf, befinden sich die

2×220 V-Anlagen für den Kraftbedarf und für Erregung. Im unteren Stockwerk, in Höhe der 6 kV-Verteilölschalter ist die Hauptschaltanlage für die Gleichstrombeleuchtung untergebracht.

Die Gleichstromanlage für Kraftbedarf und die Hilfserregeranlage sind nebeneinander, also in einer Reihe aufgestellt. Die beiden durch Drahtgitter von einander getrennten Sätze von 440 V-Doppelsammelschienen, über denen sich die Trennschalter befinden, bieten weitgehende Schaltmöglichkeiten bei Störungen in einzelnen Anlageteilen. Die parallel mit dem Sammelschienengerüst aufgestellte Reihe der Kammern für die Überstromschalter enthält auch die Meßwiderstände und unterhalb der selbsttätigen Schalter die Klemmen für die Meß- und Betätigungsleitungen. Alle Gleichstrom-Selbstschalter in der Haupt-Kraftanlage sind als Fernschalter ausgebildet und durch feuersichere Wände von einander getrennt. Die Überstromschalter werden betätigt von der Gleichstrom-Schalttafel im Umformerraum aus, auf der in einem übersichtlichen Blindschaltbild durch Signallampen die jeweilige Stellung der einzelnen Schalter ersichtlich ist. Die vier Kraftumformer sind unmittelbar auf die vier in den Aschenkellern der beiden Kesselhäuser untergebrachten Hauptverteilanlagen für je vier Kessel geschaltet.

Von den Erregersammelschienen führen drei Abzweige zu den Hauptstromerzeugern über Fernschalter, mit denen von der Warte aus von Eigen- auf Fremderregung umgeschaltet wird. Sämtliche in der Hilfserregeranlage befindlichen Schalter sind untereinander so verriegelt, daß die Erregerstromkreise der Hauptstromerzeuger im Betriebe nicht geöffnet werden können.

Die Maschinen- und Hauptverteilanlage für die Gleichstrombeleuchtung enthält die Dreileiter-Sammelschienensätze mit Trennschaltern und Selbstschaltern auf einem gemeinschaftlichen Gerüst. Eine 220 V-Batterie, die an der einen Netzhälfte hängt, ist imstande, bei Ausfall des auf das Netz geschalteten Umformers etwa die Hälfte der Gleichstrombeleuchtung als Notbeleuchtung zu speisen. Um unter allen Umständen die Notbeleuchtung betriebsbereit zu halten, sind die Dreileiterabzweige von den Lichtsammelschienen mit einpoligen Selbstschaltern geschützt, so daß bei Erdschluß in einem Kabel die gesunde Hälfte der angeschlossenen Verteilanlage im Betriebe bleibt.

Die weitere Gleichstromverteilung für Licht und Kraft in den Kesselhäusern ist der Übersichtlichkeit halber weitgehend vereinheitlicht, Abb. 20. So wie die Kraftumformer unmittelbar auf die in den Aschenkellern an den vier Längsseiten der beiden Kesselhäuser aufgebauten, vom Betrieb vollständig abgeschlossenen Verteilanlagen arbeiten, führen auch Lichtspeisekabel zu vier Verteilanlagen, die in der Verlängerung der vorgenannten Kraftanlagen an den Kesselhaus-Längswänden Platz gefunden haben. Von diesen Verteilanlagen, sowohl für Kraft als für Licht, zweigen je vier Leitungen ab, die zu je einem Kessel führen. An jedem Kessel ist eine in Eisengehäuse eingeschlossene Verteilanlage angeordnet, Abb. 22, Textbl. 38. Von diesen Anlagen aus werden die zum Kesselbetrieb gehörigen Motoren gespeist. Die Kraftabzweige von den Hauptverteilanlagen im Aschenkeller zu den Verteilstellen für die einzelnen Kessel, sind auch mit Fernschaltern ausgerüstet, die der Wärter von der bei jedem Kessel aufgestellten Überwachungs- und Schalttafel betätigt, Abb. 23, Textbl. 38.

Schutzvorrichtungen

Die Maschinen und Einrichtungen eines Kraftwerkes werden am meisten durch die im Kabelnetz auftretenden Kurzschlüsse beansprucht. Um diese zum größten Teil unwirksam zu machen oder abzuschwächen, haben die 30 kV-Kabelfelder, wie schon erwähnt, eine Reaktanzspule von 5 vH bei 15 000 kVA Durchgangleistung erhalten. Aus diesem Grund ist die Ausschaltleistung der Kabelölschalter auf je 300 000 kVA beschränkt. Der anfängliche Kurzschlußstrom der Hauptstromerzeuger wird durch die Zusammenschaltung mit den beiden 44 000 kVA-Transformatoren herabgesetzt, deren Kurzschlußspannung 6 vH beträgt. Die 30 kV-Sammelschienengruppen sind durch Reaktanzspulen mit 44 000 kVA Durchgangleistung und 10 vH Reaktanzspannung verbunden, so daß der in einer Gruppe auftretende Kurzschluß die andre Gruppe nicht ebenso stark in Mitleidenschaft zieht.

Die im 6 kV-Netz des Kraftwerkes auftretenden Kurzschlußströme werden infolge der hohen Eigenreaktanz der 12 500 kVA-Transformatoren sowie mittels der in den 6 kV-Doppelsammelschienen eingebauten Reaktanzspulen herabgesetzt. Diese Transformatoren und Sammelschienenreaktanzen haben je 10 vH Reaktanzspannung.

Die Kurzschlußleistung der 380 V-Anlage wird durch den Einbau von Reaktanzspulen in den Hauptabzweigen vermindert, Abb. 18. Außerdem wird der auf der 380 V-Seite auftretende Kurzschlußstrom dadurch herabgesetzt, daß die Transformatoren auf der Unterspannungsseite nicht parallel geschaltet werden. Um trotzdem größtmögliche Reserve beim Ausfallen eines Transformators zu haben, ist ein Ersatztransformator vorgesehen, der über eine Hilfsschiene auf jede einzeln arbeitende Transformatorengruppe geschaltet werden kann.

Einen weiteren Schutz gegen den Dauerkurzschlußstrom bieten die Stromregler *n*, Abb. 24. Sie sind als Zweiphasen-(Doppel-)Strombegrenzungsregler ausgeführt und haben den Zweck, die Maschinenströme über einen bestimmten, eingestellten Wert nicht anwachsen zu lassen. Die Regler arbeiten in Verbindung mit dem selbsttätigen Spannungsschnellregler *m* in der Weise, daß nach Überschreiten der Ansprechstromstärke die Tätigkeit der Spannungschnellregler aufgehoben wird und die Strombegrenzungsregler die Regelung der Erregerspannung übernehmen.

Für den Überstromschutz der außerhalb der Hauptstromerzeuger und -transformatoren liegenden Teile der Schaltanlage dienen unabhängige Überstrom-Zeitrelais *o*, deren Arbeitskontakte nur auf die Auslösung der Ölschalter wirken, damit die Stromerzeuger nicht unzweckmäßigerweise ihre Felderregung verlieren.

Eine für die Stromerzeuger der Vorwärmturbinen getroffene Sonderschaltung mittels unabhängiger Überstrom-Zeitrelais und Rückwattrelais dient dazu, für den Fall, daß ein Stromerzeuger sowohl auf das 30 kV-Netz, als auch auf die 6 kV-Eigenbedarfanlage arbeitet, eine augenblickliche Abtrennung des Transformators von den 6 kV-Sammelschienen bei Kurzschluß auf der 30 kV-Seite zu bewirken. Hierdurch wird eine längere Spannungssenkung am Stromerzeuger vermieden, die das Herausfallen der Nullspannungs- und Aulösemagnete der Eigenbedarfanlage zur Folge haben könnte.

Den wichtigsten Schutz gegen innere Schäden bildet bei Stromerzeugern der Erdschlußschutz, Abb. 24. Infolge der hier vorliegenden Trennung der Hauptstromerzeuger vom Netz beschränkt sich die 6 kV-Seite auf die Unterspannungsteile der Transformatoren, die Stromerzeuger selbst und die Verbindungsschienen und -kabel dazwischen. Der Erdschlußschutz der Stromerzeuger ist daher gleichzeitig ein solcher für den ganzen Anlagenteil mit Stromerzeugerspannung. Die Bedingungen für die Herstellung eines Erdschlußschutzes stellten sich infolgedessen als denkbar günstig dar und ergaben eine einfache Ausführung.

Der gemeinsame Nullpunkt der beiden Stromerzeuger eines Hauptmaschinensatzes ist über einen Widerstand *l* für 80 Ω und über einen Stromwandler *h* für 25/5 A geerdet. Ein hochempfindliches Stromrelais *t*, das bei 0,5 A bereits anspricht, im Anschluß an den Nullpunkt-Stromwandler *h*, schützt die Stromerzeuger und die Unterspannungsteile der Transformatoren bis zu 94 vH des Wicklungsumfanges. Die Erdung der Stromerzeuger hat vom Standpunkt des Überspannungsschutzes nur Vorteile. Bei einem Überschlag eines Transformators kann der Erdschlußreststrom der Hochspannungsseite gefahrlos abgeleitet werden. Allerdings muß die Isolation der Stromerzeuger der ersten anstürmenden Sprungwelle standgehalten haben, ehe dieser Schutz sich bemerkbar machen kann.

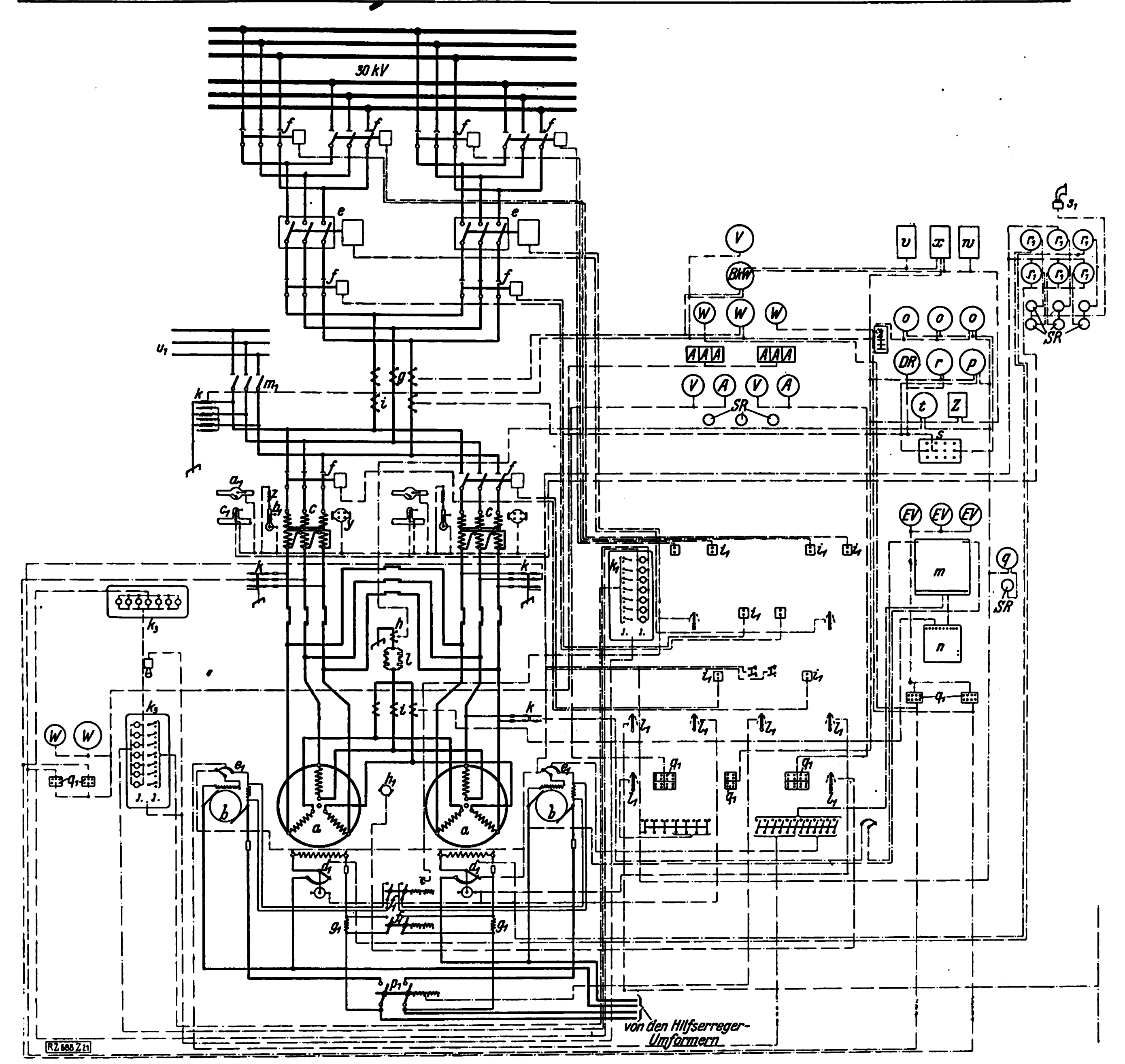


Abb. 24. Schaltbild der 88 000 kVA-Stromerzeuger

a Stromerzeuger
b Erregermaschine
c Transformator
d Reaktanzspulen (Abb. 25)
e Oelschalter mit Fernantrieb
f Trennschalter mit „
g Stromwandler
h Erdschlußstromwandler
i Differentialstromwandler
k Spannungswandler
l Erdungswiderstand
m Spannungsschnellregler System Tirrill
n Strombegrenzungsregler
o Unabhängiges Ueberstromzeitrelais
p Rückwattrelais
DR - Differentialrelais
q Zeitrelais
r Wattdifferentialrelais
s Hilfstransformator
t Erdschlußrelais

SR Signalrelais
A Strommesser
V Spannungsmesser
EV Erdschluß-Spannungsmesser
W Leistungsmesser
BkW Blindleistungsmesser
u Synchronoskop
Fr Frequenzmesser (Abb. 25)
v Selbstschreibender Strommesser (Abb. 25)
w „ Spannungsmesser
x „ Leistungsmesser (RW)
Z Zähler
y Buchholz-Relais
z Temperatur-Meßwiderstand für Oel-Kühlwasser
a_1 Rückschlagklappe
b_1 Kontaktthermometer im Transformator
c_1 Temperatur-Meßwiderstand in der Oelumlaufleitung
d_1 Magnetregler

e_1 Nebenschlußregler
f_1 Selbstschalter für Feldschwächung
g_1 Feldschwächungswiderstand
h_1 Drehzahlregler-Antrieb
i_1 Druckknopfsteuerschalter
k_1 Kommandoapparat in der Warte
k_2 Kommandoapparat in der Vorwärmanlage (Abb. 25)
k_3 Kommandoapparat im Maschinenhaus
l_1 Betätigungsschalter
m_1 Trennschalter mit Handantrieb
p_1 Erreger-Umschalter
q_1 Steckvorrichtung
r_1 Temperaturanzeiger mit Signalkontakt
s_1 Hupe
t_1 Erdschlußdrossel (Abb. 9)
u_1 Prüfsammelschienen
R Ueberstromrelais
ZwR Zwischenrelais
FR Fallklappenrelais

Die Empfindlichkeit des Erdschlußrelais *t* ist so gewählt, daß geringe Ströme, deren Ursache nachstehend angedeutet wird, im Erdungswiderstand fließen können, ohne zu einem Fehlabschalten des Relais zu führen. Bei Erdschluß im 30 kV-Netz tritt eine Spannungsverlagerung der Oberspannungswicklungen der Transformatoren ein. Über die Kapazität der Ober- und Unterspannungswicklungen der Transformatoren gegeneinander und über die Stromerzeugerseite und deren Erdungswiderstand oder über die Kapazität des Unterspannungsteiles gegen Erde schließt sich ein geringer Teil des kapazitiven Erdschlußstromes der Oberspannungsseite. Der Strom, der auf diese Weise im Erdungswiderstand zustande kommt, ist etwa von der Größenordnung 0,1 A, beträgt also 0,25 vH des Nennstromes des Widerstandes. Das Erdschlußstromrelais ist nun bei weitem nicht empfindlich genug, um bei diesem Stromfluß eine Fehlschaltung zu veranlassen. An dem Erdungswiderstand oder am Null-

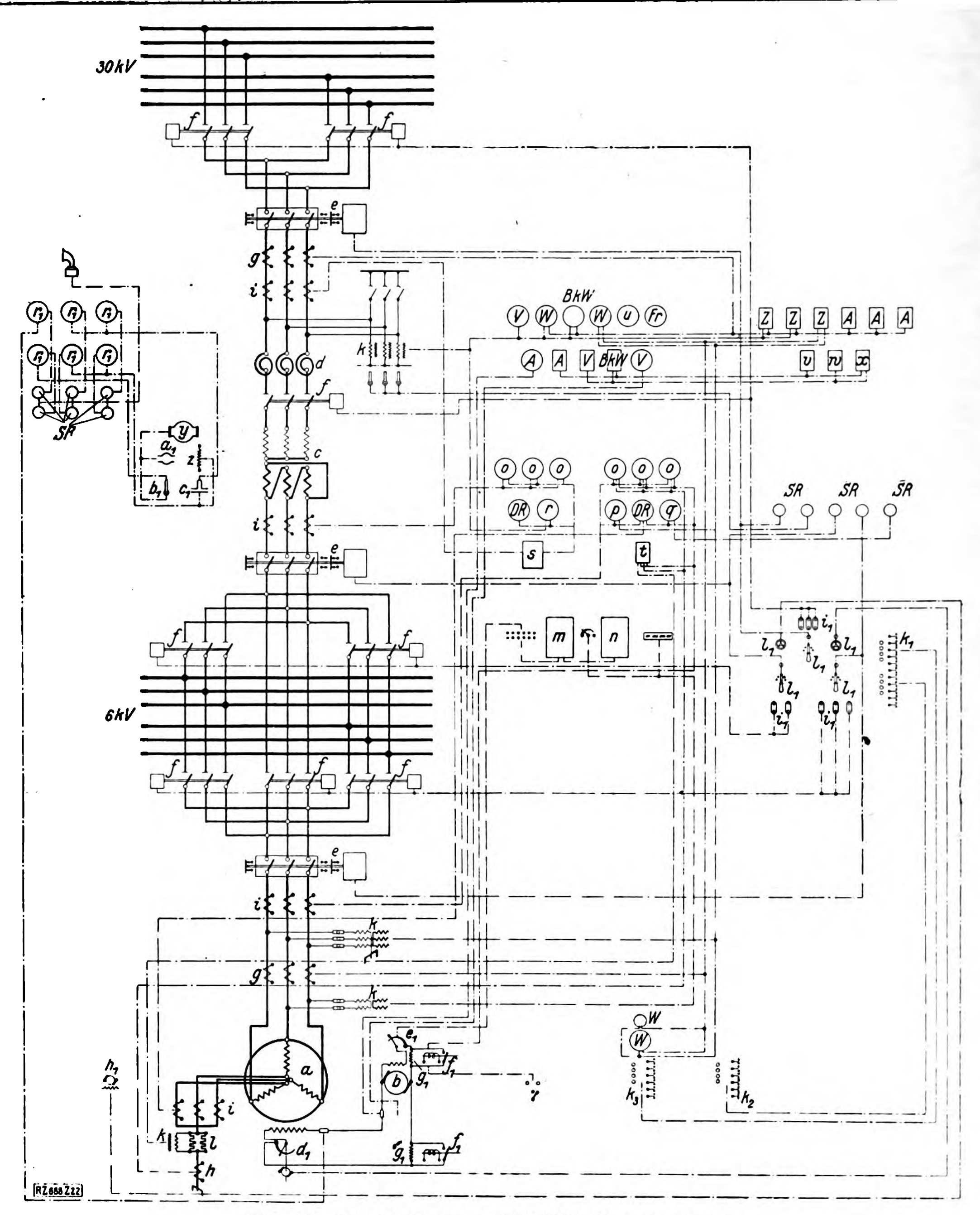


Abb 25. Schaltbild des 12 500 kVA-Stromerzeugers
(Zeichenerklärung siehe Abb. 24)

punkt der Stromerzeuger tritt dementsprechend auch nur eine Spannung von 0,25 vH der Phasenspannung auf.

Wäre der Erdschlußschutz ohne Widerstanderdung ausgeführt und statt dessen, wie es vielfach geschieht, nur durch einen Spannungswandler im Nullpunkt und ein Spannungsrelais hergestellt, so gestaltete sich die Sachlage bei Erdschluß im 30 kV-Netz anders. Der Spannungswandler würde den von der Oberspannungsseite übertragenen Kapazitätsstrom nicht abführen können. Dem Strom bliebe also nur der Weg über die Kapazität der Unterspannungsseite. Infolgedessen würde die Stromerzeugerseite eine Spannung annehmen, die das Spannungsrelais, wenn es empfindlich genug wäre, zum Fehlansprechen brächte. Auch dreifach- und mehrfachharmonische Ströme, die durch Oberwellen der Phasenspannung im Erdungswiderstand verursacht werden können, sind von so geringem Wert, daß der Erdschlußschutz davon unberührt bleibt.

Den Erdschlußschutz der Transformatoren bilden die Buchholzrelais y und bis zu einem gewissen Grad auch der nachstehend beschriebene Watt-Differentialschutz. Die Haupstromerzeuger und Transformatoren sind vom gemeinsamen Nullpunkt bis zur Zusammenfassung der 30 kV-Seiten der Transformatoren zum Zwecke der Zählung usw. mit einem Differentialschutz versehen. Das Kraftwerk Klingenberg ist daher eine der ersten Stellen, wo mit einem dreiphasigen Hilfstransformator s und einem dreiphasigen Differentialrelais DR ein zweifacher wattmetrischer Differentialschutz verbunden ist.

Die Schaltungen des Haupt- und Hilfstransformators sind grundsätzlich gleich ausgeführt, abgesehen von der Wicklung für die Differentialrelais, die noch auf den Hilfstransformator aufgebracht und an die das in Stern geschaltete dreiphasige Differentialrelais angeschlossen ist. Die Wicklungen des Hilfstransformators sind den Übersetzungsverhältnissen der Differentialstromwandler i auf der Ober- und Unterspannungsseite angepaßt, derart, daß bei ordnungsmäßigem Betrieb in der dritten Wicklung keine Spannung erzeugt wird. Erst in dem Augenblick, wo infolge eines Kurzschlusses zwischen den beiden Differentialwandlersätzen die Flüsse im

Hilfstransformator einen Unterschied ergeben, wird der dritten Wicklung eine Spannung aufgedrückt, die einen Strom im Differentialrelais zur Folge hat und es zur Auslösung bringt.

Der Differentialschutz allein stellt nur einen Grobschutz dar. Kleine Fehler im Transformator, wie beispielsweise Windungs- und Eisenschlüsse, werden durch das dem Differentialrelais beigegebene hochempfindliche Wattdifferentialrelais *r* erfaßt. Dieses Relais arbeitet mit einer nach Aron geschalteten Doppelwattmeter-Anordnung, mit der die Leistungen ober- und unterspannungseitig verglichen werden können. Infolgedessen zeigt das Relais im normalen Betrieb die Eisen- und Kupferverluste des Transformators an, die man an einem Zeiger ablesen kann, gestattet also die dauernde Überwachung des Transformators. Bei plötzlichem Ansteigen der Verluste gibt es Kontakt, infolgedessen laufen das Zeitrelais *q* und das Differentialrelais ab und der Fallkontakt wird betätigt. Um ganz sicher zu gehen und um neben dem Watt-Differentialrelais noch über einen Aushilfsschutz zu verfügen, ist jeder Transformator, wie bereits erwähnt, außerdem noch durch ein Buchholz-Relais *y* geschützt.

Bei Störungen innerhalb des Schutzbereiches, d. h. in dem Bereich zwischen Nullpunkt des Stromerzeugers und den Differential-Stromwandlern auf der 30 kV-Seite des Transformators muß die Erregung des Stromerzeugers sofort aufgehoben und der gesamte Maschinensatz abgeschaltet werden. Aus diesem Grunde arbeitet die Auslösung des Differentialrelais und des Erdschlußrelais auf den Selbstschalter für Feldschwächung f_1, der die Einschaltung je eines Widerstandes ϱ_1 in die Erregerkreise der Stromerzeuger wie auch in die Nebenschlußkreise der Erregermaschinen bewirkt. Ein Hilfskontakt am Feldschwächungs-Selbstschalter schaltet sodann die Ölschalter *e* ab. Die Spannung der Stromerzeuger sinkt in kurzer Zeit auf die Remanenzspannung, so daß die Ankerwicklung infolge Weiterarbeitens des Stromerzeugers auf die Fehlerstelle nicht mehr gefährdet ist. Schlimmstenfalls entstehende Brände werden durch Einblasen von Kohlensäure in die Frischluftkanäle zum Ersticken gebracht. Zum Betätigen der Kohlensäure-Löschvorrichtung dient ebenfalls das Differentialrelais.

Während die Schutzeinrichtungen der Hauptmaschinensätze die Stromerzeuger und Transformatoren als eine geschlossene Einheit umfassen, war es zweckmäßig, die Stromerzeuger der Vorwärmturbinen und ihre Transformatoren mit Rücksicht auf die Eigenbedarfanlage einzeln zu schützen. Die Schutzeinrichtungen der Vorwärmstromerzeuger unterscheiden sich in bezug auf den Erdschlußschutz grundsätzlich von denen der Hauptstromerzeuger. Der unmittelbare Anschluß der Eigenbedarfanlage an die Vorwärmmaschinen bedingt eine selektive Erdschlußschaltung, die bei den Hauptmaschinen bereits dadurch gegeben war, daß jeder Hauptstromerzeuger auf seinen zugehörigen Transformator arbeitet. Betrachtet man den Eigenbedarf als das Netz der Vorwärmstromerzeuger, so muß verhindert werden, daß ein Erdschluß in diesem Netz die Abschaltung der Stromerzeuger zur Folge hat. Aus diesem Grunde ist für die Vorwärmstromerzeuger eine besondere Schaltung, Abb. 25 und 26, entworfen worden.

Für etwaige Kurzschlüsse im Schutzbereich des Stromerzeugers ist wieder das normale Differentialrelais *DR* vorhanden. Das Erdschlußrelais *t* ist dagegen ein hochempfindliches Energierichtungsrelais, das bei etwa 0,002 A, bezogen auf die Phasenspannung, noch mit Sicherheit anspricht. Die Spannungsspule des Relais liegt an der Sekundärwicklung eines Einphasen-Spannungswandlers *k*, der im Nullpunkt des Stromerzeugers parallel zum Erdungswiderstand *l* angeordnet ist, während die Stromspule in der Unsymmetrieschaltung über den Nullpunkt des Differentialrelais an den Stromwandlersatz vor dem Stromerzeuger auf der Ölschalterseite angeschlossen ist.

Tritt ein Erdschluß im Stromerzeuger auf, so erscheint infolge der Verlagerung des Spannungsdreiecks

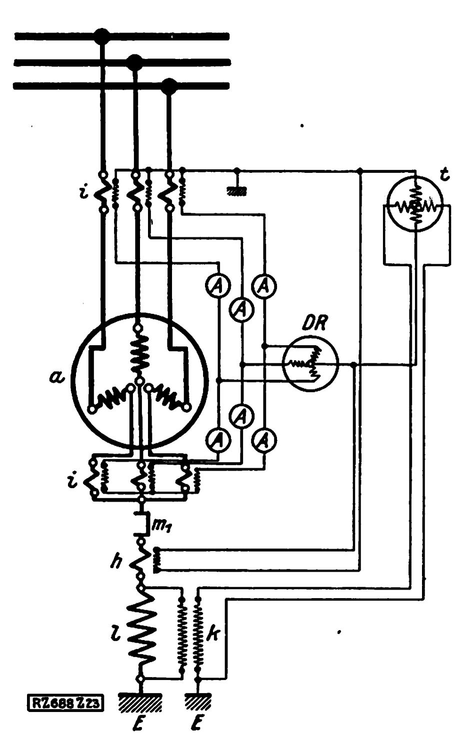


Abb. 26
Grundsätzliches Schaltbild des Erdschlußschutzes von Stromerzeugern. Zeichenerklärung s. Abb. 24.

eine Spannung im Nullpunkt, deren Größe durch die Lage des Erdschlusses im Stromerzeuger selbst bedingt ist. Diese Spannung hat einen Strom zur Folge, dessen Größe durch die Bemessung des Widerstandes festliegt. Die Nullpunkte der Vorwärmstromerzeuger sind über je einen Erdungswiderstand von 320 Ω geerdet, so daß bei voller Phasenspannung 10 A Nullpunktstrom zustande kommen. Unter dem Einfluß von Nullpunktstrom und -spannung wird dann ein Drehmoment auf die Drehscheibe des Erdschlußrelais ausgeübt, das entsprechend der Energierichtung die Scheibe rechts oder links herum antreibt.

Mit Rücksicht auf die hohe Empfindlichkeit des Erdschlußrelais haben wir bei den Vorwärmmaschinen die Grundschaltung für Falschstromausgleich angewandt. Sie besteht darin, daß man den Falschstrom unschädlich macht, der infolge der Ungleichheit der Übersetzungsverhältnisse der Differentialwandler zustande kommt und über die Stromspule des Erdschlußrelais fließt. Dieser Falschstrom kann jede beliebige Phasenlage annehmen und beim Auftreten einer Spannung im Nullpunkt, verursacht durch einen Erdschluß im Netz, unter Umständen eine Fehlschaltung des Relais veranlassen. Daher ist in der Erdleitung des Maschinennullpunktes ein Stromwandler angeordnet, dessen Übersetzungsverhältnis etwas größer ist als das der Differential-Stromwandler. Der nach den Sammelschienen zu liegende Wandlersatz, der mit dem Nullpunktwandler in Differentialschaltung zusammengeschlossen ist, schickt nun im Fall eines außerhalb des Schutzbereiches auftretenden Erdschlusses die sich aus dem Unterschied der Ströme ergebende Unsymmetriekomponente entgegen der Auslöserichtung durch die Stromspule des Erdschlußrelais und gleicht einen in Richtung der Auslösung wirkenden Falschstrom aus.

Die 12 500 kVA-Transformatoren der Vorwärmmaschinen haben die gleichen Einrichtungen wie die Haupttransformatoren, also Buchholzschutz und Differentialschutz.

Die von den 30 kV-Sammelschienen abgehenden Kabel sind durch Distanzrelais (Fernrelais, die bestimmte Streckenabschnitte überwachen), das 30 kV-Netz durch Petersen-Spulen geschützt. [B 688]

Wirtschaftlichkeit des Großkraftwerkes Klingenberg

Von R. Tröger, Berlin-Zehlendorf

Mit Hilfe der im ersten Abschnitt abgeleiteten allgemein gültigen Wirtschaftsgleichungen werden die Wärmeverluste der verschiedenen Teilbetriebe des Großkraftwerkes Klingenberg und daraus der betriebsmäßige Wärmeverbrauch des vollständigen Kraftwerkes in Abhängigkeit von dem Nutzungsgrad ermittelt. Den Schluß bilden eine Aufstellung über die spezifischen Anlagekosten und ein Vergleich der wirtschaftlichen Ergebnisse mit denen herkömmlicher Werke.

Rechnungsgrundlage

Grundsätzlich gilt für alle Wirtschaftsrechnungen von Erzeugungsstätten, also auch von Kraftwerken, die Beziehung: der Wert des den Betrieb verlassenden Erzeugnisses („Erzeugniswert") ist die Summe aus dem in dem Erzeugnis enthaltenen „Stoffwert" und den Werten, die zur Erzeugung aufzuwenden sind („Erzeugungswert").

Stoffwert bedeutet hierbei die in dem Erzeugnis enthaltene und nach dem Einkaufspreis bewertete Menge der Ausgangstoffe. Ihre Veredelung und Umformung im Lauf der Erzeugung bleibt also beim Stoffwert unberücksichtigt. Nur unter dieser Voraussetzung ist es möglich, einen alle Wirtschaftsvorgänge umfassenden Begriff des „Wirkungsgrades" abzuleiten und damit die zahlreichen Unklarheiten zu beseitigen, zu denen dieser aus der Technik entlehnte, umfassende Maßstab zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit geführt hat.

Bezeichnet

W_t den Wert des zur Zeit t hergestellten Erzeugnisses (Erzeugniswert),

W_{Mt} den in dem Erzeugnis W_t enthaltenen Stoffwert,

W_{At} den Wertaufwand bei der Erzeugung von W_t (Erzeugungswert),

so gilt:

$$W_t = W_{Mt} + W_{At} \quad \text{(1)}.$$

In der reinen Energiewirtschaft entsprechen: „Erzeugniswert" dem Energieaufwand, „Stoffwert" der Energiewirkung und „Erzeugungswert" dem Energieverlust.

Jede Wirtschaft verfolgt das Ziel, den Erzeugungswert W_{At} so niedrig wie möglich zu erhalten, ihn also im Idealfall vollkommen verschwinden zu lassen. Die Verhältniszahl aus Stoff- und Erzeugniswert bildet einen zweckmäßigen Maßstab für den Grad, bis zu dem dieser Idealzustand erreicht ist; sie stellt den „Wirkungsgrad" η_t des betrachteten Wirtschaftsvorganges dar. Aus Gl. (1) folgt demnach:

$$\eta_t = \frac{W_{Mt}}{W_t} = \frac{W_{Mt}}{W_{Mt} + W_{At}} \quad \text{(2)}.$$

Der Wirkungsgrad ist null, wenn $W_{Mt} = 0$, also in der Zeit t kein fertiges Erzeugnis geliefert wird. Mit zunehmender Lieferung oder „Leistung" W_{Mt} steigt η_t etwa bis zur Vollastgrenze, nach deren Überschreitung der Wirkungsgrad erfahrungsgemäß schnell zurückgeht. Daraus folgt: der Erzeugungswert W_{At} nimmt mit der Leistung nach einer Exponentialfunktion von W_{Mt} zu. Diese Beziehung läßt sich bei allen Wirtschaftsvorgängen hinreichend genau darstellen durch:

$$W_{At} = a + b\,W_{Mt} + c\,W_{Mt}^2 \quad \text{(3)};$$

a, b und c sind Festwerte, die das betreffende Erzeugungsverfahren kennzeichnen: a entspricht dem Wertaufwand (Verlust) für $W_{Mt} = 0$, also bei Leerlauf des Betriebes. Wir nennen:

a = Leer-Verlustzahl,
b = Last-Verlustzahl,
c = Lastquadrat-Verlustzahl.

Kennt man die Erzeugnis- oder Erzeugungswerte eines Betriebes für drei verschiedene Leistungen W_{Mt}, so sind damit alle drei Festwerte bestimmt.

Gl. (1) bis (3) setzen einen ununterbrochenen Verlauf der Erzeugung bei unveränderlicher Leistung voraus: sie gelten daher, streng genommen, nur für kurze Zeiten. Um den Wert W der Erzeugnisse in einer beliebigen Zeit $\Delta t = t_1 - t_0$ zu bestimmen, muß man Gl. (1) nach der Zeit integrieren.

Wenn nichts andres bemerkt ist, rechnen wir die Zeit stets von $t_0 = 0$ bis $t_1 = 1$. Im Sonderfall sind daher die Ergebnisse noch mit der wirklichen Zeitdauer zu multiplizieren. Aus Gl. (1) und (3) folgt:

$$W = \int_0^1 W_{Mt}\,dt + a\int_0^1 dt + b\int_0^1 W_{Mt}\,dt + c\int_0^1 W_{Mt}^2\,dt \quad \text{(4)}.$$

Die Abhängigkeit der Leistung von der Zeit läßt sich allgemein annähernd bestimmen, wenn man die Werte des zeitlich aufgetragenen Lastverlaufes nach ihrer Größe ordnet, wodurch bekanntlich das Ergebnis der Integration nicht verändert wird, und folgende die Betriebsart kennzeichnende Größen als Unveränderliche der Gleichung annimmt:

W_{Mv} = Volleistung des Betriebes,

W_{Ms} = Spitzenwert der Leistung während der Zeitdauer Δt,

$$m_v = \frac{W_{Ms}}{W_{Mv}} = \text{Spitzengrad} = \frac{\text{Spitzenwert der Leistung während der Zeit } \Delta t}{\text{Volleistung}}$$

$$m = \text{Leistungsgrad oder Lastgrad} = \frac{\text{Durchschnittsleistung während der Zeit } \Delta t}{\text{Spitzenleistung } W_{Ms}}$$

$$\mu = m_v\,m = \text{Nutzungsgrad} = \frac{\text{Durchschnittsleistung während der Zeit } \Delta t}{\text{Vollastleistung } W_{Mv}}$$

$$m_g = \text{Ungleichförmigkeitsgrad der Leistung} = \frac{\text{Mindestleistung während der Zeit } \Delta t}{\text{Spitzenleistung } W_{Ms}}$$

Die Näherungsgleichung lautet dann:

$$W_{Mt} = m_v\,W_{Mv}\left[m_g + (1 - m_g)\,t^{\frac{1-m}{m-m_g}}\right] \quad \text{(5)}.$$

Diese Gleichung genügt der Begriffsbestimmung des Lastgrades, nämlich:

$$m = \frac{1}{m_v\,W_{Mv}}\int_0^1 W_{Mt}\,dt \quad \text{(6)}.$$

Der Ungleichförmigkeitsgrad m_g beeinflußt lediglich das quadratische Glied von Gl. (4); der Gesamtwert dieses Gliedes ist meist nur ein Bruchteil von jenem der übrigen Glieder dieser Gleichung (bei den Wirtschaftsrechnungen von Kraftbetrieben verschwindet er praktisch, wie später gezeigt wird); es ist daher ohne erheblichen Fehler zulässig, in Gl. (5) $m_g = 0$ zu setzen, also:

$$W_{Mt} = m_v\,W_{Mv}\,t^{\frac{1-m}{m}} \quad \text{(7)}.$$

Damit erhält man als Lösung von Gl. (4)

$$W = \mu\,W_{Mv} + \left[a + b\,\mu\,W_{Mv} + c\,\frac{\mu\,m_v}{2-m}\,W_{Mv}^2\right] \quad \text{(8)}.$$

Daraus folgt als der **spezifische Erzeugniswert** w, d. i. der durchschnittliche Wert für die Einheit der während des Zeitabschnittes $t_0 = 0$ bis $t_1 = 1$ hergestellten Erzeugnisse:

$$w = \frac{W}{\mu\,W_{Mv}} = 1 + \left[\frac{\alpha}{\mu} + b + \gamma\,\frac{m_v}{2-m}\right] \quad \text{(9)},$$

wenn

$$\left.\begin{aligned} \alpha &= \frac{a}{W_{Mv}} \\ \gamma &= c\,W_{Mv} \end{aligned}\right\} \quad \text{(10)},$$

ferner als **spezifischer Erzeugungswert** oder spezifischer Verlust w_A, d. i. der durchschnittliche Ver-



lust für die Einheit der während des Zeitabschnitts $t_0 = 0$ bis $t_1 = 1$ hergestellten Erzeugnisse:

$$w_A = \frac{a}{\mu} + b + \gamma \frac{m_v}{2 - m} \quad \ldots\ldots\ldots (11)$$

und als Wirkungsgrad der während des Zeitabschnitts $t_0 = 0$ bis $t_1 = 1$ geleisteten Arbeit

$$\eta = \frac{1}{w} = \frac{1}{1 + \left[\frac{a}{\mu} + b + \gamma \frac{m_v}{2 - m}\right]} \quad \ldots\ldots (12).$$

Zusammengesetzter Betrieb

Hat das Erzeugnis, wie z. B. die elektrische Arbeit, bei der Herstellung mehrere aufeinanderfolgende Arbeitsvorgänge zu durchlaufen, so sind die Wirtschaftsgleichungen für jeden Teilvorgang besonders zu bestimmen. Ihr Produkt ergibt dann den Erzeugniswert w_Σ des Gesamtbetriebes:

$$w_\Sigma = w_1\, w_2 \cdots w_n \quad \ldots\ldots\ldots (13).$$

Um aus Gl. (13) einen beliebigen Augenblickswert w_{Σ_t} des Erzeugnisses zu bestimmen, hat man w_Σ mit dem betreffenden Nutzungsgrad μ_1 zu multiplizieren und $m_1 = m_2 \ldots m_n = 1$ zu setzen; demnach

$$w_{\Sigma_t} = (m_{v1} + a_1 + b_1\, m_{v1} + \gamma_1\, m_{v1}^2) \left(1 + \frac{a_1}{m_{v2}} + b_2 + \gamma_2\, m_{v2}\right) \cdots \left(1 + \frac{a_n}{m_{v_n}} + b_n + \gamma_n\, m_{v_n}\right) \quad \ldots\ldots (14).$$

Die Abhängigkeit der Spitzen-, Last- und Nutzungsgrade m_v, m, μ voneinander kann man rechnerisch nur dann erfassen, wenn sämtliche Betriebe gleichmäßig durcharbeiten und an keiner Stelle größere Vorräte gestapelt werden. Bei dieser in jedem neuzeitlichen Betrieb angestrebten und in der Energiewirtschaft fast restlos durchgeführten Arbeitsweise folgt aus der Gleichheit der abgegebenen und aufgenommenen Werte zweier aufeinanderfolgender Teilbetriebe:

$$\left.\begin{aligned} m_1\, w_1 &= m_2\, w_{s1} \\ m_2\, w_2 &= m_3\, w_{s2} \\ &\ldots\ldots\ldots \\ &\ldots\ldots\ldots \\ m_{n-1}\, w_{n-1} &= m_n\, w_{s(n-1)} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots (15);$$

$w_{s\,1,2\ldots(n-1)}$ = dem vom Teilbetrieb 1, 2, ..., $(n-1)$ bei Spitzenlast $m_{1,2,\ldots(n-1)} = 1$ aufgenommenen oder vom Teilbetrieb 2, 3, ..., n bei Spitzenlast abgegebenen Wert.

Die Werte $w_{1,2\ldots(n-1)}$ und $w_{s\,1,2,3\ldots(n-1)}$ sind aus Gl. (9) zu bestimmen; man erhält demnach als allgemeine Gleichung für die gegenseitige Abhängigkeit der Teillastgrade:

$$m_n = m_{n-1} \frac{1 + \left[\frac{a_{n-1}}{\mu_{n-1}} + b_{n-1} + \gamma_{n-1} \cdot \frac{m_{v(n-1)}}{2 - m_{n-1}}\right]}{1 + \left[\frac{a_{n-1}}{m_{v(n-1)}} + b_{n-1} + \gamma_{n-1}\, m_{v(n-1)}\right]} \quad (16).$$

Unter der weiteren, durchweg zutreffenden Annahme, daß die Maschinen in den Teilbetrieben zu gleicher Zeit vollbelastet laufen, gilt ähnlich Gl. (15) für die Spitzengrade m_v:

$$\left.\begin{aligned} m_{v_1}\, w_{s_1} &= m_{v_2}\, w_{v_1} \\ m_{v_2}\, w_{s_2} &= m_{v_3}\, w_{v_2} \\ &\ldots\ldots\ldots \\ m_{v(n-1)}\, w_{s(n-1)} &= m_{vn}\, w_{v(n-1)} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots (17)$$

$w_{v\,1,2,3\ldots(n-1)}$ = dem vom Teilbetrieb 1, 2, ..., $(n-1)$ bei Vollast $(\mu_{1,2,3\ldots n} = 1)$ aufgenommenen oder vom Teilbetrieb 2, 3, ..., n bei Vollast abgegebenen Wert.

Demnach folgt aus Gl. (9) und (17):

$$m_{vn} = m_{v(n-1)} \frac{1 + \left[\frac{a_{n-1}}{m_{v(n-1)}} + b_{n-1} + \gamma_{n-1}\, m_{v(n-1)}\right]}{1 + [a_{n-1} + b_{n-1} + \gamma_{n-1}]} \quad (18)$$

und aus Gl. (16) und (18):

$$\mu_n = m_n\, m_{vn} = \mu_{n-1} \frac{1 + \left[\frac{a_{n-1}}{\mu_{n-1}} + b_{n-1} + \gamma_{n-1} \frac{m_{v(n-1)}}{2 - m_{n-1}}\right]}{1 + [a_{n-1} + b_{n-1} + \gamma_{n-1}]} \quad (19).$$

Ist $\gamma_{1,2,3\ldots(n-1)} = 0$ oder vernachlässigbar klein, so erhält man aus Gl. (19):

$$\mu_n = \frac{(1 + b_{n-1})\, \mu_{n-1} + a_{n-1}}{(1 + b_{n-1}) + a_{n-1}} \quad \ldots\ldots (20).$$

Sämtliche Rechnungsgrößen der Wirtschaftsgleichungen (9) bis (20) sind dimensionslose Verhältnis- (Vergleichs-) Werte; der Wertmaßstab kann beliebig gewählt werden; die Gleichungen gelten daher allgemein und für wirtschaftliche Untersuchungen jeglicher Art, insbesondere auch für zusammengesetzte Betriebe, bei denen das Erzeugnis eine Reihe von Arbeitsvorgängen mit den verschiedensten Wertmaßstäben zu durchlaufen hat.

Anwendung auf das Großkraftwerk Klingenberg

Den „Stoffwert" eines Kraftwerkbetriebes bildet die an das Netz abgegebene elektrische Arbeit in kWh. Der „Erzeugungswert" (Verlust) setzt sich zusammen aus den Aufwendungen, die erforderlich sind, um die angelieferte Kohle in elektrische Arbeit umzusetzen, mit Ausnahme des der nutzbar abgegebenen Arbeit gleichwertigen Teiles der Kohle. Man unterscheidet zweckmäßig folgende Arten von Aufwendungen:

a) Kohle,
b) Betriebstoffe: Öl, Wasser, Werkstattstoffe usw.,
c) Löhne und Gehälter,
d) Kapitaldienst: Zinsen, Abschreibungen, Erneuerungen.

Die vorliegende Arbeit behandelt lediglich den wärmewirtschaftlichen Teil des Betriebes, also die Bestimmung des an erster Stelle aufgeführten Kohlenaufwandes. Am Schluß sind noch die Anlagekosten zusammengestellt, die die Grundlage des Kapitaldienstes bilden.

Wärmewirtschaftlicher Teil

Nach dem heutigen Stande der physikalischen Erkenntnis ist die Arbeit identisch mit der Bewegung der an dem Arbeitsvorgang beteiligten Masse. Der Satz von der Erhaltung der Arbeit gilt daher unverändert für die Bewegung. Wenn durch Kohle Bewegung „erzeugt" werden kann, so muß schon die unverbrannte Kohle eine mindestens gleichwertige Bewegung ausführen, obwohl sie sich scheinbar in Ruhe befindet. Die Bewegung der Kohle geschieht in einer Form, die bei der Unvollkommenheit unserer Sinne nicht unmittelbar wahrgenommen wird Arbeit „leisten" oder „erzeugen" bedeutet somit lediglich, eine vorhandene Bewegung einer Masse in eine gleichwertige, jedoch verschieden geartete Bewegung derselben oder einer andern Masse umzuformen.

Die Technik ist heute noch nicht im Stande, die Eigenbewegung der Kohle unmittelbar in elektrische Bewegung zu verwandeln; sie muß sie zu diesem Zweck mindestens viermal „umformen". Hierzu ist eine Reihe von Teilbetrieben nötig, deren Wärmegleichungen man einzeln bestimmen muß, um die Wirtschaftlichkeit des vollständigen Arbeitsvorganges zu erfassen.

Für die Untersuchung erweist es sich als zweckmäßig, das Kraftwerk in folgende Teilbetriebe zu gliedern:

1. Eigenverbrauchsanlagen mit elektrischem Antrieb,
2. Maschinenanlage (Turbodynamos und Vorwärmung),
3. Anlagen zur Übertragung der Wärme (Dampf- und Warmwasserleitungen),
4. Kesselanlage,
5. Kohlenaufbereitung.

Eigenverbrauchsanlagen mit elektrischem Antrieb

Im Kraftwerk Klingenberg werden alle Hilfsanlagen elektrisch angetrieben. Die Energie wird den 6 kV-Hilfssammelschienen der Vorwärm-Stromerzeuger entnommen.

Für die Hilfsantriebe erster Ordnung, d. s. im wesentlichen die Pumpen der Kondensation und der Kesselspeisung, stehen Dampfreserven zur Verfügung, die jedoch nur im Notfall oder beim Hochfahren der Anlage laufen und infolgedessen die Wärmewirtschaft praktisch nicht beeinflussen. Obwohl z. B. die Arbeit der Kühlwasserpumpen oder der Saugzugmotoren Verluste der Turbodynamos oder der Kesselanlage darstellen, ist es rechnerisch einfacher, alle elektrischen Hilfsantriebe, wie oben angegeben, zu einem besonderen Betrieb zusammenzufassen. In Zahlentafel 1 ist der Eigenverbrauch so geordnet, daß er erforderlichenfalls auf die verschiedenen Teile der Einrichtung verrechnet werden kann.

Der Eigenverbrauch steigt annähernd linear mit der Belastung des Kraftwerkes. Unter dieser Annahme ($c = 0$) folgt aus Gl. (8) der Eigenverbrauch bei Vollast ($\mu_1 = 1$):

$$W_{v_1} = W_{Mv_1} + [a_1 + b_1 W_{Mv_1}] \quad (21)$$

Zahlentafel 1
Elektrischer Eigenverbrauch des Kraftwerkes Klingenberg bei Leerlauf und bei Vollast

Nr.	Abnahmestelle	Eigenverbrauch bei Betrieb mit					
		1 Maschinengruppe		2 Maschinengruppen		3 Maschinengruppen	
		unbelastet	voll belast. (90000 kW)	unbelastet	voll belast. (180000 kW)	unbelastet	voll belast. (270000 kW)
		kW	kW	kW	kW	kW	kW
1	Maschinenanlage: Kühlwasser- und Kondensatpumpen, Siebrechenanlage, Rückkühlung der Stromerzeuger	700	880	1 400	1 7[illegible]0	2 100	2 640
2	Kesselanlage: Speisewasserpumpen einschl. Zusatzpumpen der Vorwärmung . . .	500	750	950	1 400	1 400	2 100
	Gleichstromumformer .	200	660	360	1 200	450	1 550
3	Kohlenaufbereitung: Mühlen, Trockner, Förderschnecken, Filter, Kompressor, Staubförderung	350	1 000	500	1 500	700	2 000
4	Kohlenförderanlage . . .	150	350	200	500	300	700
5	Beleuchtung	190	190	240	240	290	290
6	Heizung (Winter)	110	110	130	130	150	150
7	Gebrauchswasserpumpen	15	20	25	30	30	40
8	Verschiedenes	70	140	80	160	90	180
9	zusammen	2 285	4 100	3 885	6 920	5 510	9 650

Die Zahlenwerte dieser Gleichung ergeben sich aus Zahlentafel 1; sie sind in Zahlentafel 2 zusammen mit den Wirtschaftsgleichungen eingetragen.

Maschinenanlage

Die Ergebnisse der Abnahmeversuche an den Hauptturbinen zeigen zwischen Voll- und Viertellast eine fast genaue lineare Abhängigkeit des Dampfverbrauches von der Belastung. Da praktisch nur dieser Lastbereich interessiert, darf in Gl. (8) $c = 0$ gesetzt werden. Mit einem Zuschlag von rd. 5 vH auf die Versuchswerte zur Berücksichtigung der unvermeidlichen Unregelmäßigkeiten des praktischen Betriebes (Schwankungen des Dampfdrucks, der Überhitzung, der Luftleere, der Schaufelabnutzung usw.) ist der Dampfverbrauch einer Hauptmaschine Q_D zwischen Viertel- und Vollast einschließlich Erregung

$$Q_D = 10\,300 + 3{,}84\, \mu_2\, W'_{Mv_2} \text{(kg)} \; . \; . \; . \; . \; . \quad (23);$$

W'_{Mv_2} = Klemmleistung einer Hauptturbodynamo bei Vollast.

Den Zustandswerten des Turbinendampfes: 33 at abs, 400° bei 25° Endtemperatur entspricht ein Wärmegefälle von 746 kcal/kg und ein elektrisches Gefälle von 746/860 = 0,868 kWh/kg. Demnach erhält man aus Gl. (8) und (23)

$$W'_{*} = \mu_2\, W'_{Mv_2} + \left[8940 + 2{,}33\, \mu_2\, W'_{Mv_2}\right] \; . \; . \; . \quad (24)$$

und ferner, da $W'_{Mv_2} = 80\,000$ (kW):

$$a_2' = \frac{8\,940}{80\,000} = 0{,}112, \qquad b_2' = 2{,}33.$$

Die Wirtschaftsgleichung der Hauptturbine lautet daher:

$$w_2' = 1 + \left[\frac{0{,}112}{\mu_2} + 2{,}33\right] \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (25).$$

Der Vollastwirkungsgrad beträgt:

$$\eta'_{v_2} = \frac{100}{1 + (0{,}112 + 2{,}33)} = 29{,}1 \text{ vH}.$$

Die Vorwärmturbinen arbeiten in der Regel als Abdampfturbinen mit einer Anzapfstufe. Anzapf- und Abdampf dienen zur Vorwärmung des Speisewassers; das thermodynamisch unbenutzte Wärmegefälle des Dampfstromes der Vorwärmturbinen kommt also dem Kreislauf bis auf folgende Verluste zugute:

Verluste, bezogen auf Vollast-Klemmenleistung

Verlustart		Leer-Verlust vH	Last-Verlust vH	Lastquadrat-Verlust vH
mechanisch	rd.	1,5	—	—
Wärmeableitung	„	0,5	—	—
elektrisch	„	2,8	—	2,4
Summe	rd.	4,8	—	2,4

Zahlentafel 2
Eigenverbrauchsgleichungen

	Betrieb mit 1 Maschinengruppe	2 Maschinengruppen	3 Maschinengruppen
Klemmenleistung W_{v_1} . . . . kW	90 000	180 000	270 000
Nutzbare Leistung W_{Mv_1} . . . „	85 900	173 800	260 350
Festwert a_1 . . . . . . „	2 285	3 885	5 510
„ $b_1\, W_{Mv_1}$ . . . . . . „	1 815	3 035	4 140
$a_1 = \frac{a_1}{W_{Mv_1}}$	0,0266	0,0222	0,0212
$b_1 = \frac{b_1\, W_{Mv_1}}{W_{Mv_1}}$	0,0211	0,0175	0,0159
w_1 aus Gl. (9)	$1 + \left[\frac{0{,}0266}{\mu_1} + 0{,}0211\right]$ (Gl. 22a)	$1 + \left[\frac{0{,}0222}{\mu_1} + 0{,}0175\right]$ (Gl. 22b)	$1 + \left[\frac{0{,}0212}{\mu_1} + 0{,}0159\right]$ (Gl. 22c)
Vollastwirkungsgrad η_{v_1} aus Gl. (12)	0,955	0,962	0,964

Die Stopfbüchsenverluste werden später bei dem Zusatzwasser berücksichtigt.

Demnach sind die Festwerte:

$a_2'' = 0{,}048,$
$b_2'' = 0,$
$\gamma_2'' = 0{,}024;$

die Wirtschaftsgleichung der Vorwärmmaschinen ist

$$w_2'' = 1 + \left[\frac{0{,}048}{\mu_2} + 0{,}024\,\frac{m_{v_2}}{2-m_2}\right] \quad \ldots\ldots (26)$$

und der Vollastwirkungsgrad

$$\eta_{v_2}'' = \frac{100}{1+[0{,}048+0{,}024]} = 93{,}3 \text{ vH.}$$

Da sich das Verhältnis der thermodynamischen Wirkungsgrade der Haupt- und Vorwärmturbinen zwischen Voll- und Viertellast nur wenig ändert und da beide mit festem Dampfgefäll arbeiten (Anzapfdampf und Abdampf der Vorwärmturbine werden auf gleichbleibenden Druck geregelt), so muß auch das Leistungsverhältnis beider Maschinen annähernd gleich bleiben. Die Abweichungen vom Mittelwert liegen unter 5 vH. Das Leistungsverhältnis beträgt zwischen Voll- und Viertellast im Mittel 12,6 vH.

Bei der Einheit der Klemmenleistung des vereinigten Maschinensatzes betragen demnach die aus Gl. (25) und (26) berechneten Wertanteile:

der Hauptturbine:

$$0{,}888\, w_2' = 0{,}888 + 0{,}0995\,\frac{1}{\mu_2} + 2{,}069,$$

der Vorwärmturbine:

$$0{,}122\, w_2'' = 0{,}122 + 0{,}0059\,\frac{1}{\mu_2} + 0{,}0029\,\frac{m_{v_2}}{2-m_2}.$$

Daraus folgt als Wirtschaftsgleichung der Maschinengruppe:

$$w_2 = 1 + \left[\frac{0{,}1054}{\mu_2} + 2{,}069 + 0{,}0029\,\frac{m_{v_2}}{2-m_2}\right] \quad . \; . \; (27)$$

oder unter Vernachlässigung des quadratischen Verlustgliedes in der Klammer, das nur den Bruchteil von 1 vH des Gesamtverlustes ausmacht, abgerundet:

$$w_2 = 1 + \left[\frac{0{,}105}{\mu_2} + 2{,}075\right] \quad \ldots\ldots (28).$$

Der Vollastwirkungsgrad ist dann:

$$\eta_{v_2} = \frac{100}{1+[0{,}105+2{,}075]} = 31{,}5 \text{ vH.}$$

In Zahlentafel 3 sind die aus Gl. (25) für verschiedene Belastungen berechneten Wirkungsgrade der Hauptturbinen denen der vereinigten Maschinengruppe gegenübergestellt.

Zahlentafel 3

Verbesserung des Maschinenwirkungsgrades durch die Vorwärmung

Belastung der Maschinengruppe	Thermischer Wirkungsgrad Hauptmaschine vH	Thermischer Wirkungsgrad Maschinengruppe vH	Wirkungsgradverbesserung vH
Vollast = 90 000 kW	29,10	31,54	8,39
$^3/_4$ Last = 67 500 „	28,80	31,21	8,37
$^1/_2$ Last = 45 000 „	28,19	30,54	8,35
$^1/_4$ Last = 22 500 „	26,50	28,70	8,31

Der wirkliche Gewinn durch Vorwärmung ist geringer, da die zugehörige Vorwärmanlage, wenn auch nur geringe, zusätzliche Verluste hervorruft, die in dem folgenden Abschnitt berücksichtigt sind.

Aus Gl. (20) folgt $\mu_2 = \dfrac{(1+b_1)\,\mu_1 + a_1}{(1+b_1)+a_1}$.

Setzt man die Werte für a_1 und b_1 aus Zahlentafel 2 ein, so erhält man bei Betrieb mit

$$\left.\begin{array}{ll} \text{einer Maschinengruppe} & \mu_2 = 0{,}9750\,\mu_1 + 0{,}0250 \\ \text{zwei Maschinengruppen} & \mu_2 = 0{,}9786\,\mu_1 + 0{,}0214 \\ \text{drei} \quad\quad „ & \mu_2 = 0{,}9795\,\mu_1 + 0{,}0205 \end{array}\right\} (29).$$

Anlagen zur Übertragung der Wärmearbeit
(Dampf- und Wasserleitungen)

Die Aufwendungen oder Verluste bei Fortleitung der Wärmearbeit durch die Rohrleitungen mittels Dampf und Warmwasser teilt man zweckmäßig in drei Arten:

a) Verluste durch Wärmeableitung in die Außenluft,
b) Verluste durch Strömung in den Leitungen,
c) Verluste durch Undichtheiten der Leitungen.

Werden die Verluste getrennt bestimmt, so lautet Wirtschaftsgleichung (9):

$$w_3 = 1 + [w_{Aa} + w_{Ab} + w_{Ac}]$$
$$= 1 + \left[\frac{a_a + a_b + a_c}{\mu_3} + (b_a + b_b + b_c) + (\gamma_a + \gamma_b + \gamma_c)\,\frac{m_{v_3}}{2-m_3}\right] \quad (30).$$

Um die Übertragungsverluste in dieser allgemeinen Form zu erfassen, muß man Näherungsannahmen machen. Die hierdurch bedingten Ungenauigkeiten, die auf höchstens ± 15 vH geschätzt werden, beeinflussen das Endergebnis wenig, da alle Übertragungsverluste zusammen nur einen geringen Teil der übrigen Verluste im Kraftwerk bilden.

Wir setzen voraus, daß für den Betrieb einer Maschinengruppe jeweils ⅓ der gesamten Rohrleitungsanlage nötig ist, und daß infolgedessen die für das vollständige Kraftwerk (drei Maschinengruppen) berechneten Festwerte in Gl. (30) auch bei Betrieb mit einer oder zwei Maschinengruppen unverändert gelten.

Im Wärmemaßstab beträgt die nutzbare Energieabgabe (Erzeugniswert) der Leitungen bei Vollast:

$$W_{Mv_3} = 860\,\frac{W_{Mv_1}}{\eta_{v_1}\,\eta_{v_2}} \text{ kcal/h}$$

Nach Zahlentafel 2 ist für Betrieb mit drei Maschinengruppen

$W_{Mv_1} = 260\,350$ kW,
$\eta_{v_1} = 0{,}964,$
$\eta_{v_2} = 0{,}315,$

mithin

$$W_{Mv_3} = 738 \cdot 10^6 \text{ kcal/h.}$$

Vernachlässigt man die Schwankungen der Unterschiede zwischen Innen- und Außentemperatur der Leitungen, so ist die stündliche Wärmeableitung unveränderlich, demnach sind b und γ in Gl. (11) null und

$$w_{Aa} = \frac{a_a}{\mu_3}.$$

Nach den ausgeführten Messungen betragen die Wärmeableitzahlen des Kraftwerkes, bezogen auf die metallische Rohroberfläche einschließlich eines Sicherheitszuschlages für unisolierte Teile

für Frischdampfleitungen mit Zubehör
rd. 0,44 kcal/m² °C h,
für Leitungen der Vorwärmanlage mit Zubehör
rd. 0,61 kcal/m² °C h.

Aus der Rohroberfläche der Gesamtanlage und dem Temperaturgefälle zwischen Rohr und Luft ergeben sich folgende Ableitungsverluste:

	Rohroberfläche m²	Temperaturgefälle °C	Isolationsverluste (a in Gl. 10) kcal/h
Frischdampfleitungen	2750	rd. 385	0,466.10⁶
Vorwärmleitungen .	2800	„ 115	0,197.10⁶
	5550		0,663.10⁶

daraus folgt

$$w_{Aa} = \frac{0{,}663 \cdot 10^6}{738 \cdot 10^6\,\mu_3} = \frac{0{,}9 \cdot 10^{-3}}{\mu_3} \quad \ldots\ldots (31).$$

Als Strömungsverluste in den Rohrleitungen kommen drei Arten, nämlich die Verluste für Wasser, für Kohlenstaub-Luftgemisch und für Dampf (Frischdampf, Abdampf und Anzapfdampf) in Frage.

Zum Fortbewegen der ersten beiden Mittel dienen besondere elektrisch angetriebene Pumpen; ihre Strömungsverluste sind daher im elektrischen Eigenverbrauch (Zahlentafel 1) bereits berücksichtigt. Die Verluste in den Rohrleitungen für den Anzapf- und Abdampf der Vorwärmturbinen sind infolge der kleinen Stromgeschwindigkeiten und kurzen Leitungen bedeutungslos und werden vernachlässigt.

Die Stromverluste in den Frischdampfleitungen hängen teilweise von der Schaltung des Rohrnetzes ab, s. S. 1882, Abb. 9 bis 11. Die Leitungen sind so bemessen, daß die Strömgeschwindigkeit bei der üblichen Schaltung unter Vollast der Turbinen am Anfang der Leitung rd. 80 m/s, und der Spannungsabfall bis zum Ende der Leitung rd. 2 at, d. s. knapp 6 vH, beträgt. Werden diese Werte zugrunde gelegt, so sind die durch den Dampfstrom hervorgerufenen Änderungen der ohnehin geringen Isolationsverluste Gl. (28) bedeutungslos; die Strömungsvorgänge vollziehen sich daher praktisch ohne Wärmeaustausch zwischen Strommittel und Umgebung der Rohrleitungen.

Daraus folgt: die Gesamtbewegung der im Dampfstrom enthaltenen Masse, d. h. die Summe aus sichtbarer und unsichtbarer (Wärme-) Bewegung, bleibt während des Strömens unverändert. Wie der Spannungsabfall und die damit zusammenhängende Volumenvergrößerung in der Leitung beweisen, führt die Reibung der Dampfteilchen aneinander und an der Rohrwandung dazu, die sichtbare Bewegung des Dampfes auf Kosten der unsichtbaren (Wärmebewegung) zu vergrößern. Der in der Strömrichtung beschleunigte Teil der sichtbaren Strombewegung kommt der Turbine zugute; dieser Einfluß der Reibung bedeutet somit keinen Verlust.

Der übrige, turbulente oder gegen den Strom gerichtete Teil der Zunahme der sichtbaren Bewegung wird fortlaufend in unsichtbare Bewegung (Wärme) zurückverwandelt; diese Umwandlung: molekulare in sichtbare und zurück in molekulare Bewegung, läßt sich nicht beliebig wiederholen; wird der Strom anderweitig nicht beeinflußt, so wird erfahrungsgemäß der aus der molekularen in sichtbare Bewegung umwandelbare Teil mit jedem Kreislauf kleiner; daher nimmt in längeren Leitungen trotz ununterbrochener Erzeugung turbulenter Bewegung die Gesamtturbulenz nicht zu, sondern es vermehrt sich nur die Wärmebewegung um einen dem Totlaufen der Turbulenzbewegung gleichwertigen Betrag. Um genau ebenso viel wird der zur Erzeugung von sichtbarer (mechanischer) Bewegung verwendbare Teil des in die Turbine einströmenden Dampfes verringert; das ist daher der eigentliche Strömungsverlust der Frischdampfleitungen.

Da sich die Gesamtturbulenz des Stromes, wie eben gezeigt, praktisch nicht ändert, so kann man den Strömungsverlust an der Hand der Entropietafel aus den Zustandswerten des Dampfes am Anfang der Leitung und im Kondensator und aus dem Spannungsabfall in der Leitung ermitteln, s. Zahlentafel 4.

Zahlentafel 4
Zustandswerte

	Anfang der Leitung	Ende der Leitung	Kondensator
	1	2	3
Temperatur t . . . . . °C	410	—	—
Spannung p . . . . at abs	35	33	0,04
Wärmeinhalt J . kcal/kg (ausschl. Strombewegung)	776	—	—
Entropie S	1,623	—	—
Spez. Volumen . . . m³ kg	0,088	—	—
Strömgeschwindigkeit v m s	80	—	—

Der durch die Beschleunigung des Dampfstromes von v_1 auf v_2 bedingte Abfall des Dampfdrucks von p_1 auf p_2 darf vernachlässigt werden, wie folgende Überschlagrechnung zeigt:

Den ungünstigsten Fall, isothermischen Spannungsverlauf, vorausgesetzt, ist

$$v_2 = v_1 \frac{p_1}{p_2} = 84{,}8 \text{ m s.}$$

und der auf die Beschleunigung zwischen Anfang und Ende der Leitung entfallende Teil des gesamten Druckabfalls:

$$\Delta p = \frac{(v_2^2 - v_1^2)\,\gamma}{2\,g\,10\,000} \text{ at} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (32);$$

mit $\gamma = 10{,}9$ ist $\Delta p = 0{,}044$ at abs, d. s. rd. 2 vH des gesamten Druckabfalls.

Mit dieser Vernachlässigung erhält man folgende Stromverluste der Leitung aus der JS-Tafel:

	p at	J_1 kcal/kg	S	J_3 kcal/kg	$J_1 - J_3$ kcal/kg
Anfang der Leitung . . .	35,0	776,0	1,623	495,0	281,0
Ende der Leitung	33,0	776,0	1,626	496,7	279,3

$\Delta J = 1{,}7$

Die in der Turbine ausnutzbare Dampfwärme von 281,0 kcal/kg wird durch den Einfluß der Leitung um $\Delta J = 1{,}7$ kcal/kg vermindert; ΔJ entspricht daher dem Stromverlust der Leitung bei Vollast.

Da der Stromverlust bei Leerlauf null ist ($\alpha = 0$) und bis Vollast praktisch linear ansteigt ($\gamma = 0$), so erhalten wir aus Gl. (11) für den spezifischen Stromverlust:

$$w_{Ab} = b_b = \frac{1{,}7}{279{,}3} = 0{,}061 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (33).$$

Unter den Verlusten durch Undichtheiten der Leitungen verstehen wir sämtliche Abgänge an umlaufendem Strommittel (Dampf und Wasser), die dauernd durch das „Zusatzwasser" zu ergänzen sind; diesen Verlust kann man einwandfrei feststellen; er umfaßt außer den Undichtheiten der Leitungen die Stopfbüchsenverluste der Turbinen, die Undichtheiten der Kessel, die Abgänge durch Entschlammen, Rußblasen usw.

Die Menge an Zusatzwasser beträgt im Regelfall, wenn alle drei Maschinengruppen laufen, rd. 12 t/h bei Leerlauf und 36 t/h bei Vollast.

Nach dem spezifischen Wärmeaufwand entfallen hiervon rd.

50 vH auf Frischdampf,	Wärmeaufwand rd.	755 kcal kg,
10 „ „ Anzapfdampf	„ „	640 „ .
5 „ „ vorgewärmtes Wasser,	„ „	125 „ .
35 „ „ Kesselwasser	„ „	230 „ .

Der mittlere Wärmewert der durch Zusatzwasser ersetzten Wasserverluste beträgt somit rd. 528 kcal/kg. Bei linearem Anstieg der Verluste zwischen Leerlauf und Vollast ($c = 0$) ist nach Gl. (8)

$$W_{Ac} = 12\,000 \cdot 528 + (36\,000 - 12\,000) \cdot 528\,\mu_3$$
$$= 6{,}33 \cdot 10^6 + 12{,}66 \cdot 10^6\,\mu_3;$$

da $W_{Mv_3} = 738 \cdot 10^6$, so folgt aus Gl. (9) und (11) der spezifische Verlust durch Undichtheiten

$$w_{Ac} = \frac{0{,}0086}{\mu_3} + 0{,}0172 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (34).$$

Mit den Werten von Gl. (31), (33) und (34) ergibt Gl. (30) als Wirtschaftsgleichung für die Übertragung der Wärmeeinheit:

$$w_3 = 1 + \left[\frac{0{,}010}{\mu_3} + 0{,}023\right] \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (35)$$

und als Vollastwirkungsgrad

$$\eta_{v_3} = \frac{100}{1 + (0{,}01 + 0{,}023)} = 96{,}7 \text{ vH.}$$

Aus Gl. (20) folgt

$$\mu_3 = \frac{(1 + b_2)\,\mu_2 + a_2}{(1 + b_2) + a_2}$$
$$= 0{,}967\,\mu_2 + 0{,}033 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (36),$$

da nach Gl. (28) $b_2 = 2{,}075$ und $a_2 = 0{,}105$ ist.

Die Werte für μ_2 aus Gl. (29) eingesetzt, ergeben bei Betrieb von

$$\left.\begin{array}{ll} \text{einer Maschinengruppe} & \mu_3 = 0{,}9428\,\mu_1 + 0{,}0572 \\ \text{zwei Maschinengruppen} & \mu_3 = 0{,}9463\,\mu_1 + 0{,}0537 \\ \text{drei Maschinengruppen} & \mu_3 = 0{,}9472\,\mu_1 + 0{,}0528 \end{array}\right\} \quad (37).$$

Kesselanlage

Aus Mangel an einer geeigneten Wägevorrichtung für Kohlenstaub konnten bisher noch keine einwandfreien Versuche über den Wirkungsgrad der Kessel durchgeführt werden. Man erwartet, daß die Kessel betriebsmäßig, also einschließlich der Verluste durch Anheizen, Verschmutzung der Heizflächen usw., ohne Schwierigkeit folgende Wirkungsgrade erreichen:

	mit Ekonomiser vH	ohne Ekonomiser vH
bei 70 t/h	rd. 88	rd. 83
„ 80 t/h	„ 85	„ 80

Die Leerverlustzahl (a) beträgt einschließlich der Anheizverluste etwa 4 vH der Nutzleistung. Der Verlust steigt bis etwa 70 t/h praktisch linear an. Der Einfachheit halber nehmen wir eine lineare Verlustkurve für den gesamten Lastbereich an, indem wir als Vollastwirkungsgrad das Mittel beider Werte, also 86,5 vH mit Ekonomiser und 81,5 vH ohne Ekonomiser rechnen. Dann ergibt sich folgende Wirtschaftsgleichung der Kesselanlage. :

	mit Ekonomiser	ohne Ekonomiser
Leerverlust a_4	0,040	0,040
Lastverlust b_4	0,115	0,186
Wirtschaftsgleichung (Gl. 38)	$w_4' = 1 + \left[\frac{0{,}040}{\mu_4} + 0{,}115\right]$	$w_4'' = 1 + \left[\frac{0{,}040}{\mu_4} + 0{,}186\right]$
Vollastwirkungsgrad	$\eta'_{v_4} = 0{,}865$	$\eta''_{v_4} = 0{,}815$

Bisher sind von den 16 Kesseln nur zwei mit Ekonomisern versehen; die Gründe hierfür sind weiter oben dargelegt. Da von vornherein mit dem Einbau weiterer Ekonomiser gerechnet ist, sei für die folgenden Rechnungen angenommen, daß jeweils zur Hälfte Kessel mit und ohne Ekonomiser betrieben werden, und daß unter mittleren Verhältnissen folgende Wirtschaftsgleichung gilt:

$$w_4 = 1 + \left[\frac{0{,}040}{\mu_4} + 0{,}151\right] \quad \ldots \ldots (39);$$

der Vollastwirkungsgrad ist dann

$$\eta_{v_4} = \frac{100}{1 + (0{,}04 + 0{,}151)} = 84{,}0 \text{ vH}.$$

Aus Gl. (20) folgt:

$$\mu_4 = \frac{(1 + b_3)\,\mu_3 + a_3}{(1 + b_3) + a_3}$$

$$= 0{,}9903\,\mu_3 + 0{,}0097 \quad \ldots \ldots (40),$$

da nach Gl. (35) $b_3 = 0{,}023$ und $a_3 = 0{,}010$ ist.

Die Werte für μ_3 aus Gl. (37) eingesetzt, ergeben: bei Betrieb von

einer Maschinengruppe $\mu_4 = 0{,}9337\,\mu_1 + 0{,}0663$
zwei Maschinengruppen $\mu_4 = 0{,}9372\,\mu_1 + 0{,}0628$
drei „ $\mu_4 = 0{,}9380\,\mu_1 + 0{,}0620$. (41).

Der Arbeitsbedarf der mit Gleichstrom angetriebenen Kesselgebläse und Staubschnecken ist als Eigenverbrauch (Zahlentafel 1) berücksichtigt. Der erforderliche Gleichstrom wird durch Umformer erzeugt; von dem in Zahlentafel 1 angegebenen Verbrauch der Gleichstrom-Umformer entfallen etwa 75 vH auf den Bedarf der Kesselanlage.

Kohlenaufbereitung

Wärmewirtschaftlich sind die durch Lagerung bedingte Minderung des Heizwertes der Kohle und die zur Förderung und Umwandlung der Kohle in Staub erforderliche Arbeit als Verluste zu werten. Die Heizwertverluste durch Lagerung kann man rechnerisch nicht erfassen; sie seien auf rd. 1 vH geschätzt.

Der Aufwand für die Förderung von Rohkohlen und Staub sowie für den Antrieb der Mühlen, Trockner usw. ist als Eigenverbrauch in Zahlentafel 1 eingeschlossen; er beträgt, wenn zwei Maschinengruppen vollbelastet sind, rd. 1000 kW für jede Gruppe. Die Rohkohle wird durch Abdampf getrocknet. Der thermische Wirkungsgrad dieses Vorganges einschließlich der Verluste in den Zuleitungen beträgt etwa 50 vH beim Trocknen der Kohle von 10 auf 3 vH Wassergehalt, oder rd. 40 vH insgesamt, wenn ein mittlerer Kesselwirkungsgrad von 80 vH zugrunde gelegt wird.

Dank den Staubbunkern ist es möglich, die Mahlanlage unabhängig von der Kraftwerkbelastung vorwiegend vollbelastet und mit unveränderlichem Wirkungsgrad zu betreiben. Der mittlere Wärmeverbrauch der Trockner erhält damit den Charakter eines „Last-Verlustes" (b_5'). Die Anheizverluste der Trockner und Zuleitungen werden bei der größten Benutzungsdauer von 20 h täglich auf etwa 5 vH des mittleren Wärmeverbrauchs b_5' veranschlagt. Dieser im wesentlichen als Leerverlust anzusprechende Verbrauch beträgt daher annähernd $a_5' = 0{,}05\,b_5'$.

Bei Berücksichtigung des Gesamtwirkungsgrades von 40 vH lautet demnach die Gleichung der spezifischen Verluste der reinen Verdampfung, entsprechend Gl. (11),

$$w'_{A_5} = \frac{0{,}05}{\mu_5}\left(\frac{1}{0{,}4} - 1\right) + \left(\frac{1}{0{,}4} - 1\right)$$

$$= \frac{0{,}075}{\mu_5} + 1{,}5 \quad \ldots \ldots (42).$$

Das Erzeugnis der Kohlenaufbereitung, der Kohlenstaub, hat einen Heizwert

$$W_{M_5} = \frac{H + 624\,(h_0 - h_1)}{1 - (h_0 - h_1)} \quad \ldots \ldots (43);$$

H = Heizwert der Kohle vor der Trocknung,
h_0 und h_1 = Wassergehalt der Kohle vor und nach der Trocknung in kg für 1 kg Rohkohle.

Bezogen auf 1 kg Staubkohle beträgt die durch Trocknung erzielte Heizwertzunahme

$$\frac{624\,(h_0 - h_1)}{1 - (h_0 - h_1)} \text{ kcal/kg} \quad \ldots \ldots (44);$$

hiernach sind nach Gl. (42) aufzuwenden:

$$W_{A_5} = \frac{624\,(h_0 - h_1)}{1 - (h_0 - h_1)}\left(\frac{0{,}075}{\mu_5} + 1{,}5\right) \quad \ldots \ldots (45).$$

Aus Gl. (9), (43) und (45) ergibt sich als Wirtschaftsgleichung der Kohlentrocknung einschließlich 1 vH Verlust durch Lagerung:

$$w_5 = 1 + \left[\frac{624\,(h_0 - h_1)}{H + 624\,(h_0 - h_1)}\left(\frac{0{,}075}{\mu_5} + 1{,}5\right) + 0{,}01\right] \; . \; (46).$$

Diese Gleichung darf für Kohle von 7 bis 15 vH Wassergehalt bei Trocknung um 5 bis 10 vH als hinreichend zuverlässig angesehen werden.

Für mittlere Verhältnisse des Großkraftwerkes Klingenberg wird angenommen: $H = 6300$ kcal/kg, $h_0 = 0{,}10$, $h_1 = 0{,}03$.

Demnach:

$$w_5 = 1 + \left[\frac{0{,}5 \cdot 10^{-3}}{\mu_5} + 20{,}3 \cdot 10^{-3}\right] \quad \ldots \ldots (47)$$

und

$$\eta_{v_5} = \frac{100}{1 + (0{,}5 \cdot 10^{-3} + 20{,}3 \cdot 10^{3})} = 98 \text{ vH}.$$

Aus Gl. (20) folgt

$$\mu_5 = \frac{(1 + b_4)\,\mu_4 + a_4}{(1 + b_4) + a_4}$$

$$= 0{,}966\,\mu_4 + 0{,}034 \quad \ldots \ldots (48).$$

da nach Gl. (39) $b_4 = 0{,}151$ und $a_4 = 0{,}04$.

Die Werte für μ_4 aus Gl. (41) eingesetzt, ergeben: bei Betrieb von

einer Maschinengruppe $\mu_5 = 0{,}9020\,\mu_1 + 0{,}0980$
zwei Maschinengruppen $\mu_5 = 0{,}9054\,\mu_1 + 0{,}0946$
drei „ $\mu_5 = 0{,}9060\,\mu_1 + 0{,}0940$. (49).

Gesamtwirtschaftlichkeit des Kohlenverbrauchs

In der Zahlentafel 5 sind die gefundenen Werte zur Bestimmung der Gesamtwirtschaftlichkeit nach Gl. (13) und (14) für den Fall zusammengestellt, daß zwei Maschinengruppen betrieben werden.

Zahlentafel 5
Zusammenstellung der Ergebnisse für den Betrieb mit zwei Maschinengruppen

Gegenstand		Eigen-verbrauch	Maschinen	Leitungen	Kessel	Kohlenauf-bereitung	Gesamtanlage
Festwerte	a	0,0222	0,1050	0,0100	0,0400	0,0005	—
	b	0,0175	2,0650	0,0230	0,1510	0,0203	—
Nutzungsgrad	μ	μ_1	$0{,}9786\,\mu_1 + 0{,}0214$	$0{,}9463\,\mu_1 + 0{,}0537$	$0{,}9372\,\mu_1 + 0{,}0628$	$0{,}9054\,\mu_1 + 0{,}0946$	μ_1
Vollastwerte	aus Gl. (14) w_v	1,0397	3,1700	1,0330	1,1910	1,0208	4,1450
	η_v	0,962	0,315	0,967	0,840	0,980	0,2412
Leerlaufwerte	μ_0	0	0,0214	0,0537	0,0628	0,0946	0
	aus Gl. (14) w_0	0,0222	7,9730	1,2093	1,7880	1,0256	0,3923
	$\frac{w_0}{w_v}$	—	—	—	—	—	9,47 vH

Das Gesamtwerk ergibt bei Vollast mit zwei Maschinengruppen als Wirkungsgrad $\eta_{\Sigma_v} = 24{,}12$ vH, als Wärmeverbrauch: $W_v = 3564$ kcal/kWh und als Kohlenverbrauch: $K_v = \frac{1}{H}\,3564$ kg/kWh.

Die nach Gl. (14) für verschiedene Belastungen berechneten Augenblickwerte w_{Σ_t} liegen annähernd auf der Geraden:

$$w_{\Sigma_t} = w_{\Sigma_0} + (w_{\Sigma_v} - w_{\Sigma_0})\,\mu_1 = 0{,}392 + 3{,}753\,\mu_1 \quad \ldots \quad (50),$$

daraus erhält man die wärmewirtschaftlichen Näherungsgleichungen des vollständigen Kraftwerkes

$$w_\Sigma = 1 + \left[\frac{0{,}392}{\mu_1} + 2{,}753\right] \quad \ldots \quad (51),$$

$$\eta_\Sigma = \frac{1}{1 + \left[\frac{0{,}392}{\mu_1} + 2{,}753\right]} \quad \ldots \quad (52);$$

Gl. (51) ergibt höhere Werte als die genaue Rechnung. Unter den Verhältnissen des Großkraftwerkes Klingenberg beträgt die größte Abweichung weniger als 0,5 vH.

Wählt man als Maßstab den Wärmewert von 1 kWh, so erhält man als mittleren Wärmeverbrauch für 1 kWh:

$$w_{\Sigma\,\mathrm{kWh}} = 860 + \left[\frac{337}{\mu_1} + 2367\right] \text{ kcal/kWh} \quad \ldots \quad (53).$$

In Abb. 1 und Zahlentafel 6 sind die aus Gl. (52) und (53) berechneten Werte des spezifischen Wärmeverbrauchs sowie des absoluten und des auf den Vollastwirkungsgrad bezogenen Wirkungsgrades in Abhängigkeit vom Nutzungsgrad μ_1 des Kraftwerkes zusammengestellt.

Zahlentafel 6
Wärmewirtschaft des Kraftwerkes bei Betrieb von zwei Maschinengruppen

Nutzungsgrad μ_1	Wärmeverbrauch w_Σ kcal/kWh	Absoluter Wirkungsgrad η_Σ vH	Relativer Wirkungsgrad $\eta_r = \frac{\eta_\Sigma}{\eta_{\Sigma_v}}$ vH
0	∞	0	
0,1	6604	13,01	54,00
0,2	4914	17,50	72,60
0,3	4351	19,74	81,92
0,4	4069	21,13	87,60
0,5	3900	22,03	91,40
0,6	3787	22,70	94,09
0,7	3707	23,20	96,20
0,8	3647	23,58	97,80
0,9	3600	23,90	99,10
1,0	3564	24,12	100,00

Die vorstehenden Verbrauchswerte werden annähernd bereits heute erreicht, obwohl bisher nur zwei von den 16 Kesseln mit Ekonomisern ausgestattet sind und das Werk erst kurze Zeit in Betrieb ist. Erfahrungsgemäß braucht man etwa 1 bis 2 Jahre, um das Beste aus einer solchen Anlage herauszuwirtschaften. Die Werte in Zahlentafel 6 werden daher voraussichtlich mit der Zeit noch unterboten werden.

Bemerkenswert ist der geringe Leerverbrauch des Kraftwerkes von rd. 10 vH. Infolgedessen verläuft der Wirkungsgrad η_r besonders flach. Mit 30 vH Nutzungsgrad erreicht man noch 82 vH vom Wirkungsgrade bei Vollast. Große Elektrizitätsbetriebe für gemischten Verbrauch arbeiten in der Regel mit etwa 50 vH Tages- und 25 vH Jahres-Lastgrad. Die übliche Ansicht, daß große Maschineneinheiten in erster Linie für Grundlastwerke in Frage kämen, verliert damit die Gültigkeit. Wirtschaftlich steht der ausschließlichen Verwendung von Maschinen in der Größenordnung 100 000 kW bei mindestens zweifacher Werkspitze nichts im Wege. Diese Ergebnisse verdienen besondere Beachtung bei Plänen für die Spitzendeckung; mancher der zu diesem Zweck gemachten Vorschläge dürfte sich im Lichte genauer Wirtschaftsrechnung als unvorteilhaft erweisen, selbst wenn man die betriebstechnischen Nachteile der zumeist umständlichen und wenig ausgenutzten Einrichtungen außer Betracht läßt.

Um eine drei- bis vierstündige Winterspitze zu decken, braucht man in der Regel 20 bis 40 vH der Spitzenleistung. Da die Größe der Maschinen in erster Linie durch die Spitzenlast bedingt ist, führt der Einbau besonderer Anlagen zur Spitzendeckung unter sonst gleichen Verhältnissen zu einer entsprechenden Einschränkung der Maschinengrößen, mit deren finanziellen und betriebswirtschaftlichen Nachteilen daher jene zu belasten sind. Auch diesen Gesichtspunkt hat man, soweit mir bekannt ist, bisher bei den Erörterungen über das Problem nicht beachtet.

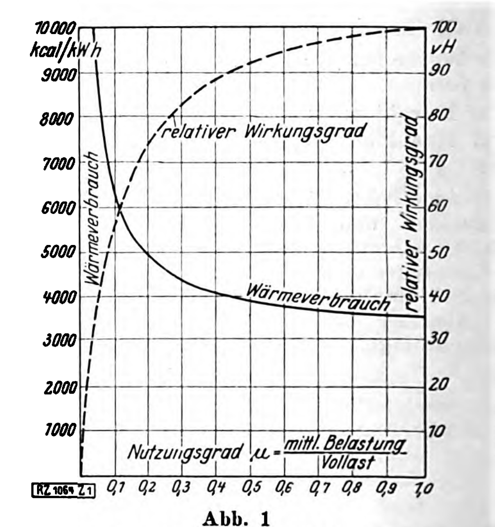


Abb. 1
Wärmeverbrauch und relativer Wirkungsgrad des Kraftwerkes in Abhängigkeit vom Nutzungsgrad
Vollastwirkungsgrad $\eta_{\Sigma_v} = 24{,}12$ vH

Anlagekosten des Kraftwerkes

Für die Beurteilung eines Kraftwerkes fällt die Kostenfrage neben seiner Wärmewirtschaftlichkeit und der Zweckmäßigkeit seiner Einrichtung entscheidend ins Gewicht. Maßgebend sind die spezifischen Anlagekosten, d. h. die Kosten für 1 kW der eingebauten Leistung.

$$k = \frac{\text{Gesamtkosten des Kraftwerkes}}{\text{Gesamtleistung des Kraftwerkes}}$$

Diese scheinbar einfache und eindeutige Formel führt doch zu sehr verschiedenen Werten, wenn die Grundbegriffe: Kosten und Leistung des Kraftwerkes nicht streng umschrieben werden.

Die Kosten umfassen alle Teile der Anlage und Bauten, die zur Energieabgabe mit der von den Maschinen erzeugten Spannung an das Netz nötig und ausgeführt sind. Umspann- und Schaltanlagen für die Stromverteilung außerhalb des Kraftwerkes hängen von der Eigenart der Netzverhältnisse ab; sie können bei der Beurteilung und beim Vergleich der spezifischen Kosten eines Kraftwerks irreführen und sind als Bestandteile des Netzes zu buchen. Sind für die Hauptmaschinen Sammelschienen vorhanden, so endet das Kraftwerk mit dem Schalter an den Sammelschienen, andernfalls an den Niederspannungsklemmen der Transformatoren. Selbstverständlich gehören alle Schalteinrichtungen und Transformatoren für den Eigenbetrieb sowie sämtliche für den Kraftwerkbetrieb erforderlichen Teile der Betätigung zum Kraftwerk.

Größere Aufwendungen für Teile, die ausschließlich für spätere Erweiterungen dienen, dürften auszuschließen und unter allgemeinen Unkosten zu buchen sein; hierunter gehören jedoch nicht Teile, wie z. B. Kanäle, die von vornherein mit Rücksicht auf etwaige Erweiterungen reichlich bemessen sind und beim Betrieb im ersten Ausbau benutzt werden.

Unzulässig scheint es, Mehrkosten für Teile abzusetzen, die durch Besonderheiten der Lage bedingt werden, z. B. Rückkühlanlagen, übermäßig große Kohlenlager und Förderanlagen, architektonische und andere Rücksichten auf die Umgebung. Die Wahl eines günstigen Ortes für die Energieerzeugung stellt einen wesentlichen Teil der Bauaufgabe dar.

Einzuschließen sind alle Kosten für Versuche, Bauführung, Gutachten, Beratung usw. sowie die Bauzinsen. Der Einheitlichkeit halber schlage ich vor, Bauzinsen in der Weise zu berechnen, daß man das gesamte Baukapital während 45 vH der Bauzeit voll verzinst, was angenähert der Wirklichkeit entspricht. Als Zinssatz werden 6 vH jährlich gerechnet.

Der Übersichtlichkeit wegen sind weiter unten die Kosten der 30 kV-Schaltanlage und der Erweiterungen mit angegeben.

In der Regel bezeichnet man als Gesamtleistung des Kraftwerkes die Volleistung der Turbodynamos. Dies führt insbesondere bei Vergleichen mit Anlagen im Ausland zu Irrtümern, da sich je nach Bewertung der Maschinenleistung Unterschiede von etwa 20 vH ergeben können. Das Kraftwerk soll bis zur Nennleistung voll ausnutzbar sein, demnach ist zu fordern, daß die Maschinen mit dieser Leistung dauernd und wirtschaftlich zu betreiben und dabei hinreichend regelbar sind. Diese Bedingung scheint nicht erfüllt, wenn man die Höchstleistung der Turbine zugrundelegt, wie es vielfach geschieht. Anderseits wäre es unzweckmäßig, die Nennleistung nach dem günstigsten Wirkungsgrad zu bestimmen, weil der obere Teil der Wirkungsgradlinie meist sehr flach verläuft und daher der Scheitelpunktwert unbestimmt ist. Wir schlagen vor, von der Höchstleistung der Turbine, gemessen an den Klemmen, auszugehen, jedoch nur 90 vH dieses Wertes als Nennleistung zu rechnen. Wird der Stromerzeuger fremd erregt, so ist die hierzu erforderliche Energie von der Klemmenleistung abzuziehen. Für Kessel ist schon eine ähnliche Wertung der Leistungen gebräuchlich.

Zahlentafel 7. Gesamtleistung des Kraftwerkes

Anzahl	Teil der Anlage	Gewährleistete Dauerleistung einzeln	Gewährleistete Dauerleistung insgesamt
3	Hauptturbinen (Klemmenleistung einschließlich Erregung) . . kW	80 000	240 000
3	Vorwärmeturbinen (Klemmenleistung einschl. Erregung) . kW	10 000	30 000
	Maschinenleistung insgesamt . kW		270 000
16	Kessel Dampfleistung . . . . t/h	80	1 280
	elektrische Leistung ($A_D = 4{,}45$ kg/kWh) kW	18 000	288 000
	Eigenverbrauch (s. Zahlentafel 1) elektrisch insgesamt . . . . kW		9 650
2	Dampf-Speisepumpen . . . . kW	750	1 500
6	Dampf-Kondensatpumpen . . kW	440	2 640
	Reiner Eigenverbrauch . . . kW		5 510

Zahlentafel 8. Gesamtkosten des Kraftwerkes

Teil der Anlage	Bauten Mill. ℳ	Einrichtung Mill. ℳ	Gesamtkosten Mill. ℳ
Hauptmaschinenanlage mit Kühlwasserversorgung . .	5,540	11,135	16,675
Vorwärmanlage mit Wasseraufbereitung	2,000	3,590	5,590
Kesselanlage mit Entaschung	6,090	17,640	23,730
Kohlenaufbereitung mit Staubförderung	2,560	1,700	4,260
Kohlenförderanlage mit Stichkanal und Kohlenlagerplatz	2,830	—	2,830
Schaltanlage mit Warte (Anteil), Eigenverbrauchanlagen, Kabel, Beleuchtung, Fernmeldeeinrichtung	0,535	2,765	3,300
Hochhaus	1,430	0,100	1,530
Werkstatt, Lager, Oelaufbereitung, Grundstückregulierung, Wasserhaltung, Baubeleuchtung	1,530	0,270	1,800
Verschiedenes: Grunderwerb, Straßenregulierung usw. . .	1,570	—	1,570
Bauzinsen			
Bauzeit: 1. Drittel = 16 Monate			
2. Drittel = 21 Monate			
3. Drittel = 24 Monate			
Mittel = 20,3 Monate			
6 vH auf 0,45 · 20,3 Monate	1,320	2,040	3,360
Insgesamt	25,405	39,240	64,645

Zahlentafel 9. Gesamtkosten der 30 kV-Schaltanlage mit Transformatoren

Teil der Anlage	Bauten Mill. ℳ	Einrichtung Mill. ℳ	Gesamtkosten Mill. ℳ
30 kV-Schaltanlage mit Transformatoren und Straßenüberführungen.	1,560	4,525	6,085
6 kV-Schaltanlage (Anteil) . .	0,190	0,370	0,560
Warte (Anteil)	0,065	0,155	0,220
Kabel, Beleuchtung. Oelversorgung, Grundstückregulierung, Wasserhaltung, Baubeleuchtung	0,180	1,415	1,595
Verschiedenes, Grunderwerb, Straßenregulierung	0,570	—	0,570
Bauzinsen			
Bauzeit: 1. Drittel 12 Monate			
2. Drittel 14 Monate			
3. Drittel 22 Monate			
Mittel 16 Monate			
6 vH auf 0,45 · 16 Monate	0,110	0,280	0,390
Insgesamt	2,675	6,745	9,420

Ergeben, wie es meist der Fall zu sein pflegt, Maschinen und Kessel verschiedene Leistungen, so ist jeweils der kleinere von beiden Werten maßgebend, da das Kraftwerk nur bis zu dieser Leistung ausgenutzt werden kann. Die Wertzahl A_D für den Vergleich der Dampfleistung der Kessel (kg/h) mit der Klemmenleistung (kW/h) der Stromerzeuger berechnet sich für das Klingenbergwerk wie folgt: 1 kWh Arbeit des Stromerzeugers erfordert nach Zahlentafel 5 bei Vollast

$$860 \cdot 3{,}170 \cdot 1{,}033\,(1{,}021 - 0{,}010) = 2850 \text{ kcal.}$$

Die spezifische Kesselleistung beträgt rd. 640 kcal für 1 kg Dampf, demnach

$$A_D = \frac{2850}{640} = 4{,}45 \text{ kg/kWh.}$$

Der Eigenverbrauch ist abzuziehen, soweit er elektrisch betrieben wird und keine Dampfreserven zur Verfügung stehen. Unterschiede im Leistungsfaktor der Stromerzeuger dürften zu vernachlässigen sein; die an sich geringen Kostenunterschiede betreffen ausschließlich den Stromerzeuger des Maschinensatzes, der wiederum nur einen Bruchteil vom Preis der gesamten Anlage kostet.

Die unter diesen Voraussetzungen ermittelten Werte der Leistung und Kosten des Kraftwerkes sind in Zahlentafeln 7 bis 9 zusammengestellt.

Ausschlaggebend ist die Maschinenleistung abzüglich des reinen Eigenverbrauchs. Demnach beträgt die nutzbare Gesamtleistung des Kraftwerkes rd. 264 500 kW.

In Zahlentafel 8 sind an Kosten für den zweiten Ausbau abgesetzt:

unter Hauptmaschinenanlage	0,60 Mill. ℳ
„ Kohlenaufbereitung .	0,20 „ „
„ Werkstatt usw. . . .	0,10 „ „
zusammen	0,90 Mill. ℳ

Die spezifischen Anlagekosten des Kraftwerkes betragen nach Zahlentafel 7 bis 9

$$k = \frac{64\,645\,000}{264\,500} = 244 \text{ ℳ/kW.}$$

Klingenberg rechnet für Kraftwerke ohne Vorwärmung mit Kettenrostfeuerung und 20 000 kW-Maschinen mit einem Nettopreis (Vorkriegswährung) von 150 ℳ/kW. In der Währung des Jahres 1926 und bei gleicher Verrechnungsweise wie für das Klingenberg-Werk würde das etwa 260 ℳ/kW entsprechen. Ein Teil der mit der Vergrößerung der Maschinen und Kessel erzielten Ersparnisse ist durch die Mehrkosten der technischen Neuerungen zur Verbesserung der Wärmewirtschaft und zur Mechanisierung des Betriebes ausgeglichen.

Dem Vollast-Wärmeverbrauch des Kraftwerkes mit 20 000 kW-Maschinen von 5174 kcal/kWh (nach Klingenberg) stehen beim Großkraftwerk Klingenberg 3564 kcal/kWh gegenüber; der Leerverbrauch beträgt statt 984 nur 337 kcal/kWh. An Kohle werden erspart:

31,2 vH	beim	Nutzungsgrad	$\mu_1 = 1$
33,3 „	„	„	„ = 0,75
36,7 „	„	„	„ = 0,5
43,7 „	„	„	„ = 0.25

Hierzu kommen weitere Ersparnisse an Betriebskosten wegen der Möglichkeit, billigere Kohlensorten als bei Rostfeuerung zu verwenden, und durch die Verminderung der Belegschaft infolge der großen Maschinen und der ausgedehnten Mechanisierung des Betriebes. Übliche Lastverhältnisse vorausgesetzt, dürften die Gesamtersparnisse an Betriebskosten in der Nähe von 50 vH liegen.

Dieses wirtschaftliche Ergebnis entspricht den Erwartungen. Der damit erzielte Fortschritt der Technik bedeutet einen Stützpunkt für den Ingenieur, der ihm das Recht gibt und gleichzeitig die Pflicht auferlegt, sich in neue Gebiete des Kraftwerkbaues vorzuwagen. [B 689]

Verzeichnis der Bau- und Lieferfirmen

(Sitz der Firma ist Berlin, sofern nichts andres angegeben.)

Tiefbauten

unter Führung von Wayss & Freitag, A.-G.,
Gottlieb Tesch, Erdarbeiten,
Daedlow & Pollems, Wasserspiegelsenkung,
Industriebau, A.-G., Kanäle und Gründungen,
Hoch- und Tiefbau, A.-G., Ausgußkanal.

Eisenkonstruktionen

unter Führung der Mitteldeutschen Stahlwerke, A.-G., Lauchhammer
G. E. Dellschau,
Hein, Lehmann & Co.,
A. Druckemüller, G. m. b. H.,
Steffens & Nölle,
D. Hirsch,
Vorm. Ravenéscher Eisenhandel und Eisenbau,
H. Gossen,
Breest & Co.,
Thyssen & Co.,
Brass & Hertslet.

Hochbau, Gebäudeausbau und Werkeinrichtung

Firma	Sitz	Arbeiten
Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft		Beleuchtung und Werkeinricht.
Richard Abeldt		Schlosserarbeiten
H. Achcenich		desgl.
Alex & Sohn		Maler- und Anstreicherarbeit.
Bachmann & Söhne		Stuckarbeiten
Passavantwerke	Michelbach. Hütte	Absperrschieber für Kühlwasserkanäle
A. L. Benecke		Schlosserarbeiten
Berliner Asphalt-Gesellsch. Kopp & Co.		Fußböden, Asphaltierungen
Birkle & Thomer		Malerarbeiten
R. Blume		Schlosserarbeiten
Gustav Boldt		Malerarbeiten
A. Borchmann		Kunststeintreppen
Boswau & Knauer		desgl.
Buderus'sche Eisenwerke	Staffel a. d. Lahn	Schachtabdeckungen
Christoph & Unmack	Niesky O.-S.	Barackenbauten
I. Degenhardt		Schlosserarbeiten
Deutsche Metalltürenwerke	Brakwede i. W.	Türen und Tore
Richard Dietze		Be- und Entwässerung
Robert Döffert		Verblendarbeiten
Willy Donner		Schlosserarbeiten
Duroplattenwerke		Duroplattenwände
Louis Eilers	Hannover	Eisenkonstrukt., Werkstatt- und Lagergeb., Verbindungsbrücke
Eisenbau Essen, G. m. b. H.	Essen	Türen und Tore
Gebr. Friesecke		Kunststeinarbeiten
Oskar Gabbert		Kunstschmiedearb.
Geister & Sohn		Klempnerarbeiten
Ges. für Isolierungen geg. Erschütterungen u. Geräusche		Isolierungen der Mühlenfundamente
Glaser & Pflaum		Drehscheibe
Grändorf & Zechendorf		Schlosserarbeiten
Hebron & Kühn		Schlosserarbeiten
Paul Heinrichs		desgl.

Held & Franke, A.-G.		Hochbauarbeiten
O. Herrmann & Co.		Fernsprechzellen
Rudolf Herzog		Linoleumarbeiten
Philipp Holzmann & Co., Steinmetzabt.		Granit- und Marmorplatten
Industrie-, Bergwerks- und Bahnbedarfs-G. m. b. H.		Kabelgerüste
Joh. Jeserich A.-G.		Asphaltarbeiten
C. H. Jucho	Dortmund	Eisenkonstrukt.
Karl Kannapin		hölzerne Türen und Fenster
Klement & Sohn	Hamburg-Wandsbeck	eiserne Türen und Tore
Klöcknerwerke A.-G.		Gleitschutzschienen
Karl Köckert	Dessau	Eisenkonstrukt.
Ferd. Paul Krüger		Schlosserarbeiten
A. Kühn & Co.		desgl.
Heinrich Kunitz		Klempnerarbeiten
Franz Lange		eiserne Fenster
Karl Legel		desgl.
Ernst Lehmann		Tischlerarbeiten.
Lehmann & Feyerabend		Schlosserarbeiten und Roste
Carl Lerm & Gebr. Ludewig		Drahteinfriedigung
Fritz Madzeyka		Glaserarbeiten
Bauges. Malchow, G. m. b. H.		Dacheindeckung.
Marx & Müller		Schlosserarbeiten
Beton- und Tiefbau-Gesellschaft Mast		Pfahlfundierung
Richard Mittag	Spremberg	Kasinobaracke
Mix & Genest		Telephonanlage
Carl Müller		eiserne Geländer
Berliner Metallgewerbe Jos. Müller		Abdeckroste
A. Panzenhagen		Malerarbeiten
E. Philippbar		Gardinen u. Vorh.
Puhl & Wagner, Gottfried Heinersdorf		Kunstverglasung.
Quantmeyer & Eicke		Linoleumarbeiten
Raatsch & Voigt		Ilseverblendklinker
P. Raebel		Schlosserarb. und eiserne Fenster
Peter Raskopp		Malerarbeiten
F. C. Reinicke & Co.		Eisenbetontreppen
Fr. Remy Nachfl.	Neuwied a. Rh.	Bimsbetondecken
E. Rieth		Schlosserarbeiten
Gebr. Rösicke		Tischlerarbeiten
Kurt Rokotnitz		Fliesenarbeiten
N. Rosenfeld & Co.		desgl.
J. Salomonis		Glaserarbeiten
J. C. Spinn & Co.		desgl.
Julius Scheibe		Schlosserarbeiten
Schmelzbasalt A.-G.	Linz a. Rh	Schmelzbasaltplatten
Emil Schrader		Linoleumarbeiten
Otto Schultz		Rostabdeckungen
Schulz & Holdefleiss		Kunstschmiedearb.
Schwarz & Fröhlich		Tischlerarbeiten und Möbel
Steinholzwerke G. m. b. H.		Steinholzabdeckplatten
Stöhr & Co. G.m.b.H.		Metallbuchstaben
Paul Thom		Klempnerarbeiten
Erich Timm		Schlosserarbeiten
Villeroy & Boch		Fliesenarbeiten
Gebr. Volkmann		Schlosserarbeiten
C. O. Wegner		Zement
H. Wendt		Gummiläufer
Wibeg, Wirtschaftsvereinigung Berliner Glasermeister		Glaserarbeiten
Otto Wilhelmi G. m. b. H.		Schlosserarbeiten
W. Wohlfahrt		Klempnerarbeiten
Wolffertz & Wittmer		sanitäre Anlagen
Walter Ziegler A.-G.		Hochbauarbeiten
Hans Zomak		Dachdecken
Emil Zorn		Korkisolierungen

Maschinenanlagen

Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft		Turbodynamos, Tranform., Umformer, Motoren, Fernsteuerung., Pumpen, Kompressoren
Atlas-Werke A.-G.	Bremen	Verdampfer
Balcke, Maschinenbau A.-G.	Bochum und Frankenthal	Mischvorwärmer, Pumpen, Kompressor
Bamag-Meguin		Siebrechen
Beth, Maschinenfabrik A.-G.	Lübeck	Entstaubung
Buckau, Maschinenfabrik A.-G.	Magdeburg	Kohlentrockner
Geigersche Fabrik	Karlsruhe	Siebrechen
v. Grueber, Curt		Kohlenmühlen
G. Hagen A.-G.		Batterien
Klein, Schanzlin & Becker, A.-G.	Frankenthal	Kesselspeisepumpen
Maffei - Schwartzkopff-Werke, A.-G.		desgl.
Maschinenfabrik F. Mattik	Dresden	Dampfkühler
Permutit A.-G.		Kiesfilter- und Permutit - Anlage
Siemens - Schuckert-Werke, A.-G.		Elektrofilter
Gebr. Sulzer A.-G.	Ludwigshafen	Pumpen
Weise Söhne	Halle a. d. S.	desgl.
Fried. Zimmer		Antriebe

Krane, Aufzüge, Fördereinrichtungen

Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft		Elektrische Ausrüstungen
Albatroswerke, A.-G.		Laufkatzen
Ardeltwerke	Eberswalde	Aufzug
Bamag-Meguin		Aufzüge, 40t-Kran
E. Becker		Krane
Gebr. Bolzani		Laufkatzen
Demag A.-G.	Duisburg	Förderbrücken
Carl Flohr A.-G.		Aufzüge, 40t-Krane
Gottschalk & Michaelis		Aufzüge
Otiswerke G. m. b. H.		Aufzug
F. Pichatzek		Handlaufkran
C. Tobler		Transformatoren-Förderwagen
Unruh & Liebig	Leipzig-Plagwitz	Aufzug
Paul Weyermann		Krane
Otto Wilhelmi G. m. b. H.		Laufkatzen

Kessel und Zubehör

Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft		Feuerungen, Motoren u. Betätigungstafeln
A. Borsig G. m. b. H.		Kessel
Brocke & Schreckhaas		Einmauerung
Danneberg & Quandt		Ventilatoren
Fr. Denninger, Metallwarenfabrik		Ummantelung der Füchse
Deutsche Babcockwerke	Oberhausen	Kessel
Dürrwerke A.-G.	Ratingen/Ost	Kessel
Th. Fröhlich		Saugzüge



Gako, Ges. f. Gas- u. Kohlenstaubfeur.	Essen	Gaszündbrenner
Gesellschaft für Ventilatorzug		Saugzüge
H. Gossen		Rauchgasfüchse
Grobema		Spannvorrichtg.
Emil Hannemann		Wasserstand- und Druckregler
Hannoversche Maschinenbau A.-G.	Hannover-Linden	Kessel
H. R. Heinicke		Einmauerung
Hochtief A.-G. vorm. Gebr. Helfmann		desgl.
Kohlenscheidungs-Gesellschaft		Feuerung
Kosmos G. m. b. H., Rud. Pawlikowski	Görlitz	Entaschung
Fried. Krupp A.-G.	Essen	Kesseltrommeln
Linke - Hofmann-Werke A.-G.	Breslau	Kessel
R. O. Meyer	Hamburg	Druckstutzen
Preß- und Walzwerk A.-G.	Reisholz b. Düsseldorf	Kesseltrommeln
Karl Roschmann		Einmauerung
Rota, Kessel- u. Maschinenb. G.m.b.H.		Kessel
Rotator G. m. b. H.		Druckstutzen
Anton Rothstein	Leipzig	Entaschung
Karl Selle G. m. b. H.	Erfurt	Einmauerung
Friedr. Siemens A.-G.		desgl.
L. & C. Steinmüller	Gummersbach	Kessel
August Thyssen-Hütte	Mülheim/Ruhr	Kesseltrommeln
Vereinigte Kesselwerke A.-G.	Düsseldorf, Düren/Rhld.	Kessel

Rohrleitungen, Heizungsanlagen

Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft		Druckknopfsteuerungen f. Schieb.
Allgemeine Rohrleitungs-Gesellschaft	Düsseldorf	Rohrleitungen,
Bopp & Reuther	Mannheim	Schieber
A. Borsig G. m. b. H.		Rohrleitungen
Deutsche Prioform-Werke, Bolander & Co.	Köln	Isolierungen
Flach & Callenbach		Rohrleitungen
Ges. für Hochdruckrohrleitungen		desgl.
Thomas Goodson		Be- und Entwässerung
David Grove		Heizanlagen
Herrlein & Schoppe		desgl.
John & Nagel		desgl., Be- u. Entwässerung
P. Krause		Isolierungen
Märkische Isolierfabrik		Isolierungen
Oberschlesische Rohrbau-Ges.		Rohrleitungen
Reinhold & Co.		Isolierungen
Schäffer & Budenberg	Magdeburg	Schieber
Schumann & Co.	Leipzig	desgl.
F. Seiffert & Co.		Rohrleitungen
Vereinigte Rohrleitungsbau (Phönix-Märkische) G. m. b. H.		desgl.
Westphal & Schreyer		desgl.
Gustav Kussatz		desgl.

Meß- und Anzeigegeräte und Zubehör

Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft		Meß- u. Anzeigegeräte f. elektr., Dampf-, Temp.-Messungen, Relais, Signale usw.
Georg Bloch, K.-G.	Dresden	Wasserstands-Fernmelder
Dr. Martin Böhme		Preßluftmengenmesser
Bopp & Reuther G. m. b. H.	Mannheim	Venturimesser, Wasserstandanzeiger
Alfred Fischbach		Meßleitungen
Flach & Callenbach G. m. b. H.		desgl.
Forschungsheim für Wärmeschutz E. V.	München	Wärmeflußmesser
Hartmann & Braun A.-G.	Frankfurt/M.	Maschinenh.- u. Kesselh.-Fernanzeiger
H. Maihak A.-G.	Hamburg	Zählwerke
Metrum-Apparatebau A.-G.		Zugmesser, Flüssigkeitsmanometer
Mix & Genest		Signal- und Kommandogeber
Neufeld & Kuhnke	Kiel	Fernzeiger
Schäffer & Budenberg	Magdeburg	Manometer
Carl Schenck	Darmstadt	Kohlenstaub-Wiegevorrichtung
Siemens & Halske A.-G.		Dampf- und Wassermesser, Rauchgasprüfer

Vollständige Schaltanlagen mit elektrischen Antrieben, Fernsteuerungen und Kabeln

Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7


The Ohio State University
3 2435 05470502 5

THE OHIO STATE UNIVERSITY BOOK DEPOSITORY
D AISLE SECT SHLF SIDE POS ITEM C
8 04 13 27 8 04 012 4